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

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

Auteur secondaire : Peligot, Eugène-Melchior (1811-1890), Girard, Aimé (1830-1898)
Titre du volume : 1895. 94e année. 4e série, tome 10

Adresse : Paris : Société d'encouragement pour le développement de l'industrie nationale, 1895
Collation : 1 vol. (1432 p.) : ill., 6 pl. ; 26 cm
Cote : BSPI 94
Sujet(s) : Progrès scientifique et technique ; Innovations -- France -- 19e siècle

URL permanente : http://cnum.cnam.fr/redir?BSPI.94

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

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

PDF créé le 15/12/2015

S. E. I. N.
Bibliothèque

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

POUR

L'INDUSTRIE NATIONALE

B521-94

PUBLIÉ

SOUS LA DIRECTION DES SECRÉTAIRES DE LA SOCIÉTÉ

MM. ED. COLLIGNON & AIMÉ GIRARD

QUATRIÈME SÉRIE. — TOME X. — 1895

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

1895

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

SECRÉTARIAT DE LA SOCIÉTÉ

Communications, dépôts, renseignements, abonnements au *Bulletin*
tous les jours, de 1 à 4 heures.

RÉDACTION DU BULLETIN

Renseignements tous les jours, de 2 à 5 heures.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

94e ANNÉE. Quatrième Série, Tome X. JANVIER 1895

BULLETIN

DE

LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

CONSEIL D'ADMINISTRATION

LISTE DES MEMBRES TITULAIRES, DES MEMBRES HONORAIRES ET DES MEMBRES CORRESPONDANTS ARRÊTÉE DANS LA SÉANCE DES ÉLECTIONS DU 28 DÉCEMBRE 1894 POUR L'ANNÉE 1895

BUREAU.

Année de l'entrée au Conseil.

Président.

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

Vice-présidents.

1883. — CARNOT (Adolphe) (O. ✲), inspecteur général des mines, inspecteur de l'École supérieure des mines, 60, boulevard Saint-Michel.
1885. — APPERT (Léon) (O. ✲), ingénieur manufacturier, 50, rue de Londres.
1883. — LAUSSEDAT (C. ✲), colonel du génie, membre de l'Institut, directeur du Conservatoire des arts et métiers, 292, rue Saint-Martin.
1887. — CHEYSSON (O. ✲), inspecteur général des ponts et chaussées, 115, boulevard Saint-Germain.

Secrétaires.

1876. — COLLIGNON (Ed.) (O. ✲), inspecteur général des ponts et chaussées, rue des Saints-Pères, 28.
1876. — AIMÉ-GIRARD (O. ✲), membre de l'Institut, professeur au Conservatoire des arts et métiers, boulevard Henri IV, 44.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Année de l'entrée au Conseil.

Trésorier.

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

Censeurs.

1864. — LEGRAND (Al.), vice-secrétaire de la Société des amis des sciences, rue Bel-Respiro, 11.

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

Commission des fonds.

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

1864. — LEGRAND (Al.), vice-secrétaire de la Société des amis des sciences, rue Bel-Respiro, 11.

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

1876. — BISCHOFFSHEIM (R.) (✻), membre de l'Institut, rue Taitbout, 3.

1887. — PEREIRE (Henry), ingénieur des arts et manufactures, boulevard de Courcelles, 33.

1888. — FOURET, examinateur d'admission à l'École polytechnique, rue Washington, 16.

1891. — D'EICHTHAL (Eug.), administrateur de la Compagnie des chemins de fer du Midi, boulevard Malesherbes, 144.

1892. — HEURTEAU (O. ✻), ingénieur en chef des mines, directeur de la Compagnie du chemin de fer d'Orléans, rue de Clichy, 17.

1892. — BILLOTTE (✻), secrétaire général de la Banque de France, rue de la Vrillière, 1.

1893. — DAUBRÉE (Lucien) (O. ✻), directeur général des forêts, avenue Duquesne, 26.

Comité des arts mécaniques.

1869. — HATON DE LA GOUPILLIÈRE (C. ✻), membre de l'Institut, directeur de l'École supérieure des mines, boulevard Saint-Michel, 60, *Président.*

1876. — PIERRE (A.-C.-P.) (C. ✻), colonel d'artillerie en retraite, rue de Varenne, 14.

1876. — COLLIGNON (Ed.) (O. ✻), inspecteur général des ponts et chaussées, rue des Saints-Pères, 28.

1877. — BOUTILLIER (✻), inspecteur général des ponts et chaussées, professeur à l'École des ponts et chaussées et à l'École centrale des arts et manufactures, rue de Madrid, 24.

1878. — DE COMBEROUSSE (O. ✻), ingénieur, professeur au Conservatoire des arts et métiers et à l'École centrale des arts et manufactures, rue Saint-Lazare, 94.

1881. — SIMON (Ed.), ingénieur, boulevard du Montparnasse, 89.

1884. — BRÜLL (✻), ingénieur, ancien élève de l'École polytechnique, boulevard Malesherbes, 117.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Année de l'entrée au Conseil.

1885. — TRESCA (Alfred) (✲), professeur à l'École centrale des arts et manufactures et à l'Institut national agronomique, rue Turbigo, 57.
1886. — HIRSCH (✲), ingénieur en chef des ponts et chaussées, professeur au Conservatoire des arts et métiers, rue Castiglione, 1.
1890. — BIENAYMÉ (C. ✲), inspecteur général du Génie maritime, rue de Rennes, 74.
1891. — IMBS (✲), professeur au Conservatoire des arts et métiers, rue Greuze, 20.
1891. — SAUVAGE, ingénieur des mines, professeur à l'École des mines, rue Chaptal, 4.
1893. — FLAMANT (O. ✲), inspecteur général des ponts et chaussées, avenue de Villiers, 76.
1894. — LINDER, inspecteur général des mines, 38, rue du Luxembourg.
1894. — RAFFARD (Nicolas-Jules), ingénieur civil, 5, avenue d'Orléans.

Comité des arts chimiques.

1872. — TROOST (O. ✲), membre de l'Institut, professeur à la Faculté des sciences, rue Bonaparte, 84, *Président*.
1862. — DE LUYNES (Victor) (O. ✲), professeur au Conservatoire des arts et métiers, rue de Bagneux, 16.
1876. — SCHUTZENBERGER (P.) (O. ✲), professeur au Collège de France, membre de l'Académie de médecine, rue Séguier, 18.
1876. — AIMÉ-GIRARD (O. ✲), membre de l'Institut, professeur au Conservatoire des arts et métiers, boulevard Henri IV, 44.
1877. — BÉRARD (E.-P.) (✲), 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 des Écoles, 38.
1883. — CARNOT (Adolphe) (O. ✲), inspecteur général des mines, inspecteur de l'École supérieure des mines, boulevard Saint-Michel, 60.
1884. — CAILLETET (O. ✲), membre de l'Institut, boulevard Saint-Michel, 75.
1885. — LE CHATELIER (Henri) (✲), ingénieur en chef des mines, professeur à l'École supérieure des mines, rue Notre-Dame-des-Champs, 73.
1885. — BIVER (Hector) (✲), administrateur de la Compagnie de Saint-Gobain, rue Meissonier, 8.
1885. — POIRRIER (✲), sénateur, ancien président de la Chambre de commerce de Paris, rue Lafayette, 105.
1887. — VÉE (Amédée) (✲), ancien président du syndicat des produits chimiques, rue Vieille-du-Temple, 24.
1889. — VIEILLE (O. ✲), ingénieur des poudres et salpêtres, quai Bourbon, 19.
1890. — JORDAN (S.) (O. ✲), ingénieur civil, professeur à l'École centrale des arts et manufactures, rue Viète, 5.

Droits réservés 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 Montparnasse, 120.
1866. — BOUILHET (Henri) (O. ✲), ingénieur-manufacturier, rue de Bondy, 56.
1876. — ROUSSELLE (H.) (O. ✲), inspecteur général des ponts et chaussées en retraite, rue Saint-Guillaume, 21.
1876. — FERNET (E.) (O. ✲), inspecteur général de l'Instruction publique, rue de Médicis, 9.
1883. — BARDY (✲), directeur du laboratoire central des contributions indirectes, rue du Général-Foy, 26.
1883. — MASCART (C. ✲), membre de l'Institut, professeur au Collège de France, directeur du Bureau central météorologique, rue de l'Université, 176.
1883. — LAUSSEDAT (C. ✲), colonel du génie, membre de l'Institut, directeur du Conservatoire des arts et métiers, rue Saint-Martin, 292.
1885. — PRUNIER (L.), professeur à l'École supérieure de pharmacie, membre de l'Académie de médecine, boulevard de Port-Royal, 119.
1886. — BECQUEREL (Henri) (✲), membre de l'Institut, boulevard Saint-Germain, 21.
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, boulevard Voltaire, 137.
1893. — FONTAINE (O. ✲), ingénieur civil, rue Saint-Georges, 52.
1893. — VIOLLE (O. ✲), professeur au Conservatoire des arts et métiers, 89, boulevard Saint-Michel.

Comité d'agriculture.

1864. — CHATIN (O. ✲), membre de l'Institut, rue de Rennes, 149, *Président*.
1866. — TISSERAND (Eug.) (G. O. ✲), conseiller d'État, directeur au ministère de l'Agriculture, rue du Cirque, 17.
1866. — HEUZÉ (Gustave) (O. ✲), inspecteur général honoraire de l'agriculture, rue Berthier, 27, à Versailles.
1876. — PASTEUR (L.) (G. C. ✲), membre de l'Institut, rue Dutot, 25.
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, avenue du Trocadéro, 19.
1881. — LAVALARD (Ed.) (O. ✲), membre du Conseil supérieur de l'agriculture, maître de conférences à l'Institut national agronomique, rue Gounod, 8.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Année de l'entrée au Conseil.

1882. — MUNTZ (Achille) (O. ✲), professeur à l'Institut national agronomique, rue de Condé, 14.
1882. — PRILLIEUX (E.) (O. ✲), inspecteur général de l'enseignement agricole, professeur à l'Institut national agronomique, rue Cambacérès, 14.
1884. — MURET (✲), membre de la Société nationale d'agriculture de France, place du Théâtre-Français, 1.
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. — DEMONTZEY (O. ✲), inspecteur général des eaux et forêts, à Aix-en-Provence.
1889. — KRANTZ (O. ✲), député, boulevard Saint-Germain, 226.
1893. — CORNU (Maxime) (✲), professeur de culture au Muséum d'histoire naturelle, rue Cuvier, 27.

Comité des constructions et des beaux-arts.

1879. — ROSSIGNEUX (Ch.) (✲), architecte, quai d'Anjou, 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, sous-directeur des travaux de Paris, 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. — ARMAND-DUMARESQ (O. ✲), artiste peintre, rue d'Offemont, 3.
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.
1887. — PLON (E.) (O. ✲), imprimeur-éditeur, rue Garancière, 8 et 10.
1892. — FROMENT-MEURICE (✲), fabricant d'orfèvrerie, rue Saint-Honoré, 372.
1892. — PECTOR (Sosthène), 9, rue Lincoln.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Comité du commerce.

Année de l'entrée au Conseil.

1856. — Block (Maurice) (✲), membre de l'Institut, rue de l'Assomption, 63, à Auteuil, *Président*.
1858. — Rondot (Natalis) (C. ✲), ancien délégué de la Chambre de commerce de Lyon, 20, rue Saint-Joseph, à Lyon.
1864. — Lavollée (Ch.) (✲), ancien préfet, rue de Passy, 78.
1866. — Say (Léon), député, membre de l'Institut, rue Fresnel, 21.
1869. — Christofle (Paul) (O. ✲), manufacturier, rue de Bondy, 56.
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.
1873. — Magnier (E.) (✲), négociant, rue de l'Arcade, 16.
1887. — Cheysson (O. ✲), inspecteur général des ponts et chaussées, boulevard Saint-Germain, 115.
1890. — Gibon (✲), ancien directeur des usines de Commentry, rue de Grenelle, 42.
1892. — Grüner (E.), ingénieur civil des mines, secrétaire du comité central des houillères de France, rue Férou, 6.

Commission du Bulletin.

Collignon et Aimé-Girard, secrétaires; Daubrée, Henry Pereire, Haton de la Goupillière, Imbs, Berard, L. Chatelier, Sebert, Bardy, Ronna, Prillieux, Appert, Plon, Block, Lavollée.

MEMBRES HONORAIRES.

Comité des Arts économiques.

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

MEMBRES CORRESPONDANTS

Comité des arts mécaniques.

Correspondants français.

Buffaud, mécanicien-constructeur, chemin de Baraban, 27, à Lyon.
Petit (Émile), ingénieur civil, au château de Suduirant (Gironde).
Bietrix, directeur de l'usine de la Chaléassière, à Saint-Étienne (Loire).
Buxtorf, mécanicien à Troyes (Aube).
Cadiat, directeur des établissements de constructions mécaniques Mouraille et C^ie^, à Toulon (Var).
Witz, docteur ès sciences, ingénieur des arts et manufactures, à Lille, rue d'Antin, 29.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Correspondants étrangers.

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

Comité des arts chimiques.

Correspondants français.

GUIMET fils, manufacturier, à Lyon.
PECHINEY, directeur de la Société des produits chimiques d'Alais.
MANHÈS, directeur de la Société métallurgique du cuivre, à Lyon.
KESSLER, fabricant de produits chimiques, à Clermont-Ferrand.
DARBLAY, manufacturier, à Essonnes (Seine-et-Oise).
SCHNEIDER, manufacturier, au Creuzot.
BOIRE (Émile), administrateur des sucreries de Bourdon (Puy-de-Dôme).
GILLET (François), teinturier à Lyon.
PETITPONT (Gustave), manufacturier, à Choisy-le-Roi.
BRUSTLEIN, directeur des usines Jacob Holtzer et C^ie^, à Unieux (Loire).

Correspondants étrangers.

ABEL (Frédéric-Auguste), président de la commission gouvernementale des explosifs à Londres.
DIDIERJEAN (le comte), directeur général de la Compagnie des cristalleries de Saint-Louis.
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.

Comité des arts économiques.

Correspondants français.

BERJOT, pharmacien-chimiste, à Caen (Calvados).
LOREAU, manufacturier, à Briare.
CHARDONNET (comte de), ancien élève de l'École polytechnique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Correspondants étrangers.

COLE (Henry), directeur du Kensington-Museum, Thurloe square (S. W.), à Londres.
HELMHOLTZ, professeur de physique à l'Université de Berlin.
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 (États-Unis).
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), 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 général de l'enseignement agricole.
COCHARD, président de la Société d'agriculture de Montmédy.
MILLIAU (Ernest), chimiste, à Marseille.
BRIOT, inspecteur des forêts, à Chambéry (Savoie).

Correspondants étrangers.

JUHLIN-DANNFELT, Great Winchester Street, 127 (E. G.), à Londres.
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.
MARCANO, professeur d'économie rurale à l'Université de Caracas (Venezuela).

Comité du commerce.

Correspondants français.

BERGASSE, négociant, à Marseille.
FABRE (Cyprien), président de la Chambre de commerce, à Marseille.
SÉVÈNE, président de la Chambre de commerce de Lyon.
WALBAUM, président de la Chambre de commerce de Reims.
SEYDOUX, manufacturier au Cateau (Nord).
PERMEZEL, membre de la Chambre de commerce de Lyon.
BESSONNEAU, manufacturier, consul de Belgique, à Angers.
AYNARD, député, président de la Chambre de commerce de Lyon.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Correspondants étrangers.

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

Comité des constructions et des beaux-arts.

Correspondants français.

PARIS, manufacturier, au Bourget (Seine-et-Oise).
PEPRATZ (Eugène), ancien banquier, à Perpignan.

Correspondants étrangers.

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

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

RAPPORT *fait par* M. ÉDOUARD SIMON, *au nom du Comité des Arts mécaniques, sur une* BALANCE-TRIEUSE AUTOMATIQUE SERVANT A PESER LES FLOTTES DE SOIE A TOURS COMPTÉS, OU TOUTES AUTRES MATIÈRES TEXTILES, BREVETÉE S. G. D. G., *par* M. GOTTELMANN, *rue Franklin, 57, à Lyon.*

Messieurs,

« Il est rare et presque impossible que les soies présentent au titrage, dans « les différentes parties d'une même flotte ou écheveau, et à plus forte rai- « son dans les flottes différentes d'une même balle, une régularité complète.

« Ce fait tient à des causes diverses », — énumérées par l'auteur très compétent auquel nous empruntons ces lignes, M. *Jules Persoz*, directeur de la Condition des soies et des laines de Paris — « d'abord aux difficultés « réelles que présente l'opération de la filature, souvent aussi à l'inexpérience « ou à l'inattention des ouvrières. Tantôt, voulant compenser la diminution « de grosseur des brins durant le dévidage, elles ajoutent trop tôt un nou- « veau cocon et, en ce cas, produisent un fil plus fort qu'il ne faudrait; « tantôt elles tardent à ajouter ce cocon et le fil reste alors trop fin; ou « bien encore, elles négligent de surveiller la bassine, et de remplacer immé- « diatement par un autre le cocon qui a cessé de contribuer au filage » (1).

Ces irrégularités sont de nature à causer de nombreux mécomptes au tissage; aussi, divers appareils ont-ils été essayés pour trier les soies d'après leur titre. Lors de l'Exposition universelle de 1867, un constructeur suisse, M. Gaspard Honegger, avait présenté une machine fort ingénieuse établie dans ce but. Chaque point du fil était, pour ainsi dire, tâté par un doigté des plus impressionnables; dès qu'une différence de diamètre réagissait sur le trieur, le guide, avec lequel ce dernier était solidarisé, transportait le fil sur la bobine de titre correspondant à la section éprouvée (2).

Malgré l'ingéniosité de la construction, la machine Honegger ne s'est point propagée, sans doute en raison de son faible rendement, de la proportion assez importante de déchet occasionné par le redévidage des bobines triées, et du prix de revient d'appareils aussi délicats.

Pour atténuer les effets des irrégularités de la filature, la fabrique en est toujours réduite : 1° au dévidage à *tours comptés*, qui donne, pour chaque

(1) J. Persoz. *Essai sur le conditionnement, le titrage et le décreusage de la soie*, p. 274, Masson édit., Paris, 1878.

(2) Voir Rapp. du jury international, 1867, tome IX, p. 191; M. Alcan. *Etudes sur les arts textiles à l'Exposition universelle de* 1867, p. 147.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

écheveau, ou *flotte*, une longueur régulière ; 2° au pesage isolé des flottes, de manière à grouper celles-ci suivant des poids uniformes et moyens.

Le pesage se fait habituellement à la main. L'ouvrière, avec la balance à crochet en usage, ne peut guère peser plus de neuf flottes à la minute. Puis l'axe du crochet prend promptement de l'usure, et les indications de poids manquent d'exactitude. D'autre part, l'ouvrière, tenue d'aller vite, n'observe pas le temps nécessaire à l'arrêt du crochet oscillant ; elle arrête elle-même l'aiguille, au risque de fausser le poids ; enfin, toujours pour la même cause, ou faute d'attention, elle se trompe parfois en accrochant les flottes pesées aux diverses chevilles étiquetées par numéros.

Frappé de ces inconvénients, M. Gottelmann a substitué au travail manuel une balance trieuse automatique. L'appareil, construit avec beaucoup de soin par MM. Wegmann et Cie, de Baden (Suisse), figurait, cette année, à l'Exposition universelle de Lyon, et a été jugé digne de la médaille d'argent.

Le bâti de la machine Gottelmann porte, sur une même rangée horizontale, 25 balances parallèles, régulièrement espacées, Chacune de ces balances est munie (fig. 1 et 2) d'un poids B, qui peut être fixé en des points variables du fléau A, suivant le titre des flottes à essayer. Les poids des balances consécutives croissent de 2 en 2 deniers (1), de la première à la dernière. A l'extrémité opposée de chaque fléau A, se trouve une sellette articulée K, destinée à recevoir l'écheveau, et qui, lorsque la balance s'infléchit de ce côté, bascule, par la poussée d'une règle évidée D sur le battant C, autour de son axe, de manière à laisser glisser et tomber ledit écheveau sur une lame F située en dessous ; cette lame, à son tour, recule et transporte l'écheveau sur la cheville correspondante O, fixée à la partie inférieure du bâti et un peu en arrière.

En regard des 25 balances, se trouvent autant de fourchettes porte-flottes N (fig. 3 à 5), animées : 1° d'un double mouvement de va-et-vient horizontal, d'amplitude égale à la distance de deux balances voisines ; 2° d'un mouvement oscillant de bas en haut et de haut en bas. Ces déplacements sont imprimés aux vingt-cinq fourchettes par un même arbre longitudinal M glissant horizontalement dans ses supports L de gauche à droite, et inversement, puis évoluant d'une fraction de tour en avant et en arrière, dans l'intervalle des translations latérales.

(1) On sait que la filature de la soie a conservé l'usage du denier, ou grain, pour évaluer le poids d'une longueur fixe, soit de 476 mètres, soit de 500 mètres, suivant que l'on prend pour base l'ancienne aune ou le demi-kilomètre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ajoutons que, au cours de l'oscillation verticale, les fourchettes, articulées sur leurs supports, glissent entre des guides O, resserrés à la partie inférieure, élargis, au contraire, vers le haut. Il en résulte que chaque fourchette ouvre l'écheveau en le soulevant, et l'attire ainsi plus aisément, avant de le transporter en regard de la balance voisine. Dès que cette translation est achevée, la fourchette redescend, toujours ouverte, pour déposer le même écheveau sur la sellette située vis-à-vis, puis rencontre la partie ré-

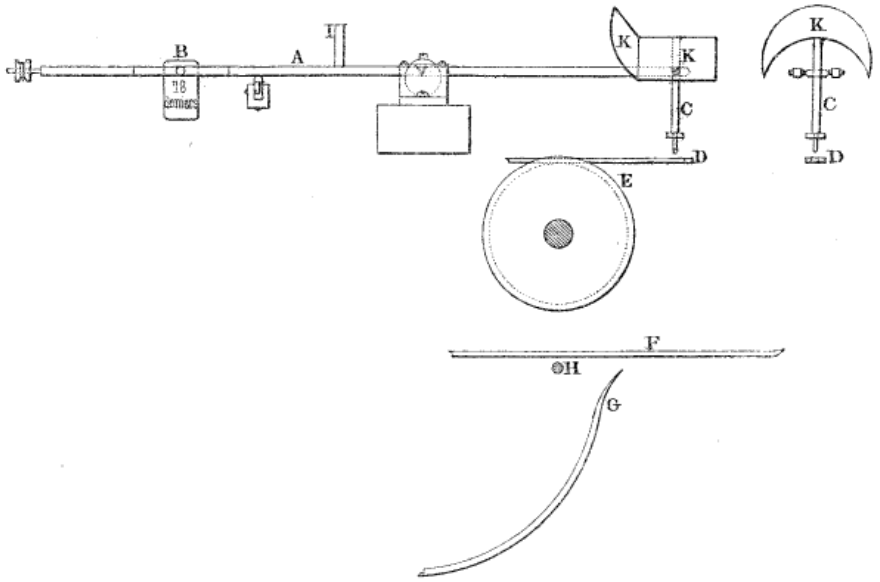


Fig. 1 à 2. — Éléments d'une balance trieuse Gottelmann. Élévation et vue par bout.

A, Balance. — B, Poids mobile fixé à l'aide d'une vis. — C, Battant servant à faire basculer la sellette K. — D, Règle évidée, à travers laquelle s'engage le battant C lorsque la balance s'abaisse sous le poids de la flotte, et qui, en reculant, entraîne C pour faire basculer K. — E, Poulie d'entraînement de la règle D. — F, Lame également animée d'un mouvement de va-et-vient, recevant la flotte lorsque la sellette K bascule. — H, Fil de fer formant arrêt pour faire tomber la flotte sur le crochet G, pendant le recul de la lame F. — I, Règle qui, la flotte une fois déposée sur le fléau A, se soulève pour permettre la pesée. — J, Règle-support du fléau de la balance. — K, Sellette sur laquelle se dépose la flotte.

trécie du guide, qui la referme, et lui permet ainsi de se dégager avant de revenir au point de départ.

Le rôle de l'ouvrière se borne à déposer les flottes une à une à l'entrée de la machine. Les flottes sont ensuite transportées de proche en proche sur les balances successives, jusqu'à ce qu'elles aient rencontré celle dont le poids correspond à leur propre titre.

La trieuse Gottelmann peut peser 18 flottes à la minute, c'est-à-dire effectuer le double du travail à la main, avec une exactitude, une précision, dont l'ouvrière la plus attentive est forcément incapable.

Cette *balance automatique* fonctionne pratiquement chez MM. Wegmann

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et Cie, qui ne sont pas seulement constructeurs-mécaniciens, mais aussi mouliniers.

En changeant la balance de forme, l'appareil serait encore susceptible d'autres applications telles que le pesage des bobines, des cordonnets, etc.

La solution imaginée par M. Gottelmann est des plus élégantes, le Comité des Arts mécaniques vous propose, Messieurs, de remercier cet inventeur de

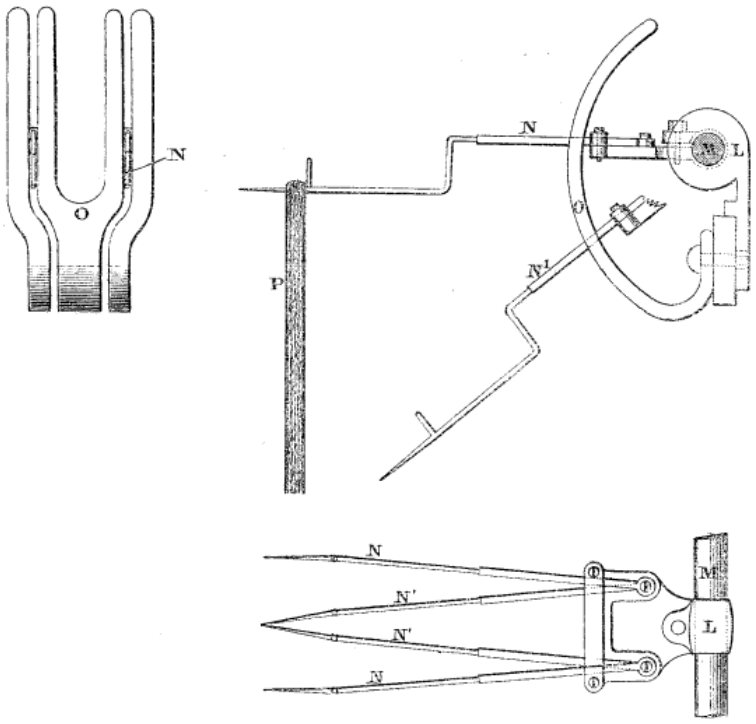


Fig. 3 à 5. — Balance trieuse Gottelmann. Détail d'une fourchette porte-flottes.

L, Support de la tringle M, de la fourchette N et du guide O. — M, Arbre longitudinal animé : 1° d'un déplacement horizontal alternatif; 2° d'un déplacement angulaire, également alternatif. — N, Fourchette dans son guide, prête à déposer une flotte sur la balance. — N', Fourchette fermée, après dépôt de la flotte sur la balance. — O, Guide servant à faire ouvrir et fermer la fourchette. — P, Flotte de soie.

sa très intéressante communication et de voter l'insertion, au *Bulletin*, du présent rapport avec les dessins représentant les principaux organes de la balance automatique.

Signé : Édouard Simon, *rapporteur.*

(*Approuvé en séance le* 14 *décembre* 1894.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS MÉCANIQUES

RAPPORT *de* M. LE COLONEL PIERRE, *au nom du Comité des Arts mécaniques, sur le système de tendeur de* M. ROULLOT.

M. Roullot, ouvrier mécanicien, demeurant avenue Thiers, n° 2, au Raincy, a pris, le 27 septembre 1894, un brevet d'invention pour un nouveau système de tension applicable aux rais de roues de bicyclettes et aux cordes de pianos; cet inventeur demande à la Société d'Encouragement pour l'industrie

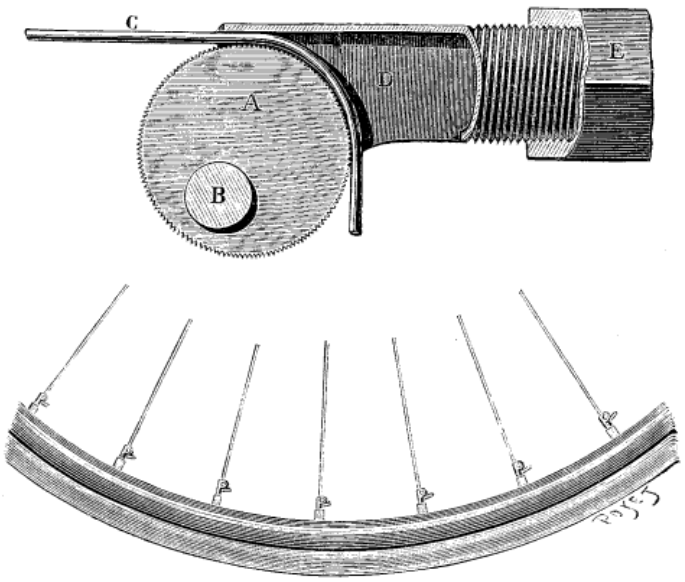


Fig. 1 et 2. — Application du tendeur *Roullot* à une roue de vélocipède. — Fragment de jante et détail du serrage.

D, Chape filetée, engagée dans la jante, avec excentrique strié. — A, Galet pivoté sur l'axe B, et écrou de serrage E appuyant sur la jante C, fil serré entre l'excentrique et la chape.

nationale de vouloir bien donner son avis sur cette invention, dont l'examen a été envoyé au Comité des Arts mécaniques.

Ce système se compose d'une chape en métal dans laquelle est renfermé un galet dont l'axe est excentré par rapport à la circonférence. Le pourtour de ce galet est rayé de stries. La tige de la chape est filetée, et s'engage dans un écrou maintenu dans un obstacle fixe. Si l'on introduit un fil métallique de grosseur convenable entre le fond de la chape et le galet, et que l'on imprime à celui-ci un mouvement de rotation convenable, le fil sera serré dans cette position, et ne pourra ni s'échapper ni glisser. Si, alors, on agit

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

avec une clef sur le carré de l'écrou, on rapprochera ou on éloignera la chape de l'obstacle fixe, et, par conséquent, l'on augmentera ou l'on diminuera la tension du fil métallique.

Pour appliquer ce petit appareil aux rais d'une roue de bicyclette, l'écrou, muni d'une tête, est engagé dans un trou percé dans la jante, où il tourne librement. Au-dessous de la jante, il est de forme carrée, de manière à pouvoir être actionné au moyen d'une clef faite d'un simple morceau de tôle convenablement entaillé. L'autre bout des rais est assemblé sur le moyeu par un des moyens actuellement en usage. Le remplacement d'un rais défectueux se fait avec une grande facilité.

S'il s'agit d'une corde de piano, on remplace sa clef par le système qui vient d'être décrit, et dont la manœuvre dans un sens ou dans l'autre se fait avec une égale facilité. Des essais qui paraissent concluants ont été faits sur des roues de bicyclettes pendant plusieurs mois ; quant à l'application aux cordes des pianos, M. Roullot n'a encore recueilli aucun résultat précis.

Quoi qu'il en soit, le Comité des Arts mécaniques pense qu'il peut être utile de faire connaître au public l'invention de M. Roullot. Et, à cet effet, il propose l'approbation, par le Conseil, du présent rapport, et son insertion dans le *Bulletin* de la Société, avec un dessin représentant à une échelle agrandie la chape, le galet, et l'écrou.

Signé : Colonel Pierre, *rapporteur.*

(*Approuvé en séance le* 14 *décembre.*)

ARTS MÉCANIQUES

CHAUFFAGE DES TRAINS DE CHEMINS DE FER

CHAUFFAGE A LA VAPEUR ET A L'AIR COMPRIMÉ COMBINÉS, EMPLOYÉ SUR LA COMPAGNIE DE L'EST, PAR M. Lancrenon, *ingénieur en chef adjoint du matériel et de la traction aux chemins de fer de l'Est.*

I. — Exposé préliminaire.

Les chemins de fer, comme toutes les autres industries, doivent suivre la loi du progrès et se transformer continuellement pour répondre aux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

besoins nouveaux des sociétés humaines. Il serait déjà bien long d'énumérer toutes les améliorations qui ont été successivement apportées au matériel et aux procédés d'exploitation.

Parmi toutes ces améliorations, une de celles qui intéressent le plus le bien-être des voyageurs est le chauffage des trains. La compagnie de l'Est, dont le réseau s'étend sur une des régions les plus froides de la France, et qui est en relations avec un grand nombre d'administrations étrangères desservant des contrées où le froid est plus rigoureux encore, a été amenée à étudier plus spécialement cette question. Elle a multiplié depuis longtemps les recherches, les enquêtes, les expériences et les essais. Appelé à reprendre la suite de ces études, j'ai dû faire de nouvelles recherches à l'étranger, diriger de nouveaux essais sur notre réseau. Les résultats des unes et des autres sont, je crois, de nature à jeter un nouveau jour sur la question, et il m'a semblé qu'il ne serait pas sans intérêt de les exposer ici.

La question du chauffage des trains n'a pris en France une certaine importance que depuis une vingtaine d'années environ.

Les voitures publiques n'étaient pas chauffées autrefois. On voyageait peu alors, surtout en hiver. Si on était obligé de voyager, on s'enveloppait de couvertures ou de fourrures ; à défaut, on supportait stoïquement le froid.

Quand les chemins de fer ont remplacé les voitures, il a semblé tout naturel de n'en pas faire plus, et cette manière de voir a subsisté longtemps, puisque les cahiers des charges de 1859 n'imposent aux compagnies aucune obligation à cet égard. Elles ont néanmoins commencé à chauffer les compartiments de 1re classe au moyen de bouillottes mobiles, ce qui était alors considéré comme un véritable luxe. Plus tard, elles ont étendu cette amélioration aux compartiments réservés aux dames seules en 2e et en 3e classe. Réduit à ces proportions, le chauffage ne présentait guère de difficultés et, par suite, d'intérêt ; mais il devint bientôt évident qu'il fallait faire davantage. Le conseil d'administration de la compagnie de l'Est s'était préoccupé de la question et, dès le commencement de 1873, il avait décidé qu'il serait procédé à une enquête complète sur les systèmes de chauffage usités tant en France qu'à l'étranger, ainsi qu'à des expériences suffisantes pour arriver à des conclusions pratiques sur les dispositions à adopter dans le but de satisfaire les besoins et les désirs du public français.

Cette longue et minutieuse étude a été poursuivie en 1873, 1874 et 1875 par *M. Regray,* alors ingénieur en chef du matériel et de la traction, et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Salomon, ingénieur du matériel roulant. Les résultats obtenus ont été publiés en 1876 avec les conclusions auxquelles ils ont donné lieu. Ces conclusions peuvent se résumer comme il suit :

1° On doit repousser absolument tout système de chauffage par poêles ou calorifères à air chaud, à raison des risques d'incendie et du chauffage irrégulier ainsi obtenu ;

2° On doit également repousser tout système qui ne réaliserait pas l'indépendance complète des véhicules les uns par rapport aux autres ;

3° Il convient d'avoir recours, pour le chauffage des voitures, aux appareils basés sur l'emploi de l'eau chaude, c'est-à-dire aux bouillottes fixes ou mobiles.

C'est sur ces bases qu'a été organisé le chauffage des trains sur le réseau de l'Est en 1876. On a monté sur un certain nombre de voitures (75 environ) les appareils à bouillottes fixes à circulation d'eau chaude et à foyer extérieur, dits thermo-siphons, que la compagnie a étudiés et mis la première en service. Toutes les autres voitures ont été chauffées au moyen de bouillottes mobiles. Le chauffage a été étendu à tous les compartiments des trains ayant un trajet de durée supérieure à deux heures, aux compartiments de 1re classe et aux compartiments de 2e et 3e classe réservés aux dames seules dans les autres trains.

Cette organisation a duré quinze ans : de 1876 à 1891. Considérée à l'origine comme réalisant un progrès énorme, elle a paru pendant une dizaine d'années répondre aux besoins des voyageurs. Mais ces besoins croissaient toujours, pendant qu'elle restait stationnaire. Ce qui était suffisant en 1876 paraissait inadmissible dès 1886, et l'on s'étonnait de voir des compartiments non chauffés dans des trains de parcours quelconque. Nous avons vu depuis exiger le chauffage des tramways et des omnibus. Il fallait donc prévoir dès cette époque le chauffage de tous les trains, notamment des trains de banlieue dont le nombre croissait de plus en plus. Le problème, toutefois, était difficile à résoudre. *A priori*, il paraissait tout simple d'étendre le chauffage par bouillottes. En fait, il n'en était pas ainsi. Le réchauffage et la manipulation d'un nombre énorme de bouillottes présentaient de grosses difficultés, notamment à Paris et dans les nombreuses gares d'où partent les trains de banlieue. Il fallait bien reconnaître, d'ailleurs, que c'était là un système un peu barbare, souvent insuffisant, incommode pour les voyageurs, difficilement applicable dans les voitures à couloir, dont l'emploi devient de plus en plus fréquent, parfois même absolument inapplicable, comme dans les impériales des voitures à étage.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'expérience déjà longue que nous avions des thermo-siphons ne nous engageait guère d'ailleurs à en développer l'emploi dans une large mesure. Aucun des systèmes sérieusement expérimentés jusqu'à ce jour ne nous paraissait admissible. C'est dans ces conditions que j'ai été chargé de reprendre les études antérieures et amené à essayer un système entièrement nouveau, basé sur l'emploi de la vapeur et de l'air comprimé combinés.

Malheureusement le temps pressait. Les réclamations devenaient de plus en plus vives. En attendant mieux, la compagnie s'est résignée à employer les bouillottes partout où cela était matériellement possible, et à placer des poêles à combustion lente dans les impériales des voitures à étage. Mais, en même temps, elle poursuivait activement les essais de *chauffage à vapeur*. Ces essais ont réussi, et l'emploi de ce système va être largement développé. J'y reviendrai plus loin.

Les autres administrations françaises ont suivi une marche à peu près analogue. Toutes chauffent maintenant tous leurs trains. L'emploi de la bouillotte à eau simple est à peu près général. On trouve cependant, sur divers points, des bouillottes à acétate de soude, des thermo-siphons de différentes formes. Le Nord chauffe certains compartiments avec des briquettes de charbon de Paris. Le réseau de l'État et la compagnie d'Anzin ont fait des essais de chauffage à la vapeur. Aucun système ne s'est généralisé en dehors des bouillottes à eau.

A l'étranger, au contraire, la situation est toute différente. Nous ne retrouvons guère les bouillottes qu'en Angleterre, en Belgique et en Hollande, où la douceur relative du climat en permet encore l'emploi; même dans ces trois pays, on fait des essais de chauffage à la vapeur avec des dispositions diverses. En Suède, en Russie, en Autriche-Hongrie, en Suisse, en Allemagne, aux États-Unis, l'usage des poêles et des calorifères à air chaud était autrefois général, et on rencontre encore un assez grand nombre de ces appareils des systèmes les plus variés. Partout on tend à les remplacer par le chauffage à la vapeur seule, prise soit sur la machine, soit dans une chaudière spéciale. En Suisse, le chauffage à la vapeur a été rendu obligatoire par arrêté du Conseil fédéral. Aux États-Unis, un assez grand nombre d'États ont proscrit sur leur territoire les poêles ou calorifères à air chaud, à la suite des accidents nombreux auxquels ils ont donné lieu. Je laisse de côté, bien entendu, les pays méridionaux, tels que l'Italie ou l'Espagne, où le problème n'a été ni résolu ni même étudié.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

II. — Examen des divers systèmes de chauffage usités en Europe.

Après cet exposé rapide de l'état général de la question, il convient de revenir un peu plus en détail sur les différents systèmes de chauffage usités et de chercher à dégager leurs avantages et leurs inconvénients. Mais, auparavant, et pour nous guider dans la discussion, il est nécessaire de définir, au moins d'une manière sommaire, quelles sont les qualités principales que l'on doit rechercher dans un appareil de chauffage, quel qu'il soit.

QUALITÉS PRINCIPALES D'UN BON SYSTÈME DE CHAUFFAGE

La première de toutes est d'être suffisant, c'est-à-dire de dégager une quantité de chaleur suffisante pour maintenir une température convenable, quelles que soient les circonstances, dans le local à chauffer, cela même au début du chauffage, et sans qu'il soit nécessaire de prévoir une période de préparation trop longue. Il faut ensuite que cet appareil soit modérable dans de très larges limites, de manière à ne pas incommoder les voyageurs par les temps plus doux.

Avec nos habitudes françaises, il faut, de plus, que le chauffage des pieds soit assuré, et qu'il n'y ait pas de dégagement de mauvaises odeurs. On est peut-être moins difficile à l'étranger sur ce chapitre. En tous cas, il ne faut pas qu'il y ait dégagement de gaz délétères.

On doit chercher à éviter tout danger d'incendie, même en cas d'accident, déraillement ou collision.

Il faut que le service des appareils puisse se faire en gênant le moins possible les voyageurs d'une part, et, de l'autre, l'exploitation des chemins de fer.

Enfin, il faut réduire au minimum, d'abord le poids mort à traîner, soit dans la période de chauffage, soit pendant le reste de l'année, puis, naturellement, les dépenses de premier établissement, d'entretien et d'exploitation.

Il est bien évident qu'un appareil idéal pourrait seul répondre à tous ces desiderata. Nous en sommes encore bien loin en pratique. Je vais examiner dans quelles limites les divers systèmes en usage peuvent s'en rapprocher.

DIVISION DES DIVERS SYSTÈMES DE CHAUFFAGE EN TROIS GROUPES

Ces divers systèmes peuvent se diviser en trois groupes, suivant la nature de la source à laquelle la chaleur est empruntée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le premier comprend les *accumulateurs de chaleur*, chargés de calories en dehors des trains, puis placés dans les compartiments, où ils émettent les calories qu'ils ont reçues.

Le second comprend les appareils qui comportent *au moins un foyer isolé par voiture*.

Le troisième, enfin, comprend les *appareils de chauffage* dit *continu*, par analogie avec les freins continus (c'est ainsi du moins qu'on les a appelés au congrès de Saint-Pétersbourg), qui empruntent leur chaleur à une source unique dans un train, ordinairement la chaudière de la locomotive, parfois une chaudière spéciale placée dans un fourgon, et, par exception, à deux sources telles que celles qui viennent d'être indiquées.

1er groupe. — Chauffage par accumulateurs de chaleur.

Le chauffage par accumulateurs a de graves défauts : d'abord, l'absence à peu près complète de modérabilité, l'insuffisance par des temps un peu froids, les manipulations gênantes pour tout le monde. Par contre, il est simple, on peut l'employer, plus ou moins commodément, il est vrai, avec presque tous les véhicules, quels qu'ils soient. Il ne manque jamais si le service est bien organisé; il évite tout danger d'incendie; enfin, il réduit à peu près au minimum l'augmentation de poids mort et permet même de la supprimer complètement en dehors de la saison de chauffage. Il est ordinairement plus coûteux qu'on ne le pense.

Bouillottes mobiles à eau chaude. — Le type le plus courant des appareils de ce groupe est la bouillotte à eau chaude simple. Ces bouillottes, faites ordinairement en tôle étamée, pèsent 20 kilogrammes pleines, et contiennent 11 litres d'eau. On en met généralement deux par compartiment. Le réchauffage se fait de diverses manières, le plus souvent par injection de vapeur. Dans les grandes gares, les appareils d'injection sont fixes et la vapeur est empruntée à un générateur spécial. Dans les plus petites, le réchauffage se fait sur rampes mobiles, au moyen de la vapeur empruntée à une locomotive. Ailleurs, on les remplit simplement d'eau chaude prise dans une chaudière spéciale. Sur d'autres points enfin, le réchauffage se fait par immersion dans l'eau chaude. La température d'une bouillotte est en général de 90° à 95° au sortir des appareils de réchauffage, quand l'opération est bien faite. Elle tombe au moins à 70° au moment où elle est placée dans un compartiment, après un séjour forcé plus ou moins long sur les tricycles qui servent à les transporter. Son effet utile dure à peine deux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

heures. Il faut donc les renouveler au moins toutes les deux heures, au grand ennui des voyageurs, dans les trains de long parcours, et à grand renfort de bras. Nos trains de banlieue du dimanche comprennent de 80 à 90 compartiments. C'est donc 160 à 180 bouillottes, soit 3200 à 3600 kil., qu'il faut enlever, autant qu'il faut remettre ensuite en place. Lorsque les trains se succèdent un peu rapidement, on voit à quelles difficultés de manipulation on peut être conduit dans une gare comme celle de Paris, et plus encore dans les petites stations voisines, telles que Gagny, Lagny, Villiers-sur-Marne, où aboutissent et d'où partent des trains de banlieue, et qui sont fort mal disposées pour ces manipulations.

Le chauffage par bouillottes est par essence non modérable. A partir du jour où le service et les roulements sont organisés, il ne peut guère changer, quelle que soit la température extérieure. Dans ces conditions, il est insuffisant par les temps froids, souvent gênant par les temps doux. De plus, les bouillottes entravent la circulation dans les compartiments, et ce n'est pas un léger inconvénient dans les trains de banlieue.

Par contre, ce système a tous les avantages de simplicité, de sûreté, de sécurité, de légèreté, que nous avons énumérés plus haut. Dans bien des cas, c'est une précieuse ressource dont il serait difficile de se passer.

La dépense varie naturellement beaucoup suivant les cas. A Paris, le réchauffage et la double manipulation d'une bouillotte nous coûtent 0 fr. 043, tous frais compris.

Bouillottes à acétate de soude. — Aux bouillottes à eau simple, on a substitué, sur certains points, des bouillottes à acétate de soude. L'acétate de soude cristallisé a la propriété de se liquéfier sous l'action de la chaleur, vers 50° environ, en absorbant une quantité de chaleur considérable, qu'il restitue ensuite lentement en se solidifiant à nouveau. Les bouillottes à acétate, semblables aux bouillottes à eau, sont réchauffées par immersion dans l'eau ou la vapeur sous pression. Leur effet utile, sans être plus intense que celui des bouillottes à eau, se prolonge pendant cinq ou six heures par les temps froids, sept ou huit heures par les temps plus doux. Leur emploi permet donc de réduire notablement le nombre des renouvellements et des manipulations. Il ne s'est pourtant guère développé, et cela tient à divers motifs. Le premier, c'est que cet emploi n'est réellement avantageux que pour certains services bien déterminés, qui s'y prêtent par leur durée et par la répartition des points de remplacement possible. Il est bien certain, par exemple, que, dans des rames qui font de courts parcours séparés par des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

stationnements de plusieurs heures, cas qui se présente fréquemment sur un réseau à mailles serrées comme le nôtre, l'utilisation de ces bouillottes est très mauvaise.

L'acétate cristallisé conduit mal la chaleur, et il faut, même avec une source de production intense, un temps très long pour réchauffer les bouillottes : 35 minutes environ d'immersion dans la vapeur sous pression à $2^{kil},5$; une heure à une heure un quart dans l'eau bouillante. Il faut donc, pour le réchauffage, des installations considérables, qui peuvent devenir fort gênantes dans les grandes gares où ce service doit être forcément concentré. Le réchauffage entraîne des dilatations, suivies de contractions, qui fatiguent rapidement les tôles et leurs assemblages. Les fuites sont fréquentes, et le sel vient alors détériorer le plancher et les tapis. Il se produit ordinairement, vers le milieu du refroidissement, un état de surfusion qui arrête entièrement le dégagement de chaleur. Pour le rétablir, il faut ou secouer les bouillottes, ou laisser entrer de l'air par l'ouverture d'un petit robinet spécial, suivant le système Scholt employé sur les chemins hollandais. Il résulte de là des manipulations ou des manœuvres presque aussi gênantes que les manœuvres de remplacement des bouillottes à eau. Enfin, au bout d'un certain temps, le sel subit des transformations isomériques et perd à peu près ses propriétés. Il faut alors le remplacer. C'est une réfection complète de la bouillotte.

Bouillottes fixes à acétate de soude. — Les chemins hollandais ont essayé un autre système, que j'ai vu appliqué sur quelques voitures à la gare d'Amsterdam. Des chaufferettes fixes, contenant un poids considérable d'acétate de soude, sont noyées à demeure dans le plancher de la voiture. Elles renferment un serpentin dans lequel on peut faire circuler de la vapeur pour le réchauffage. La voiture est amenée près d'une prise de vapeur fixe pour effectuer cette opération, qui dure au moins deux heures. Elle reste ensuite chaude pendant toute une journée. Je n'ai pas besoin de démontrer que ces dispositions sont en somme peu pratiques, sauf dans des cas tout à fait spéciaux, et je ne crois pas que l'essai ait été développé.

Chaufferettes Radelet. — Je ne citerai que pour mémoire le système Radelet employé en Belgique. Les chaufferettes Radelet ont extérieurement la forme d'une bouillotte ordinaire. Elles sont formées de deux enveloppes concentriques en tôle, séparées par un matelas de laine de scories. On place au centre de l'enveloppe intérieure une barre de fer préalablement chauffée au rouge dans un four. La chaleur de cette barre se transmet lentement à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

travers le matelas à l'enveloppe extérieure, et celle-ci reste pendant un temps assez long à une température convenable pour qu'on puisse y appuyer les pieds. Ces chaufferettes ne sont pas désagréables pour les voyageurs, mais elles sont lourdes (25 à 30 kilogr. par chaufferette), d'une manipulation difficile et d'un emploi peu commode.

2e groupe. — Appareils de chauffage à foyers multiples.

J'arrive maintenant aux appareils du deuxième groupe, comportant *au moins un foyer isolé par voiture* à chauffer.

Ces appareils ont tous deux défauts, plus ou moins accentués suivant les cas.

Le premier est le *danger d'incendie*, parfois en route, toujours en cas d'accident. Ce danger résulte de la présence même d'un foyer dans la voiture. Il est moindre avec l'emploi de combustibles tels que le coke ou l'anthracite, qui tendent à s'éteindre au contact de l'air, en cas de rupture du foyer et de dispersion du combustible. Il est plus grand avec la tourbe comprimée ou le charbon de Paris, les briquettes Barkhausen, dont la combustion s'active au contact de l'air.

Le second est la difficulté d'obtenir avec ces appareils une modérabilité suffisante. Il est, en effet, difficile de réaliser, surtout sous un petit volume, un foyer qui dégage beaucoup de chaleur au moment de la mise en train par les temps froids, et dont la combustion puisse être, sans danger d'extinction, assez réduite pour ne fournir que le petit nombre de calories nécessaires à l'entretien du chauffage en temps doux.

Par contre, ces appareils ont le très grand avantage de maintenir l'indépendance des véhicules. De plus, et en général, le service peut se faire sans gêne pour les voyageurs et pour l'exploitation.

Ce groupe peut se subdiviser en deux catégories, suivant la manière dont la chaleur produite par la source est distribuée et transmise dans les diverses parties de la voiture : celle des *appareils à circulation d'air* et celle *des appareils à circulation d'eau chaude*.

Les premiers joignent aux inconvénients généraux indiqués plus haut celui de dégager de mauvaises odeurs, souvent des gaz délétères, et celui de ne donner qu'une médiocre répartition de la chaleur. Très usités autrefois, surtout à l'étranger, ils tendent, comme je l'ai dit plus haut, à disparaître à peu près partout.

Chauffage par briquettes. — Je citerai d'abord le chauffage par briquettes,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

système Barkhausen, usité encore en Allemagne et sur certains réseaux limitrophes (Hollande, Nord français).

Des briquettes plus ou moins analogues à notre charbon de Paris sont placées de l'extérieur et tout enflammées dans des gaines en tôle sous les compartiments. Ces gaines sont portées par places à une température élevée. Les poussières viennent s'y brûler, en dégageant des gaz qui vicient l'air. La moindre fuite dans les gaines donne lieu à des dégagements d'oxyde de carbone dans les compartiments. La chaleur obtenue est lourde et désagréable.

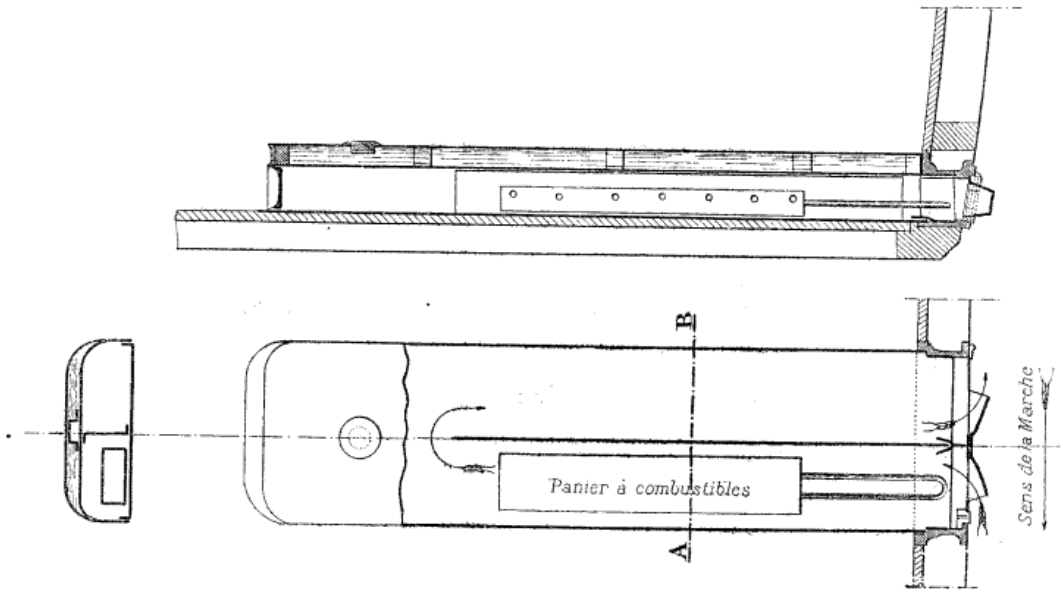


Fig. 1. — Chaufferette mixte à briquettes et à eau de la Compagnie du Nord.

Dans certaines voitures hollandaises, la gaine à briquettes est noyée dans le plancher, sous les pieds des voyageurs, mais il en résulte une construction difficile et défectueuse de la voiture, dont les brancards sont affaiblis par les trous nécessaires au passage des briquettes. En outre, le chargement des briquettes dans les stationnements gêne la montée et la descente des voyageurs. Enfin, les gaines sont portées par places à une température excessive, qui peut brûler les chaussures.

Chaufferettes mixtes à briquettes et à eau. — La compagnie du Nord a (fig. 1) essayé d'atténuer les inconvénients des briquettes en employant des chaufferettes en forme de demi-cylindre et à double enveloppe. La briquette, placée au centre, est entourée d'une lame d'eau contenue entre les deux enveloppes. L'emploi de ces chaufferettes est limité aux voitures sans portières,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

affectées au service des trains-tramways. Le chargement des briquettes enflammées se fait de l'extérieur à travers une ouverture percée dans la cloison. Ces chaufferettes sont enlevées pendant l'été. On peut leur reprocher d'encombrer beaucoup les compartiments.

Poêles. — Après les briquettes, nous trouvons les poêles de toute espèce, de toute nature, placés à même dans les espaces à chauffer. C'était autrefois un des systèmes les plus répandus ; la place précieuse qu'ils occupent, le chauffage très irrégulier qu'ils produisent, la difficulté de leur entretien quand ils ne sont pas soumis à la surveillance des agents, la malpropreté

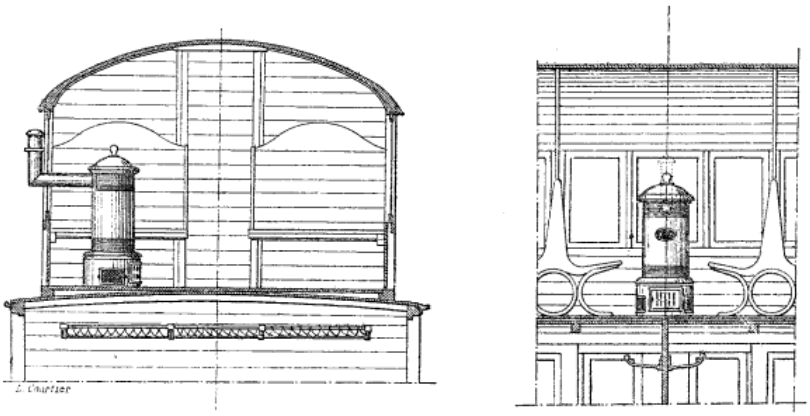
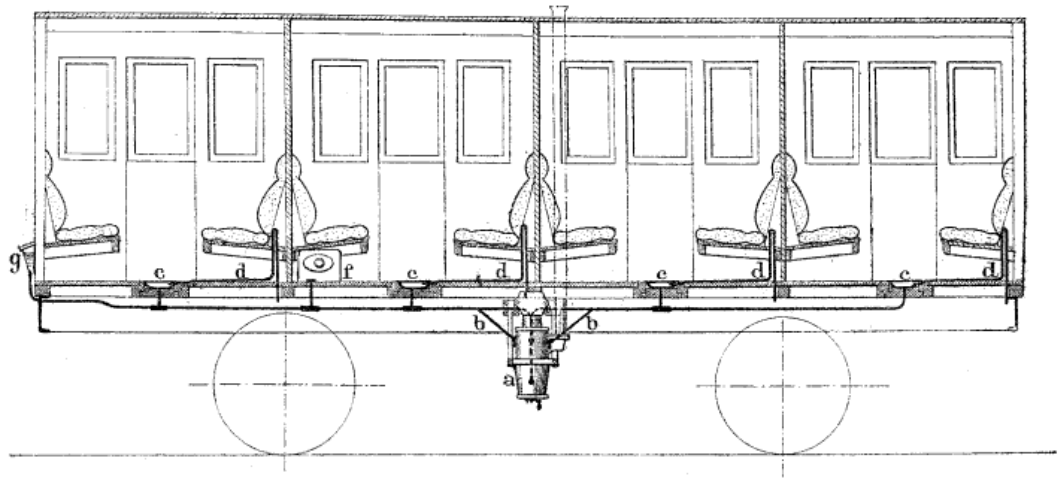


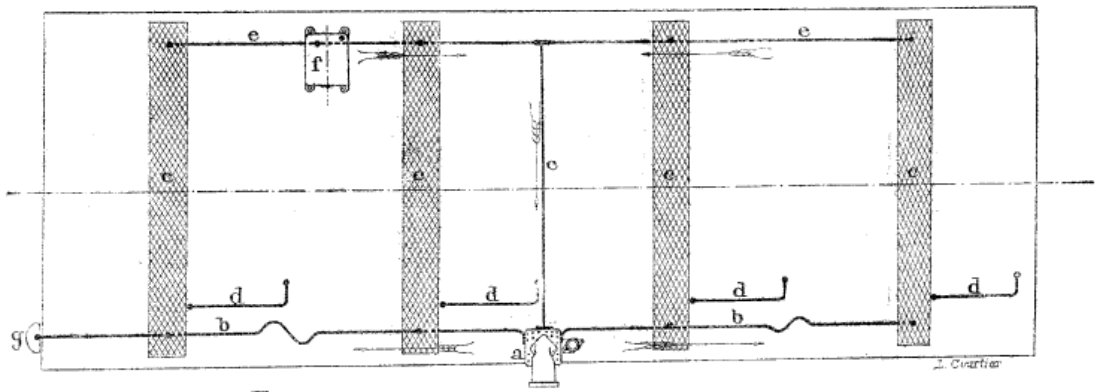
Fig. 2. — Chaufferette par poêle à combustion lente de la Compagnie de l'Est.

due à la manutention du charbon et des cendres les ont fait rejeter, proscrire même, à peu près partout.

Il y a cependant des cas où ils peuvent rendre de réels services. Je citerai comme exemple les poêles à anthracite et à combustion lente que nous avons montés (fig. 2) dans les impériales de la ligne de Vincennes. Ces impériales ne forment qu'un compartiment ; elles sont très aérées par les ouvertures vitrées, nombreuses, qui garnissent les parois, et par les portes placées aux deux extrémités. Les poêles sont complètement fermés, pour éviter que les voyageurs ne puissent toucher aux organes de réglage, et ne peuvent être ouverts que par les agents, au moyen de clefs. Ils restent toujours allumés, même en stationnement, sauf toutefois pour les voitures de réserve des dimanches, où ils ne restent en feu que du samedi au lundi. Le service est fait pendant certains stationnements par les agents du matériel. En cas de chaleur trop forte, il est facile d'y remédier par l'ouverture d'un ou de deux châssis. Ces poêles sont démontés en été. Dans ces conditions, nous avons pu

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires





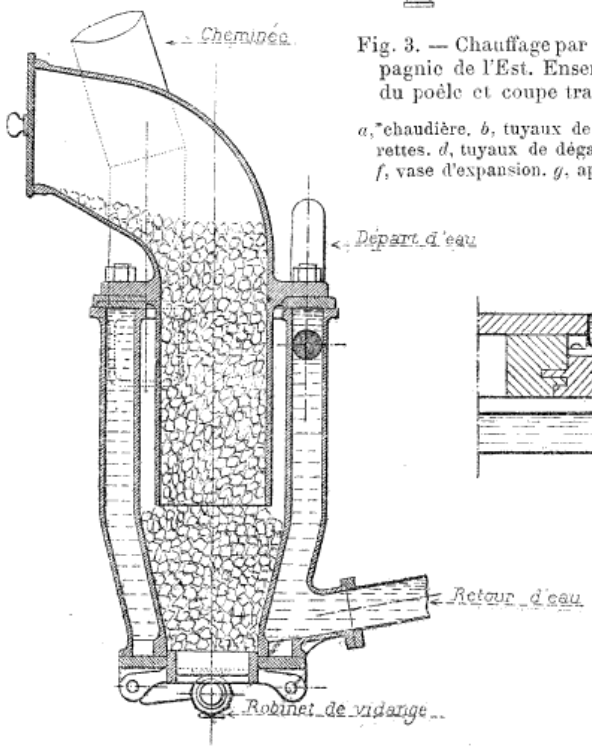
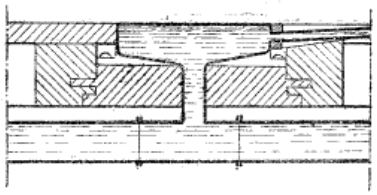


Fig. 3. — Chauffage par thermo-siphon de la Compagnie de l'Est. Ensemble d'une voiture; détail du poêle et coupe transversale d'une bouillotte.

a, chaudière. *b*, tuyaux de départ de l'eau. *c*, chaufferettes. *d*, tuyaux de dégagement. *e*, tuyaux de retour. *f*, vase d'expansion. *g*, appareil de remplissage.



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

obtenir de bons résultats, mais il faut beaucoup de soins et de surveillance. Par certaines tempêtes violentes, il s'est produit des renversements de tirage et des retours de flamme, qui auraient pu causer des incendies.

Calorifères à air chaud. — J'ai pu voir encore en Autriche des calorifères à air chaud, placés sous les voitures. Autour d'un foyer central sont disposés des conduits en nombre égal à celui des compartiments. Ces conduits prennent l'air à l'extérieur, l'amènent au contact des parois du foyer, puis dans les compartiments; des clapets permettent de régler l'admission. Ces appareils valent mieux que les poêles simples, mais ils sont lourds, et l'air chauffé au contact des parois en fonte se charge, soit par suite de fissures inévitables, soit par simple diffusion, d'une certaine quantité de gaz produits de la combustion. On les abandonne comme les autres.

Thermo-siphons. — Les appareils à circulation d'eau, désignés sous le nom de thermo-siphons (fig. 3), sont bien supérieurs à ceux que nous venons de passer en revue. Ils donnent une chaleur mieux répartie, plus douce. Ils évitent les mauvaises odeurs et les gaz délétères, ils permettent de réduire lârgement les chances d'incendie sans toutefois les supprimer entièrement. Par contre, ils exigent un temps plus long pour le chauffage initial, puisqu'il faut réchauffer l'eau, et ils demandent des précautions multiples pour éviter les accidents dus aux congélations.

Leur fonctionnement repose sur la circulation de l'eau dans des conduites par suite de la différence de densité entre l'eau chaude et l'eau froide. L'eau chauffée dans une chaudière au contact d'un foyer s'élève dans une conduite montante, passe dans des chaufferettes ou des tuyaux de chauffage, s'y refroidit en cédant sa chaleur à l'air ou aux objets à chauffer, puis revient, par un tuyau de retour, à la partie inférieure de la chaudière pour s'échauffer à nouveau et refaire le même trajet. Ce fonctionnement est assez délicat, car le mouvement ne s'opère que sous l'action des pressions faibles, et il est facilement troublé par une légère obstruction ou toute autre cause. Il est assez difficile de répartir également la chaleur entre les différentes chaufferettes d'une même voiture. Le réglage se fait en activant ou en ralentissant la combustion dans le foyer, mais son effet ne se produit que lentement, et d'autant plus lentement que la quantité d'eau est plus grande. Il ne peut guère se faire d'ailleurs que pour l'ensemble de la voiture.

Des précautions spéciales sont à prendre pour éviter les ébullitions, les pertes d'eau, les entartrements, enfin, et surtout, les *accidents dus à la gelée,* lorsque le foyer s'éteint naturellement ou par accident, ou encore

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lorsque la circulation ne se fait pas convenablement dans certaines parties des conduites. On a essayé de parer à ce dernier danger en substituant à l'eau des dissolutions de sel marin, de chlorure de calcium, en additionnant l'eau de glycérine. Nous avons fait de nombreux essais dans ce sens, sans arriver à des résultats satisfaisants. Ces dissolutions, soumises à l'action prolongée de la chaleur, placées au contact de parois métalliques diverses, additionnées des matières apportées par l'eau que l'on doit ajouter pour réparer les pertes, s'altèrent, produisent des dépôts et, au bout d'un temps assez court, deviennent susceptibles de se congeler partiellement. Au surplus, sous l'action des grands froids, les dissolutions salines, même non altérées, se séparent en couches de densité différente, et les plus légères se congèlent.

Nous avons des thermo-siphons en service régulier depuis 1876, et en assez grand nombre (70 ou 75 voitures). Nous n'avons aucun autre moyen pratique d'éviter les accidents que de maintenir les appareils en feu d'une manière permanente, même pendant les stationnements des rames. C'est une sujétion assez sérieuse et une dépense. Dans ces conditions seulement, le service se fait d'une manière convenable et régulière. Nous considérons que les thermo-siphons sont des appareils délicats, exigeant une surveillance suivie et un entretien soigné, assez lourds d'ailleurs et susceptibles d'être appliqués avec succès dans certains cas spéciaux, et notamment sur les voitures de luxe. La nécessité de les maintenir continuellement en feu et la dépense qui en résulte, les soins à leur donner, les précautions diverses à prendre pour éviter les avaries, l'impossibilité de mettre en service au dernier moment une voiture froide, sont des obstacles à peu près insurmontables à un large développement de ce système.

Les croquis figure 3 donnent les principales dispositions des thermo-siphons montés sur nos voitures : ensemble, chaudière et chaufferettes.

Sur les autres réseaux français, notamment sur le P.-L.-M., l'Orléans, l'Ouest et l'État, on emploie d'autres appareils, très différents au premier abord. Le principe reste le même, les détails d'application seuls varient.

3e groupe. — Appareils de chauffage dits continus avec source de chaleur unique.

J'arrive maintenant aux appareils de chauffage dits continus, c'est-à-dire à ceux dans lesquels la chaleur, prise à une source unique, généralement la chaudière de la machine, est distribuée par une ou plusieurs conduites

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans les véhicules des trains. On voit, sans aller plus loin, que les systèmes de ce groupe présentent un avantage : la réduction au minimum des chances d'incendie; et un inconvénient grave : celui d'exiger la continuité de la communication entre la source et les voitures, par conséquent de supprimer l'indépendance des voitures, et d'entraîner de sérieuses sujétions pour la formation des trains. Cet inconvénient était autrefois considéré comme capital et a fait longtemps proscrire entièrement le chauffage continu. Depuis lors, la situation s'est modifiée, les administrations ont dû se résigner à subir des inconvénients analogues pour les freins continus, pour l'intercommunication électrique, et elles ont été ainsi amenées à reconnaître que, si cette difficulté ne cessait pas d'être grave, elle n'était pas impossible à surmonter. Théoriquement, le chauffage continu paraît pouvoir donner satisfaction à la plupart des desiderata que j'ai indiqués plus haut. On dispose dans la chaudière de la machine d'une source de chaleur à peu près illimitée, eu égard du moins à la quantité dont on a besoin. Il semble possible de puiser dans cette source toute la chaleur nécessaire à un moment quelconque, et rien que cette chaleur. C'est une question de dimensions de conduite et d'appareils de réglage convenables dans chaque compartiment. Nous allons voir que, pratiquement, il n'en est pas tout à fait ainsi.

Système Belleroche à circulation d'eau chaude. — Le premier système que je citerai est celui employé par M. Belleroche sur le Grand Central belge. Le véhicule employé pour la chaleur est l'eau chaude. L'eau, prise sur le tender, est réchauffée et refoulée par un injecteur alimenté par la vapeur de la machine, puis envoyée dans une conduite générale. Cette conduite, qui règne depuis la machine, passe successivement dans une série de chaufferettes noyées dans le plancher des compartiments. Une seconde conduite, semblable à la première, et passant comme elle dans les chaufferettes, où elle est, bien entendu, séparée de la première, ramène l'eau au tender. La température de chaque chaufferette est à peu près une moyenne entre celle de l'eau dans la conduite d'aller et celle de l'eau dans la conduite de retour. On règle le chauffage en activant plus ou moins la circulation d'eau. Le réglage ne peut, bien entendu, se faire que pour l'ensemble du train. La quantité de chaleur que l'eau peut ainsi transporter est limitée si on ne veut pas donner aux conduites et aux accouplements des dimensions exagérées, et elle ne suffit que pour entretenir le chauffage; à la mise en train, on est obligé, pour accélérer le chauffage et pour éviter tout danger de congélation, d'envoyer de la vapeur dans les conduites et les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

chaufferettes. On obtient ainsi un échauffement irrégulier qui se régularise immédiatement lorsque l'eau arrive. Pour le même motif, ce système ne serait guère applicable à de longs trains. Aucun essai n'a d'ailleurs été fait au delà de 10 voitures. Ce système a, de plus, l'inconvénient d'exiger deux conduites et un double accouplement entre chaque voiture. En cas de stationnement prolongé sans chauffage, il est nécessaire de vider soigneusement les chaufferettes pour éviter toute congélation. On obtient en marche une chaleur douce, très régulière, analogue à celle que donne le thermo-siphon.

Chauffage à la vapeur. — Je passe maintenant aux nombreux systèmes basés sur l'emploi de la vapeur. Le principe est très simple. Une conduite part de la machine et règne sur toute la longueur du train. Le mécanicien envoie dans cette conduite la vapeur de la machine convenablement détendue pour ne pas fatiguer outre mesure la tuyauterie et les accouplements. A chaque compartiment, on prélève sur cette conduite la quantité de vapeur convenable, et cette vapeur, admise dans les appareils de chauffage du compartiment, dégage, en se condensant, la quantité de chaleur dont on a besoin. A première vue, un simple robinet d'admission à chaque compartiment doit suffire pour commander et régler le chauffage. La réalisation pratique est plus compliquée. Deux grosses difficultés sont à vaincre : celle du réglage et celle de l'évacuation de l'eau de condensation. Le réglage, comme je viens de le dire, paraît très simple en théorie. En pratique, dans un espace aussi restreint qu'un compartiment de voiture, la moindre variation de la quantité de vapeur admise dans les appareils de chauffage du compartiment suffit pour changer complètement les conditions du chauffage. Or, la pression dans la conduite générale n'est jamais fixe ; l'ouverture ou la fermeture de robinets d'admission, les variations de pression dans la chaudière, les modifications de l'état atmosphérique, du vent, de la température, y produisent des oscillations de pression continuelles, qui modifieraient à chaque instant la quantité de vapeur débitée par de simples robinets d'admission, et transformeraient ainsi les résultats que l'on aurait pu obtenir par un réglage difficile et délicat. L'expérience de tous les chauffages à la vapeur confirme à ce sujet la nôtre propre. En fait, des appareils de chauffage à la vapeur mis en service dans une voiture quelconque chauffent ou ne chauffent pas, sans qu'il puisse y avoir des états intermédiaires obtenus autrement que par hasard et pour un instant.

Le réglage ne peut être réalisé qu'en isolant ces appareils du compar-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

timent et en réglant l'admission, dans ce dernier, de l'air qu'ils échauffent, ou bien en multipliant le nombre de ces appareils et en en mettant suivant les besoins un nombre plus ou moins grand en service, ou bien encore en chauffant par intermittence.

L'eau de condensation est la grande ennemie de tous les chauffages à vapeur. Elle se congèle à l'extrémité des orifices d'évacuation et les obstrue; elle s'accumule et séjourne dans les tuyaux, puis, en stationnement, se congèle et met ainsi les appareils hors de service. Toutes les fois que l'eau s'écoule goutte à goutte par un orifice, on peut être certain que, par un temps très froid, il s'y produira des congélations et des obstructions. Le seul moyen de l'éviter est de laisser s'écouler avec l'eau un excès de vapeur qui la réchauffe et l'entraîne à l'état liquide. Il en résulte, si on multiplie les orifices d'évacuation, une perte sensible d'abord, puis des nuages de vapeur qui enveloppent le train, gênent les voyageurs et rendent tout service impossible. Les dispositions les plus diverses ont été employées pour obtenir le réglage du chauffage et l'évacuation de l'eau.

Dans toute l'Europe centrale, où le chauffage à vapeur a pris une extension considérable, on s'est résigné à supprimer toute évacuation d'eau entre la machine et l'extrémité du train. Les appareils de chauffage sont en général formés par des tuyaux horizontaux placés sous les banquettes. Ces tuyaux ont $0^m,08$ à $0^m,10$ de diamètre, et une longueur variable suivant les circonstances. Ils sont fermés à leurs extrémités, et portent vers le milieu, sur la génératrice inférieure, une ouverture sur laquelle est fixé le tuyau de communication avec la conduite générale. Ce tuyau porte un robinet à trois voies qui peut prendre deux positions. Dans la première, il met en communication le tuyau de chauffage avec la conduite générale. La vapeur qui se trouve dans cette conduite a une pression plus élevée que l'air renfermé dans le tuyau, pénètre dans ce tuyau et s'y condense en l'échauffant; l'eau de condensation retombe dans la conduite générale par le tuyau d'admission. Quand le robinet est dans la seconde position, il met le tuyau de chauffage en communication avec l'atmosphère. Le chauffage alors cesse et l'eau de condensation qui a pu rester dans le tuyau s'écoule, de manière à éviter tout danger de condensation ultérieure.

L'eau de condensation qui retombe dans la conduite générale est entraînée par le courant de vapeur jusque vers l'extrémité du train, où on la laisse s'échapper par un orifice laissé ouvert, en même temps qu'un excès de vapeur nécessaire pour l'entraîner et l'expulser.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Sur beaucoup de réseaux, on se contente de placer dans chaque compartiment deux tuyaux commandés par un même robinet d'admission. Le réglage est obtenu en ouvrant ou en fermant le robinet pendant un temps

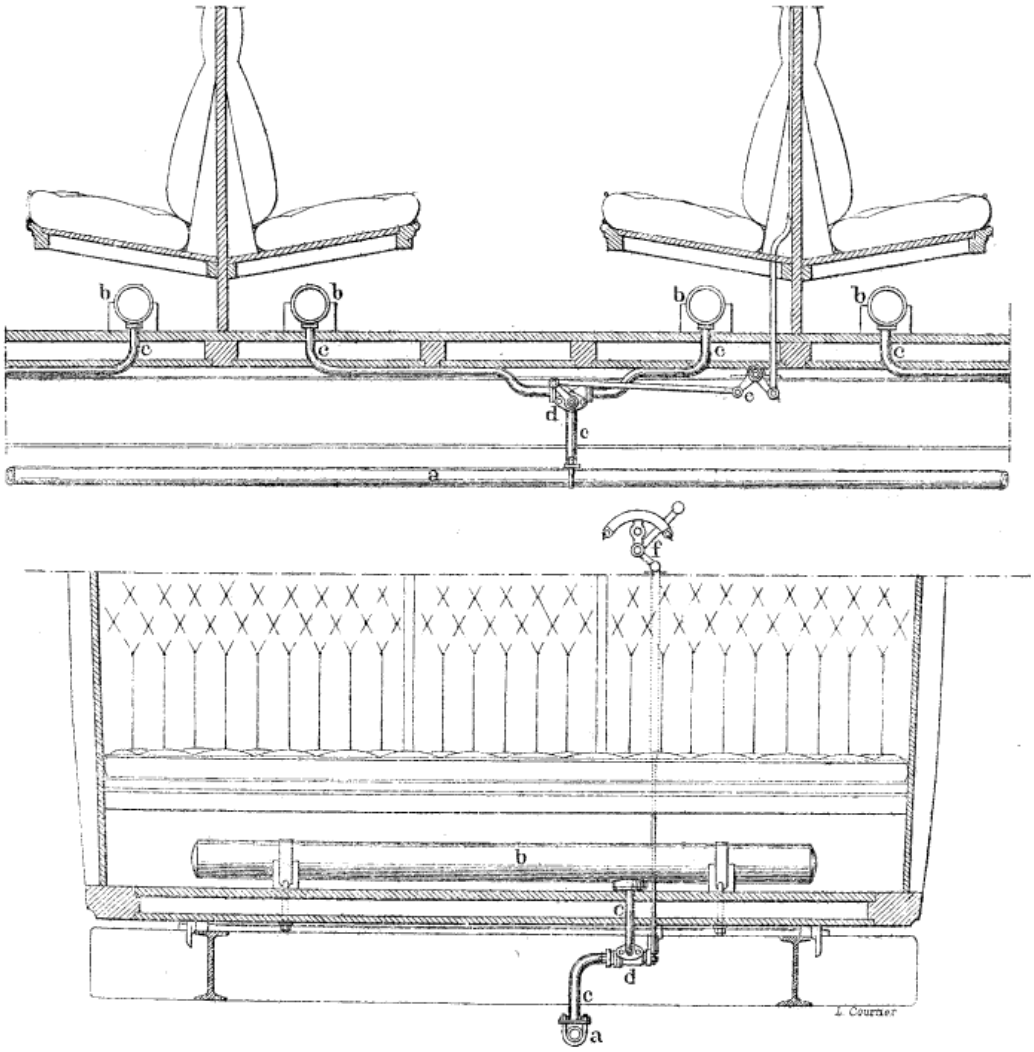


Fig. 4. — Chauffage à la vapeur système ordinaire.

a. Conduite générale; *b*. Tuyau de chauffage; *c*. Tuyau d'admission; *d*. Robinet d'admission; *e*. Mouvement de manœuvre du robinet; *f*. Levier de manœuvre du robinet (de l'intérieur de la voiture).

plus ou moins long. La manœuvre du robinet est mise à la disposition des voyageurs en 1re et en 2e classe. Les agents seuls peuvent y toucher dans les voitures de 3e classe. C'est ce système qui est adopté notamment par le Gothard, et qui a été appliqué sur celles de nos voitures qui faisaient autre-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fois le service direct de Paris-Milan. Il fonctionne très régulièrement. Il présente cependant de graves inconvénients, qui le rendraient absolument

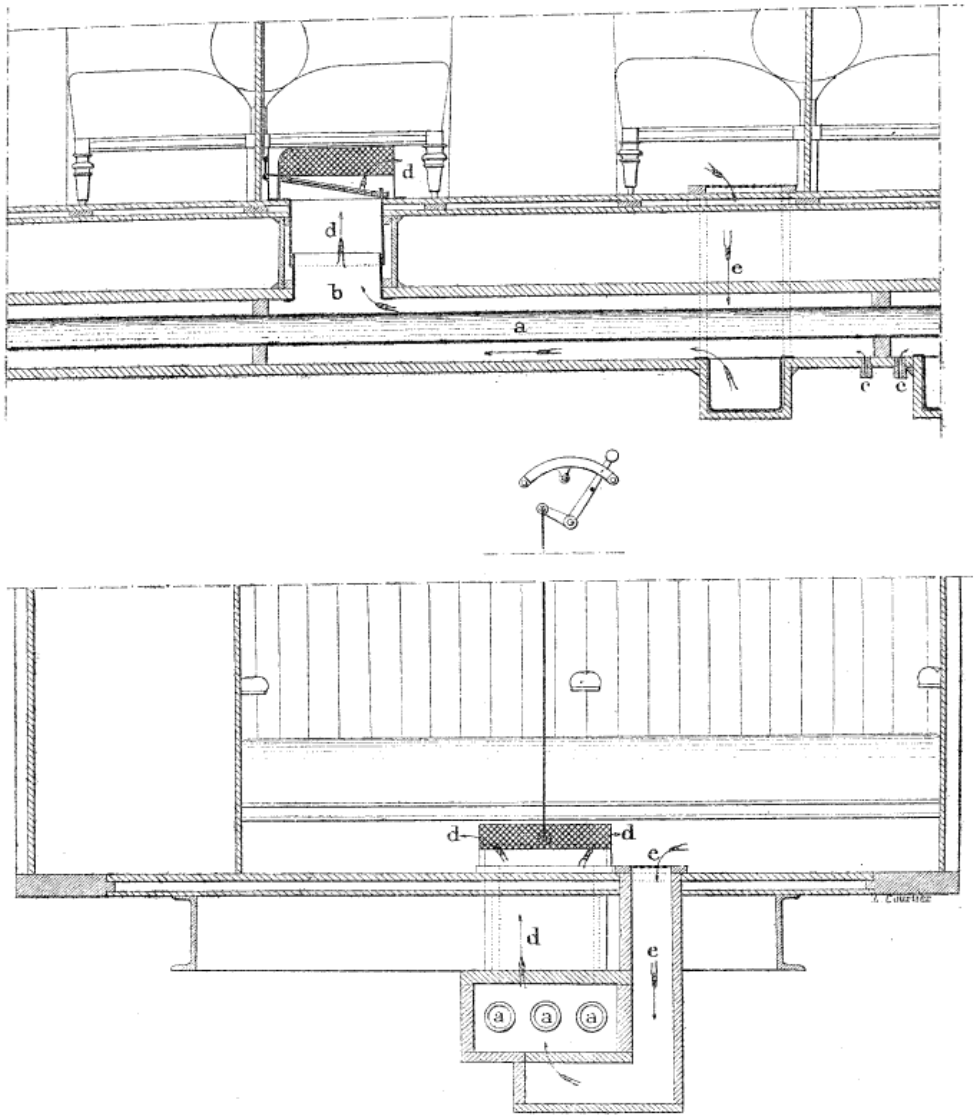


Fig. 5. — Chauffage à la vapeur, système Suédois.

a. Conduites générales; *b*. Caisse à eau; *c*. Admission d'air; *d*. Air chaud; *e*. Retour d'air vers la conduite.

inapplicable sur nos réseaux français. On ne peut guère chauffer avec la vapeur prise sur la machine que 12 à 13 voitures en temps ordinaire, 10 à 11 en temps froid. Le chauffage initial est très long et nécessite la mise en tête

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de la machine une à deux heures avant le départ. Le mode de réglage est insuffisant, surtout pendant la nuit où l'on ne peut continuellement faire manœuvrer le robinet d'admission. L'air seul du compartiment est chauffé, à l'exclusion des pieds des voyageurs. Enfin, les poussières qui viennent se dessécher, se brûler sur les tuyaux surchauffés, les garnitures voisines de ces tuyaux, dégagent des odeurs caractéristiques. Il est nécessaire d'assurer convenablement le renouvellement de l'air, qui, porté à une température

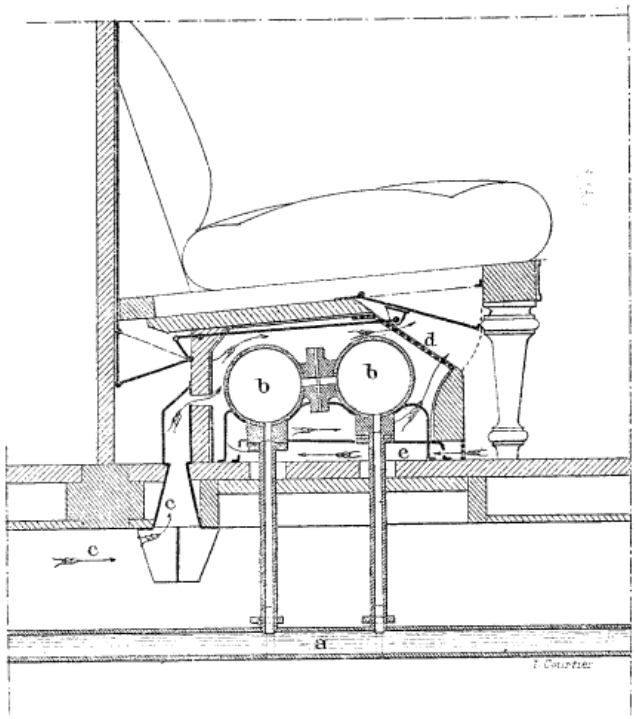


Fig. 6. — Chauffage à la vapeur avec suppression des robinets d'admission.

a. Conduite générale; *b*. Tuyaux de chauffage; *c*. Admission d'air extérieur; *d*. Admission d'air chaud dans le compartiment; *e*. Retour d'air vers les tuyaux de chauffage.

assez élevée, devient d'autant plus facilement désagréable et même mauvais à respirer.

Trois principales causes rendent le chauffage initial aussi long et empêchent de chauffer un plus grand nombre de voitures. La première est l'air qui reste cantonné dans les tuyaux de chauffage et qui s'oppose à l'introduction efficace de la vapeur, tant qu'elle n'a pas atteint une assez forte pression dans la conduite générale; la deuxième est l'eau de condensation, qui encombre la conduite générale et arrête le passage de la vapeur; la troisième est l'insuffisance de diamètre des accouplements.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les deux premières sont inhérentes au système lui-même. Quant aux dimensions des accouplements, elles sont déterminées par les conventions techniques de l'Union des chemins de fer allemands. Tout le monde reconnaît leur insuffisance, mais il est si difficile, paraît-il, de toucher aux règles de l'Union, qu'on les maintient toujours, en s'ingéniant à les tourner dans la limite du possible, et en supportant tous les inconvénients qui en résultent.

On a cherché à améliorer ce système de bien des manières : tout d'abord

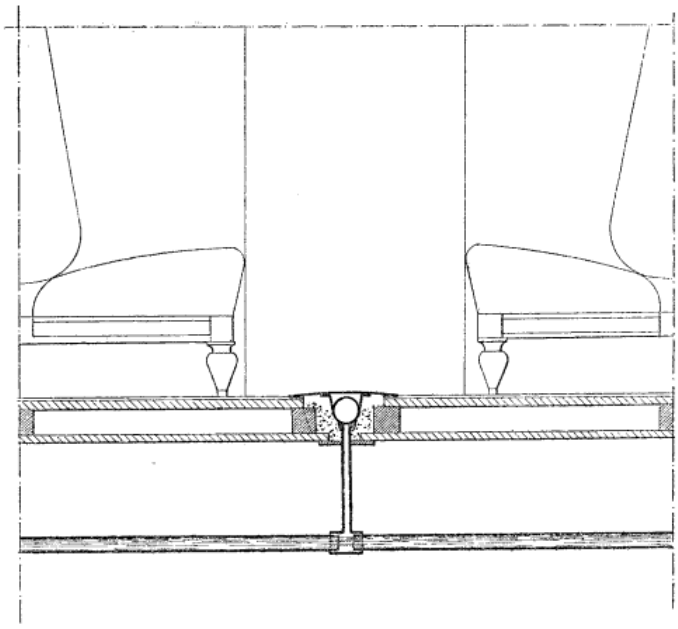


Fig. 7. — Chauffage à la vapeur, système Hollandais.

en augmentant le nombre des tuyaux de chauffage dans chaque compartiment et en disposant les organes d'admission de manière à pouvoir admettre la vapeur à volonté dans un ou plusieurs tuyaux. Mais il ne faut pas oublier que les mêmes organes doivent assurer la communication, avec l'atmosphère, des tuyaux qui ne sont pas en service. Si on multiplie les tuyaux, on arrive à une complication des organes d'admission telle qu'on multiplie en même temps les fuites, les grippements et les chances de non fonctionnement. J'ai pu le constater moi-même en Autriche. On renonce d'ailleurs à cette disposition.

En Suède et en Autriche, on rencontre le *système* dit *suédois*, qui consiste à faire passer la conduite générale, dont la surface a été convenablement augmentée, dans une caisse placée sous la voiture (fig. 5).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'air extérieur pénètre dans cette caisse, s'y échauffe et passe de là dans les compartiments, où son admission est réglée au moyen de clapets.

Ce système ne donne pas toujours un chauffage très régulier, les remous dus au mouvement du train et au vent altérant parfois la circulation normale de l'air. Les prises d'air faites sous les voitures sont aussi obstruées par la neige ou bien ne donnent qu'un air chargé de poussière. Enfin, et surtout, les caissons, faits en bois, se dessèchent sous l'action de la chaleur et se disjoignent. L'entretien est assez difficile.

On a essayé également de supprimer entièrement les robinets d'admission

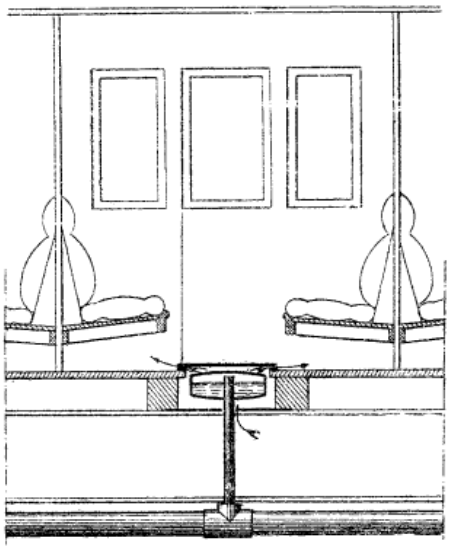


Fig. 8. — Chauffage à la vapeur, système de la Compagnie d'Anzin.

en laissant les tuyaux en libre communication avec la conduite générale et en plaçant ces tuyaux dans des espaces fermés sous les banquettes (fig. 6).

L'air extérieur, amené au contact des tuyaux, pénètre ensuite dans les compartiments par des ouvertures munies de clapets qui servent au réglage. Les formes les plus diverses ont été données aux tuyaux, aux enveloppes et aux clapets d'admission.

Les *chemins hollandais* et, après eux, l'État français emploient des tuyaux de chauffage semblables à ceux des Allemands, reliés à la conduite générale sans interposition de robinets d'admission (fig. 7).

Ces tuyaux sont noyés dans le plancher, sous les pieds des voyageurs, et recouverts par une tôle qui forme chaufferette. Pour éviter que cette tôle ne s'échauffe trop et ne brûle les chaussures, il importe de ne pas mettre le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tuyau au contact et de laisser entre les deux un certain intervalle. Le chauffage initial est assez long. Je suis parti un jour d'Amsterdam dans une voiture ainsi aménagée. Les chaufferettes étaient froides au départ. Elles étaient à peine à la température convenable une heure après, en arrivant à Utrecht. Aucun réglage n'est possible, si ce n'est pour l'ensemble du train, en envoyant la vapeur par intermittence.

La *compagnie d'Anzin* emploie un système entièrement différent, dû à M. Briaud, un de ses ingénieurs. Elle utilise (fig. 8) la vapeur d'échappement de la machine, qu'elle envoie, au moyen d'une conduite générale, dans des chaufferettes placées sous les pieds des voyageurs.

Ces chaufferettes retiennent une partie de l'eau de condensation pour régulariser le chauffage, le reste est expulsé par des soupapes. Pour permettre l'introduction de la vapeur dans la conduite et les chaufferettes, on y fait préalablement un vide partiel au moyen de l'éjecteur du frein à vide.

En Amérique, autant du moins que nous pouvons le savoir par les journaux de ce pays, on tend à développer le chauffage à vapeur, mais sans être encore bien fixé sur les dispositifs à adopter. On cherche en général à évacuer à chaque voiture l'eau de condensation. La situation n'est pas la même d'ailleurs que sur notre continent. Avec les grandes voitures à intercirculation employées en Amérique, l'eau de condensation à évacuer à chacune d'elles est en quantité assez grande pour qu'on ait moins à craindre les obstructions par la gelée. Les organes d'évacuation peuvent d'ailleurs être vérifiés, surveillés et, au besoin, remis en état. Les appareils les plus variés sont employés. Nous y trouvons notamment des thermo-siphons chauffés à volonté par la vapeur ou par des foyers isolés, dans le cas où la vapeur viendrait à manquer. Je n'ai pu recueillir de renseignements bien précis et surtout sérieusement contrôlés sur les résultats donnés par ces divers appareils. Je ne m'y arrêterai pas davantage.

III. — Chauffage à la vapeur et à l'air comprimé combinés employé par la compagnie de l'Est.

Il me reste à parler du nouveau système essayé sur le réseau de l'Est, et qui commence à entrer maintenant dans la phase d'application pratique. Ce système est basé sur l'emploi de la vapeur et de l'air comprimé combinés.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PRINCIPE DU SYSTÈME

En étudiant le fonctionnement des appareils de chauffage allemands, j'avais été frappé de la difficulté et de la lenteur avec laquelle on obtenait à l'extrémité des trains, dans la conduite générale, une pression suffisante pour assurer la pénétration efficace de la vapeur dans les tuyaux de chauffage. En cherchant à déterminer les causes de ce phénomène, j'ai été amené à penser qu'on pourrait peut-être obtenir une pression plus régulière dans la conduite en ajoutant à la vapeur un fluide non susceptible de se condenser, tel que l'air, par exemple. Une première expérience faite sur un appareil sommaire d'essai, monté aux ateliers de la Villette, ayant confirmé l'exactitude de cette prévision, des essais plus complets ont été faits sur un second appareil fixe, également monté aux ateliers, et figurant un train de 24 voitures ayant chacune 4 compartiments. Une voiture réelle pouvait être intercalée sur différents points du circuit. Les dispositions auxquelles cette étude nous avait conduits ont été ensuite appliquées sur des trains spéciaux d'essai, plusieurs fois remaniées, et enfin appliquées aux trains du service courant.

Le principal effet de l'air ajouté à la vapeur paraît être le *balayage* et l'entraînement continuel *de l'eau de condensation* qui tend à s'accumuler aux points bas des conduites et de celle qui pourrait séjourner aux orifices d'évacuation. On évite ainsi les pertes de charge dues aux accumulations d'eau et les dangers de congélation. Le courant gazeux, rendu plus intense par l'addition d'air, agit par frottement sur les molécules liquides et les fait glisser le long des parois des conduites. On sait qu'on peut ainsi faire franchir à un liquide des différences de niveau considérables, en disposant d'une pression bien inférieure à la hauteur à franchir, et c'est sur ce principe que sont basés les appareils américains dits « *steam loop* », qui permettent, au moyen d'une simple combinaison de tuyaux, de ramener à une chaudière l'eau de condensation produite dans une conduite alimentée par cette chaudière. On peut se rendre compte dans une certaine mesure de ce phénomène en faisant voyager un liquide sur une surface quelconque, simplement en soufflant dessus.

Grâce à l'addition de l'air, l'étude des dispositions les plus convenables à adopter pour les appareils de chauffage se trouve singulièrement simplifiée et facilitée. On peut réaliser à chaque voiture l'évacuation de l'eau condensée; du même coup on supprime ainsi l'obstacle apporté à l'introduction de la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vapeur dans les tuyaux de chauffage, et on réduit au minimum l'eau de condensation, qui doit suivre la conduite générale jusqu'à son extrémité.

On peut employer dans les voitures des tuyaux de chauffage beaucoup plus petits et leur donner les formes les plus variées, sans s'astreindre à ménager les pentes nécessaires pour que l'écoulement d'eau puisse toujours se faire par gravité. On peut, pour faciliter le réglage, multiplier ces tuyaux, en les faisant commander à l'origine par de simples robinets d'admission, et en les réunissant à leur extrémité à un seul appareil purgeur, sans dispositif quelconque pour empêcher le retour de vapeur dans les tuyaux qui ne sont pas en service. L'air qui se cantonne dans ces tuyaux suffit pour y empêcher tout chauffage.

Au point de vue de l'effet calorifique, le mélange donne en pratique des effets qui ne diffèrent guère de ceux de la vapeur seule à la même pression. Les quantités d'air ajoutées et les différences de température qui en résultent, dans les limites où l'on se meut pratiquement, ne sont pas de nature à modifier d'une manière appréciable les effets calorifiques obtenus.

DESCRIPTION DES APPAREILS

Ces préliminaires établis, les dispositions générales de nos appareils étaient faciles à déterminer. Ils comprennent essentiellement une conduite générale, partant de la machine, et dans laquelle le mécanicien envoie le mélange d'air et de vapeur. Cette conduite règne sur toute la longueur du train et se termine par un purgeur automatique à dilatation, qui laisse échapper l'eau condensée et l'air refroidi, en arrêtant la vapeur. A chaque voiture, des tuyaux de chauffage, en nombre convenable, sont branchés en dérivation sur la conduite générale, pénètrent dans les compartiments, puis se réunissent à leur extrémité pour aboutir à un purgeur unique. Des robinets dits d'admission permettent d'admettre la vapeur à volonté dans un ou plusieurs tuyaux.

Conduite générale et accouplements. — Les dimensions de la conduite générale ont été déterminées, après d'assez nombreux essais, de manière à permettre de chauffer convenablement des trains de 15 à 18 voitures, et exceptionnellement 24. Nous avons reconnu qu'il y avait intérêt à réduire le diamètre aux accouplements. On obtient ainsi le double avantage d'avoir des accouplements plus maniables, plus durables, et d'y augmenter la vitesse du courant gazeux, de manière à y éviter le plus possible les accumulations d'eau et les pertes de charge qui en résultent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nos conduites ont 45 millimètres de diamètre extérieur, sauf aux accouplements, où ce diamètre est réduit à 35. Les boyaux d'accouplement sont en caoutchouc et fixés aux voitures comme les boyaux de frein. L'accouplement se fait (fig. 9) au moyen de raccords à griffes, qui s'emmanchent l'un dans l'autre par un mouvement de baïonnette, et qui sont disposés de manière à éviter tout coude brusque dans la conduite.

Cette disposition est essentielle pour des conduites où circule, comme je l'ai dit plus haut, un double courant de gaz et de liquide, ce dernier glissant le long des parois sous l'action entraînante du courant gazeux. Nous avons rejeté absolument l'accouplement allemand, formé de boyaux indépendants des voitures, et qui donne lieu à des complications de service fort incommodes.

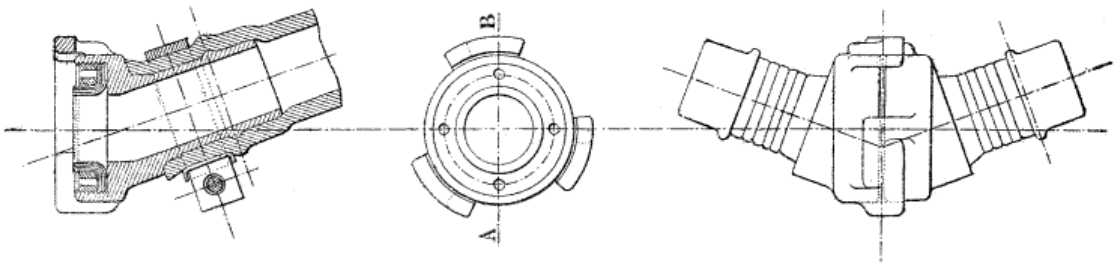


Fig. 9.

Appareils montés sur les machines. — Deux dispositions ont été adoptées pour les machines. Sur les machines puissantes, destinées à remorquer de longs trains, une seule pompe ne peut suffire pour le service du frein et du chauffage. Nous avons dû y monter une deuxième pompe, destinée spécialement au chauffage, et qui échappe directement dans la conduite générale, et l'air comprimé et la vapeur qui a servi à le comprimer. La vapeur de la chaudière sert ainsi, par sa détente, à comprimer l'air, puis elle est ensuite utilisée pour le chauffage. La vitesse de marche de la pompe et son débit sont réglés au moyen du robinet d'admission de la vapeur. Une prise de vapeur directe sur la chaudière, une soupape de sûreté et un manomètre complètent les appareils de la machine.

Sur les machines appelées à remorquer des trains légers, dont la composition ne dépasse pas 8 à 10 voitures, la pompe spéciale de chauffage est supprimée, et les appareils de chauffage comprennent seulement une prise de vapeur directe sur la chaudière, une prise d'air sur le tuyau de refoulement de la pompe à air du frein, une soupape de sûreté et un manomètre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans les deux types, les soupapes de sûreté sont réglées à 3 kilogr.

Appareils montés sur les voitures. — Dans les voitures, nous nous sommes astreints à assurer avant tout le chauffage des pieds des voyageurs, puis à éviter tout contact entre l'air des compartiments et les tuyaux chauffés directement par la vapeur, de manière à empêcher tout dégagement de mauvaises odeurs.

Dans les voitures de 2e et 3e classe (fig. 10) les tuyaux de chauffage, au nombre de trois, sont branchés sur la conduite générale à une des extré-

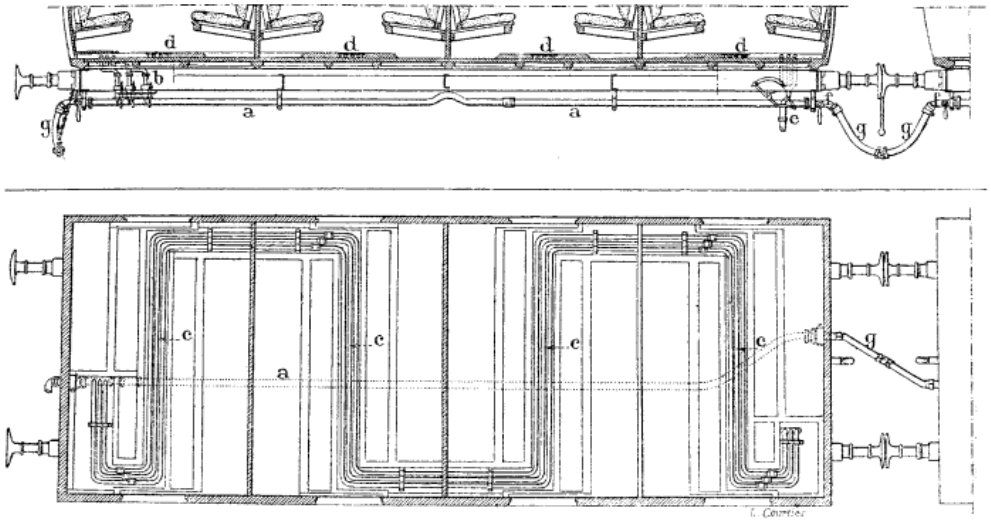


Fig. 10. — Chauffage à la vapeur et à l'air comprimé de la Compagnie de l'Est : voitures de deuxième et de troisième classes.

a. Conduite générale; *b*. Robinet de réglage; *c*. Tuyaux de chauffage; *d*. Chaufferettes; *e*. Purgeur; *f*. Robinets d'arrêt de la conduite générale; *g*. Tuyaux d'accouplement.

mités de la voiture. Ils montent d'abord verticalement, pour pénétrer dans la caisse en traversant le double plancher, puis, se retournent horizontalement pour courir côte à côte sur le plancher, en passant successivement dans chaque compartiment sous les pieds des voyageurs. Ils sont recouverts par des tôles striées, qu'ils échauffent et qui forment chaufferettes. Pour éviter un contact trop intime et une trop forte élévation de température de la tôle des chaufferettes, des bagues de 1 millim. d'épaisseur sont interposées entre les tuyaux et les tôles. Dans tout leur trajet, les trois tuyaux sont soigneusement isolés des compartiments. En sortant du dernier compartiment, ils se réunissent pour aboutir au purgeur automatique. Des robinets d'admission, manœuvrables de l'extérieur au moyen de tringles, permettent

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'envoyer à volonté le mélange d'air et de vapeur dans un, deux ou trois tuyaux. C'est ainsi qu'on règle le chauffage. Ce réglage est nécessairement le même pour tous les compartiments d'une même voiture, et les agents seuls peuvent le commander depuis les quais.

En 1re classe (fig. 11) il a été jugé nécessaire de rendre le chauffage indépendant pour chaque compartiment et de mettre le réglage à la disposition des voyageurs. La disposition adoptée est alors un peu différente. Les tuyaux de chauffage sont au nombre de deux par compartiment. Ils sont

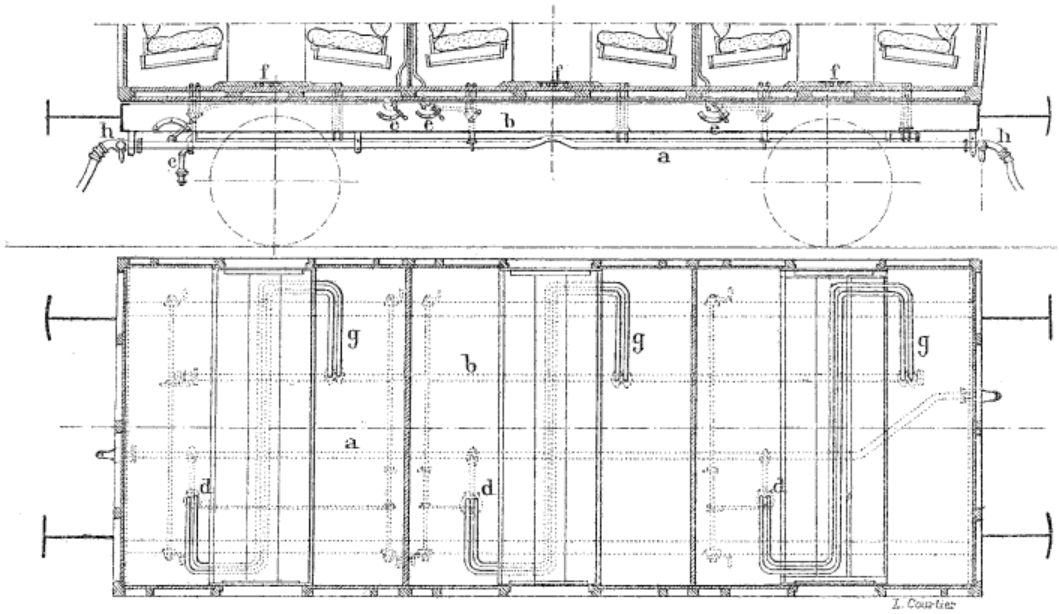


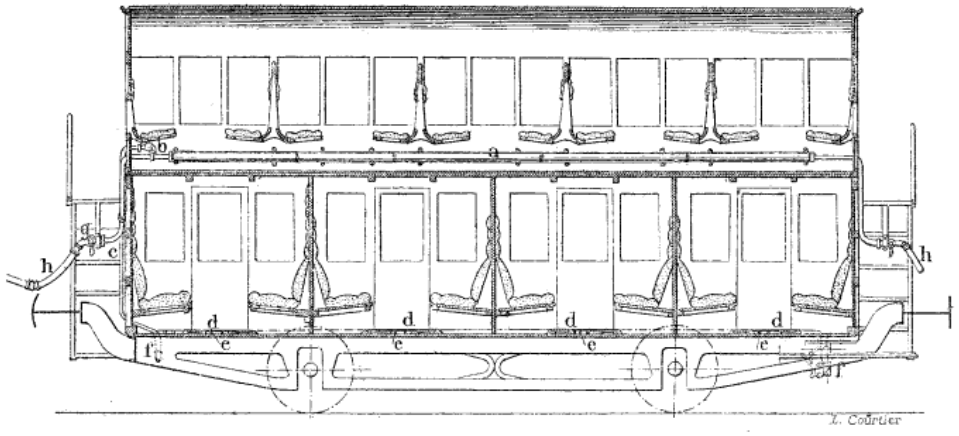
Fig. 11. — Chauffage à la vapeur et à l'air comprimé de la Compagnie de l'Est : voitures de première classe.

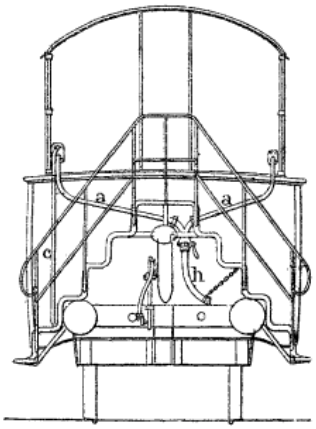
a. Conduite générale; *b*. Collecteur; *c*. Purgeur automatique; *d*. Robinet d'admission; *e*. Mouvement de manœuvre des robinets d'admission; *f*. Chaufferettes; *g*. Tuyaux de chauffage; *h*. Robinet d'arrêt de la conduite générale.

branchés sur la conduite générale au droit du compartiment, pénètrent dans ce compartiment, passent sous les pieds des voyageurs, sortent de la caisse et aboutissent à un collecteur unique, terminé par un purgeur automatique. Les robinets d'admission peuvent être commandés, soit de l'intérieur par les voyageurs, soit de l'extérieur par les agents. La tôle de recouvrement est en laiton, et, grâce à sa conductibilité plus grande, elle donne, avec deux tuyaux seulement, presque le même chauffage que les tôles de fer avec trois. Il y a un degré de réglage de moins que dans les autres voitures, mais cette infériorité est compensée par la mise du réglage à la disposition des voyageurs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Une troisième disposition (fig. 12), toute différente, a été adoptée pour nos voitures à étage, utilisées seulement dans les trains à courts trajets de la banlieue de Paris. La conduite générale à chaque voiture se bifurque et vient passer dans la caisse supérieure le long des parois latérales. Elle sert ainsi de tuyau de chauffage et échauffe l'air de cette caisse supérieure.





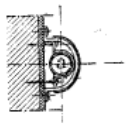


Fig. 12. — Chauffage à la vapeur et à l'air comprimé de la Compagnie de l'Est : voitures à impériale.

a. Conduite générale de chauffage de la caisse supérieure ; *b*. Robinet de prise de vapeur, pour le chauffage de la caisse inférieure ; *d*. Chaufferettes *e*. Tuyaux de chauffage : *f*. Purgeur automatique ; *g*. Robinet d'arrêt de la conduite générale ; *h*. Tuyau d'accouplement.

Elle est protégée par une tôle de recouvrement pour éviter tout danger de brûlure. Un tuyau, commandé à son origine par un simple robinet d'arrêt destiné à n'être fermé qu'en cas d'avarie, est branché sur la conduite générale dans la caisse supérieure, descend dans la caisse inférieure, se divise en deux tuyaux qui courent côte à côte sur le plancher et successivement dans tous les compartiments sous les pieds des voyageurs, puis se réunissent pour aboutir à un purgeur. Aucun réglage n'est possible, sauf

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

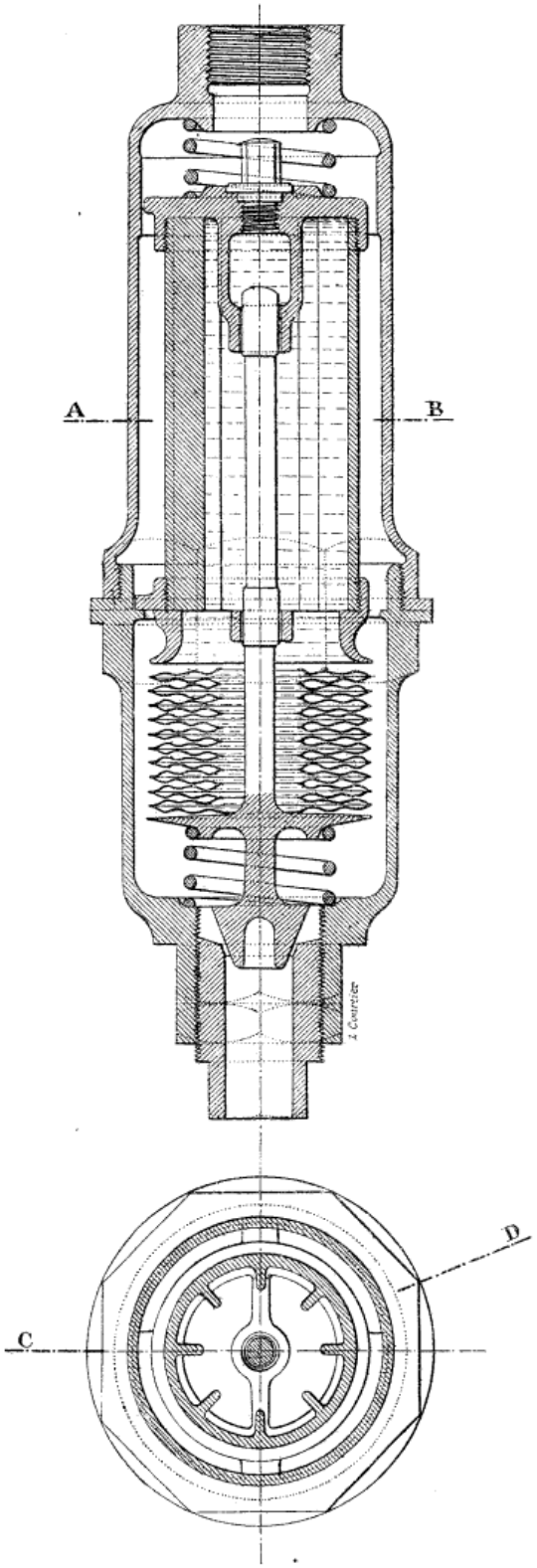


Fig. 13. — Purgeur automatique à oléonaphte.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pour l'ensemble du train, et par l'intermédiaire du mécanicien, qui peut chauffer continuellement ou par intervalles plus ou moins espacés.

Cette disposition est évidemment très inférieure aux autres, mais très admissible pour le matériel auquel elle s'applique. Il n'a pas été possible, d'ailleurs, de mieux faire sans tomber dans des complications et des difficultés hors de proportion avec le but à atteindre.

Purgeur automatique (fig. 13). — Je n'ai plus à ajouter qu'un seul mot de description sur les purgeurs automatiques placés sur les voitures et à l'extrémité de la conduite générale. Le problème à résoudre était de trouver un appareil qui laissât échapper seulement l'eau condensée dans les conduites et l'air correspondant, et se fermât dès que la vapeur arriverait en proportion notable à l'orifice de sortie, cela, quelle que fût la pression dans les conduites. Un semblable résultat ne pouvait être obtenu qu'au moyen d'un appareil fonctionnant par la dilatation d'un liquide n'émettant pas de vapeurs aux températures atteintes. Les solides ont en effet des dilatations trop faibles, et on n'aurait pu obtenir, en les utilisant, que des ouvertures très réduites, susceptibles d'être obstruées par une goutte d'eau congelée. Avec les gaz et les liquides émettant des vapeurs, on aurait eu des appareils influencés non seulement par la température, mais encore par la pression. Le liquide doit être neutre et inaltérable. Nous avons choisi l'oléonaphte rectifiée. Ce liquide est renfermé dans une capsule métallique étanche, mais terminée par un soufflet métallique en forme de lanterne vénitienne, qui s'allonge quand le liquide se dilate. La capsule se trouve enfermée dans une enveloppe fixée à l'extrémité des tuyaux à purger. Quand la vapeur arrive dans cette enveloppe, le liquide se dilate, le soufflet s'allonge et ferme l'ouverture placée à l'extrémité de l'enveloppe. Quand, au contraire, l'enveloppe ne contient que de l'air ou de l'eau, le liquide et le soufflet se contractent en ouvrant la soupape, qui laisse alors échapper cet air et cette eau.

Ces appareils, après quelques tâtonnements et quelques essais infructueux au début, fonctionnent maintenant très régulièrement et sans danger d'obstruction par la gelée, même par des froids de 15 à 18°, grâce à l'emploi de l'air comprimé.

AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DU SYSTÈME

Les appareils que je viens de décrire ont été mis en service pendant l'hiver 1891-1892 sur deux rames circulant dans la banlieue de Paris. L'hiver suivant, trois rames ainsi chauffées ont été mises en circulation. Enfin,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cet hiver, le système a été appliqué, d'abord à sept rames formant la plus grande partie des trains de la banlieue de Paris sur la ligne d'Avricourt (48 trains en semaine, 54 le dimanche), puis, sur le réseau, à un grand nombre de trains légers formés de matériel nouveau à intercirculation. Les appareils nécessaires ont été déjà montés sur plus de 300 voitures ou fourgons et sur 142 machines.

Notre expérience résulte donc déjà d'un emploi prolongé et assez étendu. Les résultats obtenus ont toujours été satisfaisants. Nous n'avons pas la prétention d'avoir réalisé le chauffage idéal dont je parlais au début, nous croyons seulement nous en rapprocher plus qu'on ne l'a fait jusqu'à présent.

La première qualité d'un appareil de chauffage, ai-je dit plus haut, est d'être suffisant, c'est-à-dire de dégager une quantité de chaleur suffisante pour maintenir une température convenable dans le local à chauffer, même par les temps les plus froids, même au début du chauffage, sans qu'il soit nécessaire de prévoir une période de préparation trop longue.

La source à laquelle nous puisons la chaleur étant en fait indéfinie, eu égard à ce dont on a besoin, l'intensité du chauffage dans chaque compartiment ne dépend que des surfaces de chauffe et de la température à laquelle elles sont portées.

Nos tôles de chauffage ont $0^m,25$ de largeur sur $2^m,50$ de longeur. Quand les trois tuyaux de chauffage sont en service, leur température s'élève à 60° ou 70°. Nous avons considéré que c'était largement suffisant avec les dimensions de nos compartiments et les froids que nous avons à supporter. Il est bien évident qu'on pourrait aller au delà, soit en augmentant la surface des tôles et le nombre des tuyaux, soit en échauffant l'air des compartiments au moyen de tuyaux placés sous les banquettes.

Au point de vue du chauffage initial, nous avons fait un progrès considérable sur les autres systèmes de chauffage à vapeur, en augmentant le diamètre de la conduite générale, en permettant à l'air renfermé dans les tuyaux de chauffage de s'échapper librement, enfin, en entraînant, au moyen de l'air comprimé, l'eau de condensation qui s'oppose au passage de la vapeur.

En pratique, le temps nécessaire pour que la vapeur arrive en queue des trains varie comme il suit : rame de 12 véhicules, 8 à 10 minutes ; rame de 15 véhicules, 12 à 16 minutes ; rame de 18 véhicules, 15 à 20 minutes ; rame de 24 véhicules, 28 à 35 minutes. A ces chiffres, il faut ajouter de 5 à 10 minutes pour que les tôles de chauffage des dernières voitures atteignent

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

une température de 50° environ. Les chiffres les plus bas correspondent à des températures très basses, de 10 à 15° au-dessous de 0. On voit donc que, dans tous les cas, il suffit d'une demi-heure pour chauffer une rame de 18 véhicules.

On peut d'ailleurs, sans inconvénient, ajouter aux trains, au dernier moment, 1 ou 2 voitures froides. Il suffit de quelques minutes pour les chauffer.

On aurait pu obtenir une rapidité plus grande en augmentant le diamètre de la conduite générale, mais alors on aurait augmenté le poids des appareils, et créé d'assez grosses difficultés pour les accouplements. Comme, en fait, les trains à fortes compositions sont plus rares en hiver, il ne nous a pas paru nécessaire de forcer davantage le diamètre de nos conduites.

La modérabilité du chauffage est aussi complète qu'on peut le désirer, car on peut non seulement faire varier le nombre des tuyaux mis en service, mais encore interrompre le chauffage et le reprendre quand on le veut. Une expérience très concluante a été faite à cet égard dans nos trains de banlieue pendant la dernière période de l'hiver de 1892-1893. Pendant cette période, le temps s'est maintenu longtemps au beau, mais avec de grandes variations de température. Le matin, au lever du soleil, le thermomètre tombait vers 0. On chauffait alors d'une manière continue, généralement avec deux tuyaux, puis, la température s'élevant, on fermait un tuyau. Le thermomètre montant encore, on se contentait d'échauffer légèrement les tôles avant le départ, puis on cessait l'envoi de vapeur, et les tôles restaient tièdes presque jusqu'à la fin du trajet. Si ce dernier était trop long, on faisait un léger réchauffage en cours de route. Au milieu de la journée, on cessait entièrement le chauffage. Le soir, on le reprenait avec plus ou moins d'intensité suivant les cas. En résumé, on peut chauffer quand et comme on veut, et les agents acquièrent bien vite l'habitude nécessaire.

Nous évitons, bien entendu, tout danger d'incendie, tout dégagement de gaz délétères, et même tout dégagement d'odeurs désagréables. Toutefois, pour arriver à ce dernier résultat, il est nécessaire d'isoler complètement de l'air des compartiments les tuyaux en contact direct avec la vapeur, qui sont portés ainsi à une température élevée, et sur lesquels les poussières viennent se brûler en dégageant une odeur caractéristique. Grâce aux dispositions adoptées, nous arrivons à chauffer convenablement les pieds des voyageurs, puis à élever d'une manière modérée la température des compartiments, en nous maintenant ainsi dans des conditions vraiment hygiéniques. C'est ce

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qu'on ne fait pas à l'étranger, et qu'il était indispensable de réaliser en France.

Le chauffage à vapeur supprime toute gêne et tout ennui résultant pour les voyageurs du chargement des bouillottes et de la présence de ces bouillottes dans les compartiments. Il a en outre cet avantage que le réglage peut, si on le juge utile, être différent pour chaque compartiment et mis à la disposition des intéressés.

Il supprime pour l'exploitation toutes les difficultés de la manipulation des bouillottes, mais il a, pour ce service, un inconvénient sérieux : c'est d'exiger la continuité de la conduite générale entre la machine et les voitures à chauffer, et de supprimer ainsi l'indépendance des véhicules. C'est une difficulté analogue à celle que produit l'emploi des freins continus. Elle est très réelle, mais l'expérience qui résulte de l'usage des freins permet d'en déterminer exactement l'importance, et montre, dans tous les cas, qu'elle n'est pas insurmontable.

Un autre inconvénient est la nécessité où l'on se trouve de former les trains et de mettre la machine en tête un certain temps avant le départ. Nous avons pu réduire dans de larges mesures le temps nécessaire au chauffage initial, et, dans ces conditions, la gène qui en résulte n'est plus excessive ; elle disparaît même complètement dans bien des cas. Elle subsiste néanmoins et reste sensible dans certains autres cas.

En fait, et malgré ces inconvénients, le système a fonctionné pendant ces trois hivers à la satisfaction du service de l'exploitation ; nous avons bien eu, au début surtout, un certain nombre d'incidents dus les uns, très rares, à l'inexpérience des agents, les autres à des défectuosités locales des appareils, inévitables lorsqu'on met en service un système entièrement nouveau. Les boyaux d'accouplement, notamment, ont donné lieu à de fréquentes ruptures. Nous avons pu faire disparaître progressivement ces défectuosités, et nous arrivons maintenant à un service entièrement normal. Mais il a fallu, en ce qui concerne les boyaux d'accouplement, recourir à des maisons étrangères, belges ou allemandes ; nous n'avons pu encore obtenir en France une fabrication convenable.

Le poids des appareils est en moyenne de 500 kilogr. par voiture. C'est là évidemment une augmentation de poids mort à traîner en été comme en hiver. Mais ce poids est sensiblement inférieur à celui du thermo-siphon, et il serait difficile d'arriver à un chiffre plus faible avec un appareil fixe quelconque.

Il me reste maintenant à ajouter quelques mots de la question dépenses.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les frais de premier établissement se sont élevés, par machine : à 1 500 francs environ pour nos machines-tender de banlieue, destinées à remorquer les trains les plus lourds; à 400 ou 500 francs, suivant les types, pour les machines destinées à remorquer les trains légers; à 800 ou 900 francs, pour les voitures de 2e ou de 3e classe; à 1 200 ou 1 300 francs par voiture de 1re classe, suivant le nombre des compartiments.

Les frais d'exploitation sont peu élevés. Les dépenses d'entretien des appareils paraissent se rapprocher de celles relatives aux freins continus, sans que nous puissions, toutefois, donner à cet égard des renseignements bien précis.

La dépense de combustible est réduite au minimum, d'abord parce qu'on chauffe seulement quand cela est utile, et dans la mesure où cela est utile, ensuite parce qu'on consomme du charbon ordinaire de locomotives, généralement des menus, à l'exclusion des charbons spéciaux nécessaires à certains systèmes de chauffage. Elle ne dépasse pas 0 fr. 03 à 0 fr. 04 par voiture chauffée et par heure de marche.

Les dépenses de main-d'œuvre sont aussi très réduites. Les manœuvres d'accouplement ordinaires sont faites sans difficulté par les accrocheurs. Il ne faut un personnel spécial que pour surveiller la mise en pression des conduites et des appareils au moment du départ des trains, pour désaccoupler les rotules des voitures qui doivent être garées pendant la nuit et refaire les accouplements le lendemain matin. Dans la plupart des cas, le personnel actuel suffit pour assurer ce service. Nous avons dû cependant ajouter quelques hommes sur les points les plus chargés, et dans certaines localités d'où partent des trains et où nous n'avons pas de personnel. Il n'y a, en tous cas, aucune comparaison à faire sous ce rapport avec le service des autres appareils.

Quoi qu'il en soit, les avantages de ce système ont paru suffisants à la Compagnie de l'Est pour qu'elle n'ait pas hésité à en développer déjà largement l'emploi, et il est probable que d'autres extensions très importantes seront encore décidées. La Compagnie espère ainsi réaliser de sérieuses économies, tout en augmentant le bien-être des voyageurs et en supprimant la gêne que l'emploi des bouillottes leur impose.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ANNEXE

Depuis la date de cette conférence, la Compagnie de l'Est a donné un développement considérable au chauffage des trains par la vapeur et l'air comprimés combinés : 229 machines et 562 véhicules sont actuellement munis des appareils nécessaires.

Ce chauffage a été mis successivement en service sur la plupart des trains de la banlieue de Paris, sur tous les trains légers formé de matériel à intercirculation, enfin, sur un train express de la ligne des Ardennes, entre Paris, Charleville et Longwy, et *vice versa*. Le nombre des trains ainsi chauffés dépasse 200, et leur parcours journalier atteint 10 000 kilomètres.

La disposition générale des appareils n'a pas varié. Divers types de purgeurs automatiques, dont le fonctionnement est toujours basé d'ailleurs sur la dilatation des liquides, ont été essayés. Certains paraissent donner de très bons résultats, et nous espérons, en continuant ces essais, arriver à supprimer en grande partie les dégagements de vapeur qui se produisent à la mise en charge.

Les boyaux d'accouplement en caoutchouc donnent toujours lieu à un certain nombre d'incidents. Une sérieuse amélioration a été obtenue, mais le problème n'est pas encore complètement résolu. Nous poursuivons simultanément les études sur les accouplements en caoutchouc et sur les accouplements métalliques.

ARTS CHIMIQUES

EXTINCTION ET SILOTAGE DES CHAUX ET CIMENTS, *par* H. LE CHATELIER, *Membre du Conseil.*

La chaux vive, c'est-à-dire la chaux non combinée aux acides et anhydre, mise au contact de l'eau s'y combine directement pour former un hydrate :

$$CaO + HO = CaO, HO$$

Cette réaction chimique est accompagnée d'un phénomène connu sous le nom d'*extinction*, qui joue dans l'industrie des produits hydrauliques un rôle d'une importance capitale. Cette extinction consiste dans la désagrégation de la chaux, qui se transforme en une matière pulvérulente constituée par l'hydrate CaO HO. Si la quantité d'eau employée suffit juste à l'hydratation, la poussière obtenue est sèche, et présente l'aspect de la farine ; si l'eau, au contraire, est en excès, on obtient

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

une pâte plus ou moins liquide suivant la quantité d'eau employée. Mais le fait capital de cette extinction est que, lorsqu'elle se produit dans une capacité close ou à peu près, elle occasionne le développement de pressions énormes qui s'exercent contre les parois de cette capacité. Le mécanisme du développement de ces pressions est absolument inconnu; il ne provient pas, comme on pourrait le croire, d'une augmentation de volume résultant de la réaction chimique, car, bien au contraire, le volume de l'hydrate de chaux formé est inférieur à la somme des volumes, de la chaux et de l'eau combinée, d'une quantité égale au tiers environ du volume de cette eau. Le foisonnement qui accompagne l'extinction de la chaux résulte uniquement de l'accroissement du volume apparent de la matière, dont les grains s'écartent en laissant entre eux des vides. Quoi qu'il en soit, le développement de pressions considérables ne saurait faire de doute; il est démontré par la rupture des vases dans lesquels on éteint de la chaux, quand ils ont été même très incomplètement remplis de chaux vive, ou encore par un fait bien connu : la rupture des briques qui renferment après la cuisson de petits morceaux de chaux vive provenant de fragments de calcaire laissés dans la pâte.

L'action désagrégeante produite ainsi dans l'extinction de la chaux intervient de deux façons bien différentes dans l'industrie des produits hydrauliques. Elle joue un rôle éminemment utile dans la fabrication des chaux hydrauliques, où elle permet la pulvérisation de la chaux cuite sans dépense de force motrice et partant d'une façon très économique. Elle joue, par contre, un rôle désastreux dans les cas trop fréquents de produits hydrauliques mal fabriqués, qui renferment encore de la chaux vive au moment de l'emploi. L'extinction de cette chaux, quand elle ne s'effectue que postérieurement à la prise du mortier, amène la désagrégation complète, ou, tout au moins, si elle est en minime proportion, développe des tensions internes qui prédisposent le mortier à céder sous l'action de la gelée, de l'eau de mer, et, en général, de tous les agents de destruction.

Ce sont là des faits bien connus de tous les fabricants de chaux et ciments, et l'on pourrait croire que cette question de l'extinction de la chaux est depuis longtemps épuisée, que les intéressés n'ont plus rien à apprendre sur ce sujet. En fait, aucune opinion n'est moins justifiée; aujourd'hui encore, les chaux bien éteintes sont tout à fait l'exception, et, trop souvent, les produits hydrauliques livrés au commerce : chaux ou ciment, renferment de la chaux vive qui occasionne dans les travaux des mécomptes regrettables. C'est qu'ici, comme dans toute industrie, l'empirisme ne peut jamais donner une sécurité complète et remplacer l'étude méthodique, des phénomènes mis en œuvre.

Dans cette note, on passera successivement en revue les diverses circonstances qui influent sur le phénomène d'extinction;

Les procédés pratiques employés dans l'industrie pour éteindre la chaux vive : *l'extinction proprement dite* et *le silotage* ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Enfin les moyens par lesquels on peut s'assurer que la chaux vive est totalement éteinte ou *essais à l'eau chaude*.

ÉTUDE SCIENTIFIQUE DE L'EXTINCTION

Étude du phénomène d'extinction. — L'intensité de l'action désagrégeante du phénomène d'extinction et la rapidité de sa production varient avec diverses circonstances que les expériences de laboratoire permettent de définir avec précision. D'une manière générale, on peut admettre que l'intensité de l'action désagrégeante croît avec la rapidité de son développement; c'est d'ailleurs cette dernière qui a été étudiée jusqu'ici avec le plus de soin, et, pour ce motif, ce sera la seule dont il sera question dans cette étude préliminaire. C'est elle aussi qui est la plus importante à considérer pour les applications pratiques qui font l'objet essentiel de cette note.

La chaux très poreuse, obtenue par la calcination rapide du carbonate de chaux, à une température juste suffisante pour sa décomposition, c'est-à-dire, au voisinage de 900°, s'éteint instantanément au contact de l'eau. Au contraire, la chaux compacte, obtenue par la décomposition d'un sel fusible comme l'azotate, demande, pour son extinction, de 24 à 48 heures. En général, la durée d'extinction est comprise entre ces deux limites extrêmes, d'autant plus longue que la compacité est plus grande. Cette compacité, d'ailleurs, croît avec la température et la durée de la cuisson, et surtout avec la présence de matières fusibles au contact de la chaux, silicates, aluminates ou autres.

La magnésie anhydre se comporte comme la chaux, avec cette seule différence que l'intensité et la rapidité du phénomène d'extinction est beaucoup moindre. La magnésie faiblement calcinée s'hydrate complètement en quelques jours au plus; quand elle est fortement calcinée, au contraire, son extinction demande, à la température ordinaire, des mois, peut-être même des années pour s'achever complètement. Les mélanges de chaux et magnésie obtenus par la calcination des calcaires magnésiens se comportent d'une façon intermédiaire entre celle de la chaux et celle de la magnésie.

L'élévation de la température accélère considérablement la rapidité de l'extinction et l'intensité de son action désagrégeante; à 100°, les chaux les plus compactes sont complètement éteintes au bout de trois heures, et la magnésie, même fortement calcinée, au bout de 6 heures. L'action désagrégeante est accrue dans la même proportion. Ce sont là des faits d'une importance capitale pour les usages pratiques; c'est sur leur mise en œuvre que repose en premier lieu l'extinction des chaux hydrauliques et en second lieu les méthodes d'essais à chaud, qui permettent de déceler dans les produits hydrauliques l'existence de la chaux vive.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La présence de certains sels en dissolution dans l'eau a également, comme le montre M. Candlot, une influence considérable sur l'extinction. Une proportion de chlorure de calcium d'environ 2 p. 100 dans l'eau d'extinction suffit pour amener, à la température ordinaire, une extinction aussi rapide que celle qui se produit dans l'eau pure à 100°. Par contre, l'intensité des actions désagrégeantes semble être beaucoup moindre que dans l'eau chaude. Il ne semble pas que la présence du chlorure de calcium accélère l'extinction de la magnésie. Par contre, le chlorure de magnésium joue vis-à-vis de la chaux le même rôle que le chlorure de calcium, parce qu'au contact de la chaux il se transforme immédiatement en ce dernier sel. Ce fait donne l'explication de certaines particularités qui se présentent dans le gâchage à l'eau de mer de quelques produits hydrauliques de qualité médiocre. L'extinction de la chaux libre se faisant alors antérieurement à la prise, on obtient des résultats moins mauvais que ceux produits par le gâchage à l'eau douce.

Extinction des chaux hydrauliques. — Les chaux hydrauliques sont obtenues par la cuisson de calcaire siliceux, qui se transforme, sous l'action de la chaleur, en un mélange de silicate de chaux, qui est l'élément hydraulique proprement dit, et de chaux vive qui, par son extinction, servira à la pulvérisation de la matière. La chaux éteinte ainsi obtenue est un élément inerte, qui ne contribue pas au durcissement; il y a donc intérêt à en réduire la proportion au minimum strictement suffisant pour assurer la pulvérisation. La quantité de chaux vive subsistant ainsi après cuisson dépend de la proportion de silice contenue dans le calcaire et de l'intensité de la cuisson, éléments dont on dispose par le choix de la pierre à chaux et la quantité de combustible employé. Pour pouvoir réduire la proportion de chaux libre au minimum, il faut évidemment se placer dans les conditions où l'extinction produit l'action désagrégeante maxima; c'est-à-dire, qu'il faut l'effectuer à la température la plus élevée possible. En pratique, la température des tas de chaux en extinction peut atteindre 200°; cette élévation de température est obtenue par le seul dégagement de chaleur résultant de l'hydratation de la chaux. Mais il faut prendre toutes les précautions nécessaires pour éviter les déperditions de chaleur extérieures; avoir des tas de chaux d'une grande épaisseur et d'une certaine largeur, et surtout avoir une production considérable, de telle sorte que le front du tas s'avance rapidement, de façon à ce qu'au moment du dégagement maximum de chaleur la chaux soit déjà enfouie assez profondément. Dans ces conditions, on arrive à éteindre complètement des chaux qui, mouillées en fragments isolés et à froid, commencent à peine à se fendiller, et finissent, au bout d'un certain temps, par se réagglomérer complètement par l'hydratation du silicate.

Quand on veut, en petit, pour des essais de laboratoire, éteindre une chaux hydraulique, il faut l'étendre à la vapeur en la plaçant dans un vase flottant sur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

un bain-marie chauffé à l'ébullition, ou, mieux encore, sur une solution saturée bouillante de chlorure de calcium dont le point d'ébullition est à 150°.

Dans l'industrie, l'extinction des chaux hydrauliques comprend quatre phases distinctes :

1° La chaux en pierre est imbibée d'eau en l'arrosant après l'avoir étendue en couche mince sur le sol devant le tas. L'eau est absorbée par la pierre poreuse en raison du phénomène physique de la capillarité, et il ne se produit au début ni réaction chimique, ni extinction, sauf pour les pierres insuffisamment cuites, ou insuffisamment siliceuses. La quantité d'eau à employer doit être environ une fois et demie la quantité qui doit rester en combinaison, soit 15 à 20 p. 100 du poids de la chaux, suivant sa nature. Cet excès est nécessaire en raison des pertes par évaporation qu'amène l'échauffement de la masse. Il n'en faut pas un trop grand excès parce que le silicate de chaux, en fixant une partie de cette eau en excès, perd la propriété de durcir, et que, d'autre part, son évaporation, en amenant un trop grand refroidissement, s'oppose à l'extinction complète de la chaux. Les chaux noyées sont, en même temps, insuffisamment éteintes, ce dont on ne se méfie généralement pas; elles sont, pour ce motif, doublement dangereuses à employer.

2° La chaux, aussitôt mouillée, est relevée à la pelle sur le front du tas, qui doit être encore chaud de façon à élever la température de la nouvelle couche ajoutée; sous l'influence de cette élévation de température, l'hydratation de la chaux vive se produit en commençant l'extinction et dégageant ainsi une nouvelle quantité de chaleur. Mais cette phase de l'opération ne peut pas amener l'extinction complète parce que la chaleur dégagée par les premières parties d'eau combinée provoque aussitôt une élévation de la température suffisante pour provoquer la vaporisation, et, par suite, l'expulsion de l'eau non encore combinée. Une partie de cette eau se répand dans l'atmosphère, où elle est définitivement perdue; l'autre va pénétrer dans les parties moins chaudes du tas, où elle contribue à l'achèvement de l'extinction. Pour obtenir un avancement assez rapide du front du tas, de façon à lui garder une température assez élevée, il faut que sa largeur soit proportionnée à la production de l'usine; il ne faut, dans aucun cas, que la largeur soit assez réduite pour que le refroidissement par les parois latérales abaisse trop la température moyenne de la masse. La largeur du tas, dans les usines bien organisées, ne descend pas au-dessous de trois mètres. On ne peut donc pas fabriquer dans de bonnes conditions la chaux hydraulique en opérant trop en petit.

3° La chaux, après la première période d'extinction rapide, renferme encore un excès de chaux libre, mais plus d'eau disponible pour compléter l'extinction. Cette eau indispensable sera fournie à l'état de vapeur par les nouvelles quantités de matières ajoutées sur le tas; mais l'extinction est encore très incomplète

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

si l'on a affaire à une chaux suffisamment siliceuse et bien cuite ; il reste des parcelles de chaux vive plus ou moins complètement emprisonnées par le silicate en excès. En même temps, la température de la matière s'étant abaissée, une certaine quantité d'eau pourra se fixer sur les silicates. Cette hydratation partielle du silicate dans la troisième phase de l'extinction de la chaux peut être démontrée par l'expérience suivante. On met au fond d'un petit tube à essai en verre quelques grammes de cette chaux partiellement éteinte, et on la chauffe brusquement à 150°, en plongeant dans un bain de chlorure de calcium bouillant la partie inférieure du tube qui renferme la chaux. On voit au bout de quelques instants de la vapeur d'eau venir se condenser vers le haut du tube dans les parties froides ; or, à cette température, l'hydrate de chaux est absolument indécomposable, les hydrates du silicate et des aluminates de chaux peuvent seul abandonner leur eau. L'existence de ces hydrates était importante à établir, parce qu'elle joue un rôle important dans l'achèvement de l'extinction de la chaux vive.

4° Dans la quatrième période, la chaux éloignée du front du tas ne peut plus recevoir de vapeur des matières nouvelles qui commencent à s'éteindre ; elle ne peut d'ailleurs pas davantage en recevoir de l'atmosphère, car la vapeur d'eau ne saurait pénétrer au fond de ces tas épais de matières pulvérulentes qui sont très peu perméables, et cependant l'extinction de la chaux vive continue progressivement. La preuve en est que si on prend dans un tas semblable provenant d'une chaux bien cuite les parties éteintes depuis quarante-huit heures, et que l'on en fasse du mortier, celui-ci, après avoir fait prise, finira à la longue par se fendre et se désagréger. Si, au contraire, on prend dans le même tas de la chaux éteinte depuis quinze jours, le mortier sera excellent, l'extinction de la chaux vive sera devenue complète. On peut d'ailleurs démontrer que cette extinction peut se faire indépendamment de toute intervention de vapeur d'eau étrangère à la masse. Il suffit de prendre la chaux de quarante-huit heures, de l'enfermer dans un flacon bouché à l'émeri, et de l'y abandonner pendant quelques mois. En s'en servant alors on constate, qu'elle ne gonfle plus et il est bien certain que, dans ces conditions, elle n'a pas emprunté de vapeur d'eau à l'extérieur. L'extinction de la chaux vive se produit dans ces conditions exclusivement aux dépens de l'eau fixée sur les silicate et aluminate de chaux, qui abandonnent peu à peu leur eau pour la céder à un corps qui en est plus avide que lui. Le mécanisme de cette opération est d'ailleurs très simple. On sait que la formation et la décomposition des hydrates est, à chaque température, limitée par une certaine tension déterminée de vapeur d'eau. Pour l'hydrate de chaux, cette tension limite de dissociation d'efflorescence est de une atmosphère à 450° ; elle atteint la même valeur pour le silicate de chaux vers 150°. Elle décroît d'ailleurs avec la température suivant une loi identique à celle que suit la tension de vapeur de l'eau pure. Il en résulte que, pour l'hydrate de chaux à la température ordinaire, cette tension

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

doit être égale à une fraction inappréciable d'un millimètre de mercure, tandis que pour le silicate de chaux elle atteint plusieurs millimètres de mercure. A 100°, elle n'est pas encore d'un millimètre pour le premier de ces corps, elle est de plusieurs centimètres de mercure pour le second. Il en résulte que, dans une masse pulvérulente renfermant du silicate de chaux hydraté, l'atmosphère confinée dans les vides renfermera de la vapeur d'eau à une tension égale à celle de dissociation de cet hydrate. Cette vapeur hydratera progressivement la chaux vive restante, et, au fur et à mesure de son absorption, sera remplacée par une nouvelle quantité abandonnée par le silicate, dont la décomposition ne s'arrête qu'après le rétablissement de sa tension propre d'efflorescence. Cet échange progressif de l'eau entre le silicate et la chaux vive se fera d'ailleurs d'autant plus rapidement que la température sera plus élevée, d'une part parce que la vitesse de toutes les réactions chimiques croît rapidement avec la température, d'autre part parce que la tension d'efflorescence du silicate croît rapidement avec la température. Des expériences faites en petit au laboratoire indiqueraient que l'achèvement de l'extinction des chaux dans ces conditions, demanderait, à la température ordinaire, quelques mois et, à 100°, une dizaine de jours au plus. L'expérience des usines montre que l'extinction des chaux de bonne qualité doit durer plus de huit jours, et, qu'en laissant la chaux au tas pendant quinze jours, on est dans de très bonnes conditions.

Cette prolongation indispensable de l'extinction est négligée dans un trop grand nombre d'usines; c'est la raison principale sinon exclusive de la qualité inférieure de la plupart des chaux hydrauliques. Dans toute usine où l'on voit, comme cela arrive fréquemment, l'extinction arrêtée au bout de quarante-huit heures, on peut être assuré que les produits fabriqués laissent à désirer. Il n'y a, en effet, que deux alternatives. Si la chaux est bonne comme composition chimique et comme cuisson, son extinction est alors certainement incomplète, et elle gonflera à l'emploi. Si, au contraire, l'extinction est réellement complète au bout de quarante-huit heures, c'est que la chaux a été trop peu cuite ou est trop peu siliceuse ; elle sera insuffisamment hydraulique, et ne pourra pas atteindre un durcissement égal à celui des bonnes chaux hydrauliques. L'amélioration de l'extinction entraînerait un grand progrès dans la fabrication des chaux hydrauliques sans exiger une élévation importante du prix de revient.

Silotage des ciments. — Les ciments, après leur cuisson, ne devraient pas du tout renfermer de chaux libre ; en fait, ils en renferment presque toujours de petites quantités en raison de l'imperfection inévitable des mélanges employés dans la fabrication des ciments artificiels, ou de l'irrégularité de la composition des bancs calcaires employés dans la fabrication des ciments naturels. C'est pour ce motif que les ciments employés trop frais donnent souvent des mécomptes à l'emploi, qui disparaissent quand on laisse le ciment quelques mois en magasin

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

avant de l'employer. Cette présence de chaux libre est absolument normale dans les ciments de grappiers, obtenus par le broyage du résidu de l'extinction des chaux hydrauliques. Le procédé employé pour remédier à ce défaut est le silotage, qui consiste à mettre les ciments moulus en magasin dans des cases plus ou moins profondes, et à l'y abandonner à lui-même. On admet généralement que la chaux libre du ciment s'éteint aux dépens de l'humidité contenue dans l'air. Cette explication est tout à fait inadmissible, parce que la vapeur d'eau ne pénétrerait que trop lentement au sein de la masse pulvérulente, et même ne pénétrerait pas du tout parce qu'elle est absorbée totalement par la couche superficielle du tas de ciment. Le mécanisme du silotage est exactement le même que celui de la quatrième phase de l'extinction des chaux hydrauliques. La preuve en est : que l'effet du silotage est le même dans un flacon en verre bouché à l'émeri et dans les grandes cases ouvertes de l'industrie, quand on y laisse le ciment en place sans le remuer. Seulement, le temps nécessaire pour achever l'extinction de la chaux libre des ciments est beaucoup plus long que pour les chaux hydrauliques, parce que les ciments sont complètement froids quand ils sont mis en silos; pour la même raison, l'extinction est beaucoup plus longue en hiver qu'en été.

De cette explication théorique du silotage, résulte une conséquence pratique importante; c'est que l'effet utile de cette opération est absolument subordonnée à l'introduction préalable, dans les ciments, d'une quantité d'eau proportionnée à la quantité de chaux à éteindre. C'est là un fait qui, une fois admis dans les usines, permettra de tirer régulièrement du silotage tout l'effet utile qu'il comporte. Dans l'état actuel, l'eau qui intervient dans cette opération est empruntée à des origines très diverses et souvent insuffisantes.

Dans la fabrication du ciment portland, l'eau est empruntée, pendant le refroidissement dans le four, à l'air qui traverse la masse pour aller achever la cuisson dans la partie supérieure du four. Cette eau est absorbée exclusivement par les incuits, dont la porosité augmente les surfaces de contact avec l'air. Quand on broie le ciment tout venant, on a ainsi, dans le ciment, l'eau nécessaire pour le silotage. Dans le cas où l'on trierait à part les roches bien cuites pour produire un ciment de première qualité, on ne trouverait plus dans ces roches, à la sortie du four, les quantités d'eau nécessaires; la pratique des usines a montré que, dans ce cas, il y avait intérêt à abandonner ces roches, avant le broyage, pendant un certain temps à l'air, même à la pluie, ou mieux à les arroser de façon à les hydrater superficiellement.

Dans la fabrication du ciment de grappier obtenu en broyant les résidus de l'extinction des chaux hydrauliques, l'eau provient de l'extinction de la chaux, seulement le mode de fabrication employé a pour effet de séparer rapidement les parties hydratées de celles qui ne le sont pas. L'on fait en effet une série de broyages successifs, qui ont pour effet d'enlever dès le débuts les parties les plus

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tendres, c'est-à-dire les parties hydratées. La presque totalité de celles-ci part dans le broyage léger pour chaux lourde, et la petite partie qui reste, part dans le broyage pour grappier de ciment proprement dit, de telle sorte qu'il n'y en a plus du tout dans la sablette. Pour arriver, dans ces conditions, à trouver l'eau nécessaire au silotage de cette dernière, il faut remuer fréquemment le tas de ciment pour ramener à l'intérieur la couche superficielle qui s'est hydratée à l'air. Il en résulte que cette opération se prolonge des mois entiers, et ne se fait que d'une façon très irrégulière. Il y aurait grand intérêt à introduire au moment du broyage l'eau indispensable à l'extinction, par une addition de chaux lourde ou de briquettes de ciment déjà hydraté, ou de toute autre façon.

Si l'on se reporte à ce qui a été dit plus haut de l'influence de l'élévation de la température sur l'extinction de la chaux, on est conduit à penser que l'on réaliserait un grand progrès dans le silotage des ciments en l'effectuant à chaud, ce qui pourrait être réalisé facilement au moyen de tuyaux de vapeur logés dans les parois et le sol des cases à ciment. En maintenant une température voisine de 100°, on arriverait certainement à terminer en moins de quinze jours l'extinction des produits les plus riches en chaux vive, tels que les ciments de grappiers. Ce procédé de silotage permettrait sans doute de réaliser la fabrication, tentée jusqu'ici sans succès, de ciment naturel, en employant des calcaires non alumineux. L'absence de fusibilité résultant de l'absence d'alumine a le grand avantage de permettre facilement la cuisson de ces ciments au four coulant ; son inconvénient, par contre, est de rendre impossible la combinaison intégrale de la chaux avec le silice ; le produit obtenu est, à ce point de vue, analogue au ciment de grappiers. Des expériences industrielles faites avec des calcaires semblables ont donné un ciment qui, neuf fois sur dix, présentait à l'usage un gonflement énorme, le rendant impropre à tout emploi ; mais quelques échantillons qui, accidentellement, ne renfermaient pas de chaux libre, ont donné des résistances supérieures à celles qu'atteignent les meilleurs ciments portland. On peut supposer, qu'avec un silotage méthodiquement conduit et surtout effectué à chaud, tous les inconvénients résultant de la présence de la chaux libre auraient pu être évités. En tout cas, ces ciments, qui gonflaient énormément au moment de leur fabrication, ne gonflent plus du tout aujourd'hui après quelques années de conservation dans des flacons bouchés à l'émeri. Il y a là une fabrication nouvelle, dont l'essai mériterait d'être repris.

Essais à chaud. — Pour réaliser méthodiquement dans les usines l'extinction de la chaux libre, il est indispensable d'avoir à sa disposition un moyen certain de reconnaître dans les produits fabriqués la présence ou l'absence de chaux libre. L'essai de gonflement à chaud permet d'obtenir ce résultat d'une façon simple et certaine. Cet essai utilise, pour caractériser la chaux libre, le gonflement rapide et considérable que produit son extinction effectuée à la température de 100°.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour faire cet essai, on gâche en pâte ferme la chaux ou le ciment étudié, et on laisse la prise complète s'achever soit sous l'eau, soit simplement, si le moule est ouvert dans le bas, en en faisant tremper le pied dans l'eau, de façon à éviter la dessiccation de la briquette, qui pourrait faire croire à une prise anticipée. Une fois la prise achevée, et au plus tard dans les vingt-quatre heures qui suivent, on immerge la briquette dans un vase plein d'eau, que l'on porte à l'ébullition, et on maintient pendant quatre heures l'ébullition; après refroidissement, on n'observe aucun gonflement si le produit est exempt de chaux libre.

Pour constater la fin de la prise, on peut employer indifféremment soit la pression énergique du pouce, soit l'action de l'aiguille Vicat : aiguille d'acier à

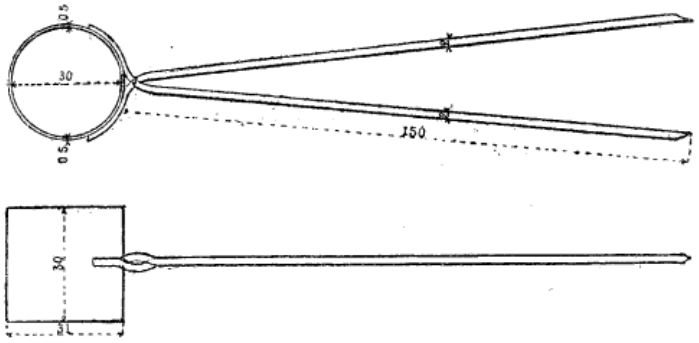


Fig. 1.

section plane de 1 millim. de diamètre, chargée d'un poids de 300 grammes. La prise est terminée quand la surface de la pâte n'éprouve aucune déformation permanente sous l'influence des actions ci-dessus indiquées.

Pour constater le gonflement de la pâte après chauffage, on peut, à défaut d'autre moyen, se contenter d'observer les fissures qui accompagnent en général le gonflement. Mais il est bien préférable de mesurer directement ce gonflement, attendu que la production des fentes est considérablement influencée par la finesse de mouture; pour les produits très fins, les fissures ne commencent à se manifester qu'à partir d'un gonflement déjà énorme. Pour les mesures précises du gonflement, on peut, avec avantage, employer le procédé de mesure suivant, qui n'exige du reste qu'un matériel très simple et peu coûteux.

La pâte normale de ciment pur est enfermée (fig. 1) dans des moules cylindriques de 30 millimètres de diamètre et 30 millimètres de hauteur, faits avec un métal de $0^{mm},5$ d'épaisseur et fendus suivant une génératrice. L'ouverture du moule suivant cette génératrice donnera la mesure du gonflement : pour amplifier cette ouverture, deux aiguilles de 150 millimètres sont soudées de part et d'autre de la fente. Grâce à cette disposition, le déplacement relatif des pointes des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

deux aiguilles semble se rapprocher du gonflement linéaire qu'éprouverait un bloc de ciment ayant $0^m,60$ de dimension; cette relation résulterait de quelques mesures de comparaison directe.

Le même mode d'essai peut être employé par les consommateurs de chaux et ciments pour s'assurer, qu'au moment de la livraison, ces produits ne renferment pas de chaux libre. Mais tous les fabricants de chaux et ciments sont unanimes pour protester contre l'introduction de cet essai au nombre des essais normaux de réception. Ils prétendent, qu'en raison de sa sensibilité extrême, cet essai permet de reconnaître des quantités de chaux libre trop minimes pour être réellement nuisibles dans les travaux. C'est là un point qui mérite discussion; il y aurait, en tout cas, grand intérêt à ce que cet essai, sans être dès à présent classé au nombre des essais de réception, soit cependant effectué sur tous les grands chantiers. En comparant au bout de quelques années la façon dont se seraient comportés les mortiers employés dans les travaux avec les résultats de cet essai à chaud, on saurait si réellement ses indications sont trop sévères, ce qui semble tout au moins douteux.

PROCÈS-VERBAUX

Séance du 11 janvier 1895.

Présidence de *M. Mascart*, Président.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

M. Collignon, secrétaire, fait le dépouillement de la correspondance en son nom et en celui de *M. Aimé Girard* retenu par une indisposition.

M. Brull transmet les remerciements de *M^me^ V^ve^ Lemonnier* au sujet de la notice nécrologique sur son mari, publiée dans le *Bulletin* d'octobre 1894.

M. Lelong, Clarkenwell Road; Londres. — *Appareil à produire de la force motrice par l'immersion d'un flotteur dans l'eau.* (Arts mécaniques.)

La Société française des munitions de chasse, de tir et de guerre, 30, rue Notre-Dame-des-Victoires, envoie une liste de contremaîtres et ouvriers pour lesquels elle demande des médailles.

La Manufacture de glaces et de produits chimiques de Saint-Gobain présente un candidat pour le prix Forcade.

M. Boramé, ingénieur civil, 102, boulevard Voltaire, présente un *système de joint amovible en caoutchouc pour tuyaux à bouts unis.* (Arts mécaniques.)

M. L. Fontenay, 17, rue Pétion, demande la continuation du secours qui lui a été accordé jusqu'ici par la Société. (Arts mécaniques.)

M. P. Paut, à Jutgelly (Algérie). — *Métier à tisser le ruban.* (Arts mécaniques.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La maison *Dunod et Vicq*, éditeurs, demande l'échange du *Bulletin* avec une nouvelle publication intitulée : *Le Praticien*. (Commission du Bulletin.)

M. S. Guerrier, professeur à l'École pratique d'agriculture de Granges (Creuse). — *Économie rurale et agriculture de la Manche*. (Agriculture.)

M. L. Faasse, attaché au ministère de l'Agriculture. — *La Corse en* 1892-1893, *étude d'Économie rurale*. (Agriculture.)

M. Allard, professeur départemental d'agriculture de la Haute-Saône. — *Différents mémoires pour le concours du prix d'agriculture*. (Agriculture.)

M. Martin, professeur départemental de la Corrèze, Tulle. — *Étude sur l'Agriculture et l'Économie rurale de la Corrèze*. (Agriculture.)

MM. A. Limousin et C. Pages, 7, rue Lakanal. — *Considération sur l'agriculture et la production du bétail dans le Limousin*. (Agriculture.)

Correspondance imprimée. — *M. le secrétaire* signale, dans la correspondance imprimée, l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* pour 1895. Imprimerie *Gauthier-Villars*. Cet annuaire renferme, outre ses données habituelles, des notices de *MM. Bouquet de la Grye* « Sur les ondes atmosphériques lunaires » ; *Tisserand* « Sur le Congrès géodésique d'Inspruck » ; *Janssen* « Sur l'Observatoire du Mont-Blanc et la photométrie photographique » ; *Poincaré* « Sur les positions d'unification des jours astronomiques. »

Jacquet. — *Fabrication des eaux-de-vie*, 1 vol. de la collection *Leauté*.

F. Chevalet, ingénieur-chimiste à Troyes. — *Application du réchauffeur détartreur d'eau aux machines à condensation*.

*MM. Teste, Pichat, Moret et C^ie^*, constructeurs à Lyon. — *Porteurs aériens par câbles*.

MM. Guignet, Dommer et Grandmougin. — *Blanchiment et apprêt des tissus*. 1 vol. 660 pages de l'Encyclopédie Industrielle de *M. Lechalas* (Imprimerie Gauthier-Villars). (Arts chimiques.)

Association pour prévenir les accidents de fabrique, 8, rue de la Bourse, Mulhouse. 1 vol. grand in-4° avec atlas de 37 planches, en français, anglais et allemand. (Arts mécaniques.)

Les plantes utiles à l'industrie, par *MM. Greshoff* et *Boerlage* (Amsterdam). Très belle publication en hollandais, avec planches in-4°.

Bulletin du ministère de l'Agriculture, 13^e^ année, n° 7.

Bulletin de la Société industrielle de Rouen, 21^e^ année.

M. Simon offre à la Bibliothèque de la Société : 1° la collection des *cinq premières années de la Revue de la Chapellerie ;* 2° la collection des *cinq premières années du Journal des Papetiers*.

M. le Président adresse les remerciements de la Société aux donateurs de ces publications, qui seront déposées *à la Bibliothèque*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. le Président annonce le décès de *M. O. P. Rosel*, membre de la Société.

Déclaration de vacances. — *M. Collignon* déclare, au nom du *Comité des Arts mécaniques*, une vacance pour le remplacement de *M. Gustave Richard*, nommé membre honoraire.

M. Le Chatelier, déclare, au nom du *Comité des Arts chimiques*, une vacance pour le remplacement de *M. Roussin*, décédé.

Nomination de membres de la société. — Sont nommés membres de la Société :

M. Paul Schneider, 32, rue de la Ville-l'Évêque, président des Compagnies des mines de Douchy et de Courrières, présenté par *MM. Haton de la Goupillière* et *G. Richard*.

M. Morel, minotier au château de la Valentine, près Marseille, présenté par *M. Aimé-Girard*.

Allocution de M. le Président. — *M. Mascart*, président, prononce l'allocution suivante :

Mes chers collègues,

La liste des fondateurs de la *Société d'Encouragement* et la suite de ses présidents comptent les plus grandes illustrations de la science, de l'industrie ou des hautes fonctions de l'État; il est périlleux de leur succéder. Un simple coup d'œil sur les murs de cette salle suffirait pour rappeler les plus ambitieux à la modestie, et cette pensée m'empêche de traduire comme je les éprouve mes sentiments de profonde reconnaissance pour l'honneur que vous m'avez fait en m'appelant à diriger vos travaux.

Les circonstances n'étaient pas habituelles, et je me hâte de confesser que j'en étais la cause principale. Des craintes et des doutes légitimes se sont manifestés : j'ai confiance que l'avenir ne tardera pas à les dissiper.

Ce qui me cause une véritable inquiétude, c'est de savoir s'il nous sera possible de répondre à des espérances peut-être exagérées, et de contribuer autant qu'il serait désirable au progrès et au développement de notre Société.

Elle a un passé glorieux et a rendu des services éclatants, mais elle ne peut plus répondre complètement à son vaste programme. L'activité humaine s'est tellement multipliée que l'encyclopédie industrielle est encore plus irréalisable que l'encyclopédie scientifique. Chacun se cantonne fatalement dans les questions qui touchent de plus près à ses travaux personnels, sauf à jeter un regard distrait sur les autres régions, et un grand nombre de sociétés spéciales ont absorbé différentes parties de notre domaine.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

A coup sûr, je ne veux pas en conclure que le rôle de la *Société d'Encouragement* soit terminé : les travaux de la Commission du filetage suffiraient pour démontrer son influence et son autorité dans l'industrie. Il faut bien reconnaître cependant qu'une transformation de nos habitudes est nécessaire, afin de tirer le plus grand profit des compétences et des lumières que renferme le Conseil d'administration.

Les sociétés spéciales ont leurs missions particulières : la nôtre est d'un caractère plus général, qu'il importe de dégager, pour répondre sous une autre forme, mais dans le même esprit, aux intentions de ses fondateurs.

C'est la tâche que nous essaierons d'entreprendre ; j'y mettrai tout mon zèle : je vous demanderai, en retour, de nous faire crédit de votre concours et de votre entière bonne volonté.

Il me reste un devoir particulièrement agréable à remplir : c'est de remercier en votre nom et au mien le président sortant, qui a rempli ses fonctions avec un dévouement absolu, une bonne grâce parfaite et une bienveillance qui n'excluait pas la fermeté. C'est une fortune enviable que de descendre de ce fauteuil après avoir conquis la sympathie et l'affection de tous ses collègues, en emportant l'unanimité des regrets. Je voudrais que l'exemple de M. Tisserand pût devenir une tradition.

Communications. — M. R. Lezé, *professeur à l'École de Grignon*, annonce à la Société l'établissement, par MM. Genvrain frères, d'une grande usine de lait condensé dans les environs de Paris. Il décrit sommairement les différents procédés de conservation du lait, et en arrive à conclure que la concentration ou, selon le terme adopté, la *condensation*, est un des plus sûrs moyens à employer pour conserver ce précieux aliment.

Mais cette concentration, si simple en principe, exige en pratique un gros matériel et des appareils coûteux. M. Lezé décrit les principales opérations de cette industrie, et donne la composition moyenne des produits obtenus.

Il résulte de cette communication que MM. Genvrain frères ont profité de tous les nouveaux perfectionnements, et ont construit, avec l'aide des conseils de M. Lezé, une usine modèle.

Ils ont longuement étudié les débouchés des produits; ils fabriquent déjà, et tout fait présager un heureux succès à leur entreprise, aussi intéressante pour notre agriculture qui fournit la matière première que pour notre commerce général.

M. Maumené communique le résumé de ses *recherches sur un procédé général d'épuration d'un grand nombre de matières organiques, notamment des sucres, des alcools, des eaux potables*, etc.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les sucres de betterave ou de canne, à leur sortie des fabriques, à demi raffinés comme les n° 3, conservent une proportion de mélasse faible mais suffisante pour les caractériser; elle leur donne une odeur et une saveur, un *mauvais goût* qui les rend inacceptables pour le consommateur quand il s'agit des sucres de betterave, moins désagréables et même parfois recherchés quand ils proviennent de la canne.

Depuis longtemps, depuis près d'un siècle, on cherchait un moyen simple et peu coûteux d'épurer les sucres de betterave : les plus habiles tentatives restaient sans succès. On ne pouvait éviter le raffinage toujours coûteux et même imparfait, au moins théoriquement.

Toutes les études étaient faites avec des agents chimiques, et surtout avec les oxydants, mais d'une manière très illogique, en ce sens qu'on les mêlait au sucre en proportion quelconque, toujours trop grande, car on attaquait non seulement les impuretés, le *mauvais goût*, mais le sucre lui-même, causant à la fois une impureté nouvelle et une perte de sucre sans compensation.

Les impuretés naturelles sont essentiellement dues à des corps sulfurés, azotés (cyanés), phosphorés, etc., et le point essentiel, c'est la très faible proportion de ces corps, même dans les cas où leur influence paraît assez grande pour ne pas laisser de doute sur leur forte proportion. Ce point admis, il en fallait déduire la nécessité de se borner, dans l'emploi des agents de purification, au strict nécessaire, et de s'assurer d'ailleurs que le réactif choisi portait d'abord son action sur les impuretés, sans toucher au sucre, ou, du moins, avant d'agir sur lui.

C'est ce qui se produit en général, et de la façon la plus nette. Rien de plus frappant que l'expérience dont M. Maumené présente les résultats : 100 grammes de sucre n° 3, par exemple, dissous dans trois à quatre fois le même poids d'eau tiède, présentent l'odeur et la saveur très désagréables de la mélasse de betterave. On ajoute alors, par demi-centimètre cube, une solution de permanganate de potasse (à 20 ou 25 grammes par litre) dans l'*eau sucrée* mise en mouvement rapide, et l'on attend la décoloration de la magnifique nuance violette du sel de manganèse qui est réduit en un des oxydes, et se dépose avec la couleur brun noir; l'odeur diminue et, à la deuxième ou troisième addition, elle disparaît absolument.

Si l'on filtre alors le mélange, la dissolution de sucre coule incolore, inodore et dépourvue de toute mauvaise saveur; le sucre est pur, à un degré jusqu'à présent inconnu; son goût est exquis; toute personne attentive en fait d'elle-même la remarque.

La quantité d'eau prise pour dissoudre le sucre fait varier un peu l'action du permanganate. Si l'on se borne au poids égal à celui du sucre, la réduction de ce sel est plus complète: elle va jusqu'à l'absorption de 5 équivalents d'oxygène et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

au protoxyde de manganèse lorsqu'on chauffe vers 80 degrés. Il se forme d'abord du sesquioxyde, lequel reste en dissolution, et donne à celle-ci la couleur brune qui le caractérise; à la longue, ou par le chauffage, la solution devient incolore, et contient un sel de potasse et un sel de manganèse incolores, cristallisables en groupes rayonnés avant le sucre pur.

Les alcools présentent des faits très analogues.

Pour eux, les causes du mauvais goût ne sont pas, comme on l'a cru trop longtemps, les aldéhydes, les éthers, les alcools supérieurs ou C^mH^m, avec m très grand; tous ces corps, en eux-mêmes, ont des odeurs et des saveurs plus ou moins agréables, mais sans rien de commun avec le mauvais goût. Dès qu'on a mêlé l'alcool diènique ordinaire avec la petite proportion de permanganate utile, l'odeur du liquide alcoolique devient pure et très agréable. M. Maumené présente une eau-de-vie de marc, et la même épurée; le contraste est des plus frappants.

Fait remarquable, l'alcool résultant de la fermentation directe des betteraves est un des moins faciles à épurer; son odeur de betterave, très franche, paraît due à une ammoniaque composée. L'odeur est dissimulée par une petite addition d'acide, par exemple 1 gramme d'acide sulfurique dans un litre d'alcool. Si l'on fait distiller ce mélange, les premiers centimètres cubes possèdent au plus haut degré les caractères du mauvais goût; le reste, après distillation, peut être traité par le permanganate, et quand le dépôt est formé, une seconde distillation avec un ou deux millièmes de carbonate (soude ou chaux) donne l'alcool pur, — ceci comme exemple d'un mode d'épuration des plus complexes.

Les eaux potables peuvent être épurées de presque toutes ou même de toutes les matières organiques nuisibles par l'emploi du permanganate seul. On employait jusqu'à présent le sel oxydant pour *mesurer* les matières organiques, mais on ne paraît pas avoir songé que, du même coup, les eaux sont *épurées*, ce qui pouvait devenir un moyen pratique de livrer au public des eaux toujours incapables de nuire (1).

Une question importante est celle de l'innocuité des oxydes du manganèse laissés par le permanganate. Ces oxydes n'ont pas la moindre action nuisible. D'une part, ils sont presque toujours libres et parfaitement insolubles; on peut les séparer, mais, fussent-ils même en dissolution à l'état de sels de protoxyde, ces composés n'ont rien de dangereux. M. Maumené a bu très souvent des eaux-de-vie ou des vins avec les dépôts d'oxyde et des liquides sucrés où l'on avait laissé

(1) Deux de nos confrères ont dit : l'un, que le Service militaire en Algérie faisait purifier les eaux par le permanganate, l'autre que les Compagnies anglaises, en possession de traités pour fournir de bonnes eaux à la ville de Londres, épurent les eaux par le même procédé. Les personnes que j'ai consultées jusqu'à présent sur ces deux affirmations les ont niées presque sans réserve (M.).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le protoxyde en dissolution; jusqu'ici rien n'annonce le moindre trouble de sa santé (1).

Beaucoup d'autres corps organiques liquides ou solides peuvent être épurés par les mêmes moyens. M. Maumené, se bornant à un seul exemple, cite les éthers, dont les végétaux reçoivent généralement leurs odeurs et saveurs les plus caractéristiques. Préparés dans les laboratoires, ces composés ne possèdent *jamais* l'odeur pure qu'ils offrent dans les fruits; cela tient à des traces des corps sulfurés (etc.), formés par les acides employés pour leur préparation. — Lavés avec un peu de la solution étendue de permanganate, ils sont débarrassés des mauvaises odeurs, et reviennent à la pureté qui nous charme dans la nature.

En résumé :

L'action du chlore, du brome, oxydants quand ils sont mêlés avec l'eau, celle de tous les oxydants en général : chromates, azotates, permanganates, peut servir à l'épuration d'un grand nombre de substances organiques.

Il est nécessaire et il suffit de *proportionner leur poids à celui des impuretés*, toujours très minime.

La pratique est facile; on ajoute peu à peu l'agent oxydant, jusqu'à la disparition des odeurs, sans avoir à mesurer d'avance le poids des impuretés.

Les agents chimiques ne devant jamais servir en proportion plus forte que des dix millièmes, leur prix d'achat ne conduit jamais à une dépense appréciable.

De plus, l'emploi de ces agents chimiques n'exige pas le moindre appareil nouveau.

Par ces deux conditions, efficacité merveilleuse (c'est le jugement de nombreuses personnes compétentes), dépense très minime d'agent chimique, nul besoin d'appareil nouveau, M. Maumené croit pouvoir rendre de grands services aux industries citées, et à ses confrères eux-mêmes.

(1) Cela résultait d'ailleurs de mes longues recherches, publiées en 1884. Tous nos aliments renferment du manganèse, excepté (pour être exact) les oranges, les citrons, les oignons. Un kilo de thé Sou-chong permettrait d'en extraire une aiguille de manganèse métallique. Ce manganèse ne pénètre jamais dans le sang : il est éliminé chaque jour absolument par les excréments solides qui sont ainsi, relativement, une mine de manganèse. Les médecins ont renoncé, depuis 1884, à conseiller le manganèse pour tenir lieu du fer : c'était une erreur de croire à la presque identité d'action physiologique de ces deux métaux (M.).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LIVRES ET OUVRAGES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE

EN DÉCEMBRE 1894 ET JANVIER 1895

Annuaire de l'Imprimerie, par A. Muller, in-8, 230 p., chez l'auteur, 9, rue des Beaux-Arts.

Étude sur les derniers résultats des assurances sociales en Allemagne et en Autriche. 1re partie. **Accidents** (*Ministère du Commerce. Office du travail*, Imp. Nationale), in-18, 180 p.

Le Socialisme d'État, par Léon Say, Extrait du *Journal des Économistes*, une broch. in-8, 31 p.

Les torpilles sèches, par le Colonel Hennebert. 1 vol. Encyclopédie Leauté, Gauthier-Villars.

Principes fondamentaux de l'énergétique et leurs applications aux phénomènes chimiques. H. Le Chatelier. Extrait du *Journal de Physique*, 1 br. in-8, 37 p.

Fusibilité des mélanges isomorphes de quelques carbonates doubles. Fusibilité des mélanges salins isomorphes. Loi générale de solubilité des corps normaux. Solubilité mutuelle des sels. Fusibilité des mélanges des sels. H. Le Chatelier. Extraits des *Comptes rendus*.

Œuvres de Fermat, publiées sous la direction de MM. C. Tannery et Ch. Henry, vol. 2. Correspondance, 1 vol. grand in-8, 500 p. Paris, Gauthier-Villars.

La pratique du teinturier. J. Gascon, 2 vol. in-8. Paris, Gauthier-Villars, 1893-1894.

Le verre et la verrerie. La verrerie depuis 20 ans, par MM. Appert et Henrivann, 2 vol. in-8, avec atlas. Paris, Bernard (1894).

Le blanchiment et l'apprêt des tissus, par MM. Guignet, Dommer et Grandmougin, 1 vol. in-8 de l'Encyclopédie industrielle de M. Lechalas. Paris, Gauthier-Villars.

Dispositions pour prévenir les accidents de fabriques. 1 vol. grand in-4, avec atlas de 37 planches en français, anglais et allemand, publié par l'*Association de Mulhouse*.

Les plantes utiles à l'industrie, par MM. Greshoff et Boutagé (Amsterdam).

Annuaire du Bureau des longitudes pour 1895. Paris, Gauthier-Villars.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LITTÉRATURE

DES

PERIODIQUES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIÉTÉ

Du 1er Décembre 1894 au 15 Janvier 1895.

DÉSIGNATIONS ABRÉGÉES DES PUBLICATIONS CITÉES (1)

Nov., Novembre. *D.*, Décembre. *Janv.*, Janvier.

Ag. . . . Journal de l'Agriculture.
Ac. . . . Annales de la Construction.
Acp. . . . Annales de Chimie et de Physique.
Ai. . . . Annales industrielles.
AM. . . . Annales des Mines.
Ap. . . . Journal d'Agriculture pratique.
APC . . . Annales des Ponts et Chaussées.
At. . . . Annales télégraphiques.
Btp. . . . Bulletin du ministère des Travaux publics (statistiques).
Ci. . . . Chronique industrielle.
Co. . . . Cosmos.
CN. . . . Chimical News (London).
Cs. . . . Journal of the Chimical Society (London).
CR. . . . Comptes rendus de l'Académie des Sciences.
Dp. . . . Dingler's Polytechnische Journal.
D. . . . Décembre.
E. . . . Engineering.
EaM. . . . Engineering and Mining Journal.
EE. . . . Eclairage Électrique.
El. . . . Electrician (London).
Elé. . . . L'Électricien.
Eg. . . . Journal de l'Éclairage au gaz.
Ef. . . . Économiste français.
Es. . . . Engineers and Shipbuilders in Scotland (Proceedings).
Fi . . . Journal of the Franklin Institut (Philadelphie).
Gc. . . . Génie civil.
Gh. . . . Bulletin de Géographie historique.
Ic, . . . Ingénieurs civils de France. Bulletin.
Ie. . . . Industrie électrique.
Im. . . . Industrie minérale de Saint-Étienne.
IME. . . . Institutions of Mechanical Engineers (Proceedings).
In. . . . Inventions nouvelles.
Janv. . . Janvier.
Lv. . . . La Nature.
Mm . . . Le Monde moderne.
MoC. . . Moniteur officiel du Commerce.
Ms. . . . Moniteur scientifique.
N. . . . Nature (anglais).
Nov. . . . Novembre.
Pc. . . . Journal de Pharmacie et de Chimie.
Pm . . . *Portefeuille* économique des *machines.*
Rgc. . . Revue générale des chemins de fer.
Rgds. . . Revue générale des Sciences.
Ri. . . . Revue industrielle.
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.
Tm . . . Tour du monde.
SA. . . . Society of Arts (Journal of the).
ScP. . . Société chimique de Paris (Bulletin).
Sfp. . . Société française de photographie) (Bulletin).
Si. . . . La Science illustrée.
S i e. . . Société internationale des Électriciens (Bulletin).
Sg. . . . Bulletin de la Société de géographie.
SL. . . . Bulletin de statistique et de législation.
USR. . . Consular Reports to the United States Government.

(1) Exemple, Ri 22 *D.* 505 doit se lire *Revue Industrielle*, 22 Décembre 1894, page 505.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

Agronomie. Revue annuelle (Deherain). *Rgds.* 30 *Nov.* 867.

Betteraves. (Arracheurs de) *Ag.* 15 *D.* 940.

— Amélioration des terres impropres à la E. Marie. *Ap.* 27 *D.* 922.

Céréales. Production et commerce du blé. *Mm. Janv.* 82.

— Composition et exigences des (H. Joulie.) *Ms. Sept. Octob. Nov. et D.* 641, 731, 807, 886.

Défonce à deux jauges (Grosdemange). *Ap.* 10 janv. 56.

Expériences. Conduite et valeur des expériences agricoles (Grandeau). *Ap.* 13 *D.* 851.

Electricité. Application de l' à la ferme de Fraforcano (L. Petri). *Ap.* 13 *D.* 863,

Engrais. Superphosphates et scories de déphosphoration pour la production du grain et de la paille (Saillard). *Ap.* 29 *Nov.* 794.

— Exigences minérales de quelques récoltes (Grandeau). *Ap.* 6. *D.* 814.

— La glauconite comme engrais potassique. *Ap.* 6. *D.* 832.

— Emploi du sucre en agriculture (Viviers). *Ag.* 8. *D.* 888.

— Valeur agricole des cendres pyriteuses (Manceau). *Ag.* 8. *D.* 902.

— Les phosphates du monde (Wyatt). *Fi.* 433.

— Les phosphates d'Algérie. *Cs.* 30 *Nov.* 1108.

— Les phosphates d'alumine (Grandeau). *Ap.* 27. *D.* 927.

— Les phosphates d'alumine, leurs falsifications. *Ap.* 3 *Janv.* 11.

— Exploitation des sables de la mer aux États-Unis. *Co.* 29 *D.* 137.

— Le sulfate de fer pour pommes de terre Wightman. *CN.* 11 janv. 15.

Élevage. Chevaux empoisonnés par le tabac en Australie. *Rs.* 1. *D.* 694.

— Orientation de l'élevage des moutons (Cornevin). *Ap.* 3 *Janv.* 12. Le bœuf américain. *Ap.* 3 *Janv.* 28.

Fourrages. Fourrages ligneux. *Ap.* 20. *D.* 888. *Ag.* 5 *Janv.* 21.

— Luzerne : la mort de la (Grandeau). *Ap.* 27 *D.* 920.

— Luzernes. Destruction du Rhizoctonia

Fourrages. Medicagens dans les. *Ap.* 27. *D.* 921

— Le Lathyrus Silvestris. Nouveau fourrage (Grandeau). *Ap.* 29 *Nov.* 780.

Forêts. Les forêts (Général J. Michael) *S.A.*, 21 *D.* 93.

— La lutte des forêts pour l'existence (E. Fernow). *N.* 29 *Nov.* 6, *D.* 117, 139.

— Utilisation des bois de pin en Sologne (Boucard). *Ap.* 13. *D.* 867.

— L'eau et les produits forestiers et agricoles. *Ap.* 10 janv. 50 (Grandeau).

Hache-viande Américains Dubois *Ap.* 13 *D.* 864.

Lait, Beurre et **Fromage.** Lait concentré. (L'industrie du) *Ag.* 15 *D.* 958.

— Ecrémeuse centrifuge Tixhorn Small, *Ci.* 2. *D.* 570.

— Analyse centrifuge du lait (Scott) *Cs.* 30 *Nov.*, 1204.

— Détermination des graisses du lait (Soxhell). *Cs.* 30 *Nov.*, 1104.

— Prix de revient des beurres (Gouin). *Ap.*, 3 *Janv.*, 16.

Légumes (les) de grande culture (Vilmorin). *Ag.* 22 *D.* 978.

— Conservation des carottes en silos aériens (Barbotin). *Ap.* 29. *Nov.* 792.

Vigne. L'hybridation des vignobles (Millardet). *Ap.*, 6, *D.* 817.

— Action du *plâtrage* en viticulture (Ballanchon). *Ap.*, 6, *D.*, 825.

— Vignoble des Alpes-Maritimes (Gragnaux). *Ap.* 20 *D.*, 904.

— Liage protecteur de la gelée. *Co.* 5 janv. 95.

CHEMINS DE FER

Chemins de fer électrique. Liverpool *Gc.* 5 *Janv.* 151.

Exploitation. Chemins de fer économiques (White) *E.* 21. 28. *D.* 816. 825.

— Station terminus du Philadelphia Reading, *E.* 7. *D.* 734.

— « Rapid Transit » dans les grandes villes. *Ic.* Nov. 720.

Monographies. Chemin du Salève. *Pm. D.* 185.

— Extension et exploitation du Saint-Gothard. *E* 4 *Janv.*, 6.

— Lignes stratégiques de la Forêt-Noire, *Gc.* 29 D. 135.

— Construction de la ligne d'Argenteuil à Mantes. (Bonnet.) *Rgc. D.* 229.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Monographies. Prolongement du Manchester and Sheffield dans Londres *E.* 7 et 14 *D.* 729, 793.
— Chemins de montagne (Berg). Saint-Gothard et Usui (Japon). *E.* 11 janv. 54.
— Chemins à voie droite du canton de Genève (Mallet). *Ic.* Nov. 615.
Signaux. Appareil pour communiquer entre locomotives et stations *Rt.*, 10 *D. S.* 32.
— Électriques Sykes, *Dp.* 30 *Nov.*, 208.
— pour arrêter les trains sans l'intervention du mécanicien, système Laffas. *Ci.* 13 janv. 17.
Statistiques. Chemins de fer d'intérêt général en France et en Algérie 1er sem. 1893 et 1894. *Btp.* Sept., 150, 154, 156,
— Id. en 1893. *Rgc. Nov.* 273.
— Ch. de fer norvégiens. 1891-92. *Btp.* Sept. 160.
— Canada, au 30 juin, 90 à 92. *Btp.* Sept. 180.
— Italie. *Rgc. D.* 339.
— Aux États-Unis. *Rs.* 1. *D.* 702.
— De l'Europe. *USR. Nov.* 309.
Matériel. Locomotive à Bogie Hagans. *E.* 28, *D.* 253. Enveloppe à gaz chaud des cylindres de locomotives Kossuth. *E.* 4 *Janv.* 25. Compound à essieux couplés P.-L.-M. (Baudry). *Rgc Nov.* 243.
— Frein à air comprimé Grenett. *E.* 28, *D.* 829. — Régulateur pour frein de la Brake Pressure Reg. Co. *E.* 4 *Janv.* 9.
— *Locomotive électrique* Thomson Houston. *Ie.* 10, *D.* 547.
— Consommation du combustible sur les locomotives à voie d'un mètre (Fettu). *Rgc. Nov.* 250.
— Chargeur de charbons Shapton *E.* 7. *D.* 751.
Voie. Changements et croisements de (Crossier). *Rgc. D.* 330.

TRANSPORTS DIVERS

Cableways. Transports aériens par câble. (Brille). *Bulletin des Arts et Métiers. D.* 1040.
— Americains. *LN* 12 janv. 97.
— Brown, pour voyageurs, à Brighton. *E.* 21. *D.* 787.
Cableways. Brunot Heusschen. *Ru. Nov.* 149.
Tramways électriques. En Amérique. *Gc.* 1. *D.* 70. *El.* (à Moutier) 15. *D.* 385. (Wilkinson). *EE.* 8. 21. 29. *D.* 603. 682.
— Systèmes divers (Van Vloten). Elé 22 *D.* 413. Tramway électrique Claret. Wuillemain à Lyon. *Si.e. D.* 509.
— du Comté de Stafford. *Gc.* 15 *D.* 98.
— La traction électrique (Dawson) *E.* 4. *Janv.* 3.
— Application des accumulateurs à un service municipal (Gibbins). *El.* 28. *D.* 253.
Tramways. Résultats de l'Expl. à Berlin, 1882-91. *Btp. Sept.* 169.
— A gaz et à pétrole. *Rs.* 1. *D.* 700.
Tramways électriques. Système de la Société de Berlin. *Ie.* 10 janv. 7.
— Consommation de charbon dans les lignes à Trolly. *Rt.* 25 *D.* 571.
— du Bouscat au Vigan. *Ie.* 25 *D.* 564.
— La traction électrique (Dawson). *E.* 11 janv. 51.
Vélocipèdes. Pneumatiques Lucas Toullon, Stubbs Jaffary, Larue. *In.* 5 janv. 17.
— Hardy et Manican. *Ri.* 6 janv. 5.
Voiture à vapeur Meyer. *In.* 5 janv. 23.
Locomotives routières. En Californie, pour l'Exploitation des forêts. *LN.* 1. *D.* 5.
Traction mécanique sur routes par locomotives routières et voitures automobiles (Brabant). *Ru. Nov.* 159.
Voitures automobiles électriques Pouchain. Gavrard, Farigny (J. Reynal). *EE.* 1. *D.* 538.
Vélocipèdes. Le Boudard Gear. *LN.* 15. *D.* 45.
2e Salon du Cycle. *L N.* 29 *D.* 75.

CHIMIE

Acides. *Sulfurique*. Appareil de concentration (Dyson), *Cs.*, 30 *Nov.* 1059.
— Colonnes pour réduire le volume des chambres de plomb (Gilchrist). *Cs.* 31 *D.* 1143.
— Fabrication aux États-Unis (Lunge), *Ms. D.*, 917.
— *phosphorique*. Dosage par le pyrophosphate de magnésie. *Cs.* 30 *Nov.* 1092 (Neubaun).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Acide. *chlorhydrique*. Condensation par les tours, Lunge et Rohrman *Cs.* 30 *Nov.* 1034.

— nitrique. (Condensation de l'). Hart. *Cs.* 31 *D.* 1197.

Allemagne. (Industrie chimique en). *Cs.* 30 Nov. 1120 *CN.*, 21 *D.* 299.

Alcools. Procédé d'épuration des alcools sucrés (Maumené), *CR.*, 10 *D.*, 1014.

— Fabrication de l'alcool de pommes (Dupont). *Ms. Janv.* 61.

— Alambic Deroy, à double joint hydraulique. *Ri.* 5 janv. 9.

Amidon. Détermination de l'iode *CN.* 28 *D.*, 308.

— *et Dextrine* (Fabrication de). *D.* 11 janv. 37.

Asphalte. Analyse de (Linton). *CN.* 11 janv. 136.

Ammoniaque. Récupération des gaz de hauts fourneaux (Addie) *Ri.* 8. *D.* 489.

Bore. Détermination de l'acide borique (Hefelman). *CN.* 7 *D.* 274.

Brasserie et Malterie. Action de l'oxygène sur les levures (Van Laer), *Cs.* 30 *Nov.* 1078. *Ms. Janv.* 55.

— Respiration du malt (Jaeschin), *Cs.* 30 *Nvv.* 1078.

— Emploi de So^2 en malterie (Kukla) *Ms. Janv.* 62.

— Microbes des maladies de la bière (Fellowes). *Cs.* 30 *Noo.* 2080.

— Expériences de malterie. Moritz. *Ms. Janv.* 59.

— Infl. des éléments minéraux de l'eau sur la bière (Readman) *Ms. Janv.*, 63.

Caoutchouc. Artificiel Nobel. *Cs.* 30 *Nov.* 1072.

— Christy. *Cs.* 31 *D.* 1138.

Carbone. Combustion incomplète de quelques composés du (Bone). *CN.* 30 *Nov.* 265.

— Études sur les graphites (Moissan). *CR.* 10 *D.* 976.

Céramique. La porcelaine de Berlin. *Si.*, 15, 22, 29. *D.* 37, 31, 69.

Chaux, Ciments et Mortiers. Durcissement des mortiers (Mason). *CN.* 30. *Nov.* 26.

— Brevets divers. *Cs.* 30 *Nov.*, 1062.

— Détermination du calcium dans les chaux. *CN.* 7. *D.* 278.

Cellulose. Chimie de la — Stern. *CN.*, 30. *Nov.* 267.

Chrome. Les chromates de fer (Lefrêne). *ScP. D.* 1115. Lapierre. *C. R.* 24. *D.* 1215.

Chrome. Dosage du chrome et du manganèse (Le Verrier). *Gc.* 29. *D.* 479.

Colles. Fabrication des plaques de — Heavitt. *Cs.* 30. *Nov.* 1075.

Combustion spontanée de cotons huilés. Mackey. *Cs.* 31 *D.* 1145.

Corps gras. Examen des graisses de laine. Herbig. *Cs.* 30 *Nov.*, 1068, 1100.

— *Meunerie*. Épurateur sans poussière. Turnes. *Ri.* 22. *D.* 501.

Cuirs, Tannin. Les cuirs acidés (Balland et Malgran). *CR.* 26. *Nov.* 913.

— Estimation du sucre dans les tannins *Cs.* 30. *Nov.* 1101. 31 *D.* 1227.

— Extraction du tannin du Myrobolam (Von Shraeder). *Cs.* 30. *Nov.* 1073.

Cyanures. Fabrication des Sulfocyanides (Hurter et Roschen), *Im.* Vol. 8. 722.

— (Fabrication des). Hood. *Cs.* 31 *D.* 1195.

Dissolutions organiques. Application de la loi Le Châtelier-Schrœder. C. Lindebarger. *American Journal of Science*, janv. 48.

Emétiques (les). Maumené. *ScP.* 5 janv. 18.

Electro-chimie. Nouveaux produits des fours électriques. *Fi.* janv. 72.

Explosifs. Poudres sans fumée. Rapport annuel du bureau d'artillerie de Washington. *Cs.* 30 *Nov.* 1088.

— Recherches de Mac-Nab et Riston. *Ri.* 8 *D.* 487.

— Les expl. et leur développement moderne (Lewes) *SA.* 28. *D.* 109.

— Maxim. *Cs.* 31 *D.* 1219.

— (Vocabulaire des poudres et). (E. Briou). *Rmc D.* 607.

Gaz. A l'eau, procédé Westcott. *Cs.* 30 *Nov.* 1050.

— Appareils de chauffage au gaz de l'American Gaz Fumivore C^o. *Ci* 16 *D.* 589.

— Le gaz aux États-Unis. *Gc.* 22 *D.* 1191.

— Cornues ondulées Teissier et Negre (*G.* Lavergne). *Gc.* 8. *D.* 91.

— Appareils de Munich pour carburation par le benzol. *Eg.* 20 *D.* 466.

Graphites foisonnants. Leur préparation au four électrique (Moissan). *CR.* 7 janv. 17.

Manganèse. Appareil pour évaluer les minerais de (Christomanos). *Cs.* 31 *D.* 1221.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Matières organiques. Point de cristallisation des (Pictet) *CR*. 3. *D*. 955.

Nickel et *Cobalt*. Séparation qualitative. *CR*. 7 janv. 46.

Nitrates. Recherches sur les nitrates basiques (Ahanasesco). *ScP*. 5. *D*. 1112.

— Origine de l'acide azotique (Phipson). *N*. 14. *D*. 283.

Noir animal. Propriétés décolorantes du (Figuier), *Ms. Janv*. 1.

Oxydes métalliques. Action d'une haute temp. sur (Berthelot). *Acp*. Janv. 136.

Ozone. Atmosphérique contrib. à l'étude (Peyron). *CR*. 24 D. 1206. Utilisation de *El*. 21. *D*. 213,

— Appl. industrielles de (Frolich). *Ri*. 5 janv. 7.

Papier parcheminé. Industrie des : enquête *USR*. *D*. 479.

— Brevets divers *Cs*. 30 *Nov*. 1085. *Machines* à Craig. *E*. 21. D. 820. Seddon. *E*. 14 *D*. 786.

— Purification des eaux pour papeteries. Macadam. *Cs*. 30 *Nov*. 1044.

— (Appareil pour essayer les). Woolly. *Cs*. 31 *D*. 1222.

Paraffine. Purification de la (Irwine). *Cs*. 30. *Nov*. 1043.

Pétroles et schistes. Distillation des schistes. Henderson. *Cs*. 80 *Nov*. 1038.

— Recherches sur les pétroles. (Riche et Halphen). *Ms. Janv*. 30.

Point critique des liquides (Utilisation du) pour constater leur pureté (Pictet). *CR*. 7 janv. 43.

Réducteurs métalliques Keller. *CN*. 11 janv. 21.

Séparation des métaux par l'eau oxygénée dans les solutions alcalines (Hannash et Rose). *Cs*. 31 *D*. 1214.

Soude. Fab. des acides minéraux de la soude et du chlorure de chaux (Hallevell) *Ms*. *D*. 921.

— Fab. du chlorure de potasse. Électrolyse Haserman. *Ms*. *D*. 926. Fab. du sel marin (Ward) *SA*. 14 *D*. 78.

Sucrerie. Perte de saccharose dans les cannes coupées. *Ms*. *D*. 936. Culture de la canne à la Réunion. *Ms*. *D*. 936. Acide citrique dans le jus des cannes (Shorey). *Ms*. *D*. 938.

— Fabrication du sucre par synthèse de l'éthylène, CO^2, et de l'eau (Pellegrini) *Cs*. 30 *Nov*. 1076. Filtration du jus sur liège (Netwall) *Ms*. *D*. 935.

Sucrerie. Action des courants sur les jus sucrés. *Ms*. *D*. 934. Raffinage Soxell. *Ms*. *D*. 936.

— Relation entre la grosseur des graines et les qualités de la betterave. *Ms*. *D*. 935.

— Clarification des jus contenant du glucose (Prinsen). *Ms*. *D*. 931.

— Dosage en poids des sucres réducteurs (Killing). *Ms*. *D*. 932.

— Détermination du sucre en cristaux dans la masse cuite (Siderski). *Ms*. *D*. 933.

— Relation entre la quantité des matières grasses des graines et la richesse en sucre des betteraves *Ms*. *D*. 933. (Doerstling).

— Distribution du sucre dans les différentes parties de la betterave (Slasky) (*Ms*. *D*. 934).

— Fabr. du sucre d'érable au Canada. *Gc*. 15 *D*. 105.

— *Vernis*. Analyse des (Parker). *Ms*. *Janv*. 65.

— Allure des différents sucres en culture de levure fine (Fischer). *Cs*. *D*. 1211.

— Action des antiseptiques sur la levure (Harold). *Cs*. 31 *D*. 1160.

— Sucreries à moteur électrique. Sucrerie d'Abbeville. *Journal des Fab. de sucre*, 9 janv.

Teinturerie. Brevets divers. *Cs*. 30 *Nov*. 1050.

— Allemande (la) au 1er semestre 1894. *Cs*. 30 *Nov*. 1109.

— Constitution de la céruléine (Prudhomme). *Sc. P*. *D*. 1136.

— Revue des matières colorantes (Reverdon). *Ms*. 440.

— Mat. colorantes sulfurées dérivées du triphénylméthane (Prudhomme). *Sc. P*. 20 *D*. 1144.

— Nouvelle classe de pigment. de lake (Weber). *Cs*. 31 *D*. 115.

— Brevets divers. *Cs*. 31 *D*. 1189.

Verrerie. Altération du verre par le temps et l'eau (Forster) *Cs*. 30 *Nov*. 1060.

Viscosimètre Wendriner. *Cs*. *D*. 1220.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

COMMERCE ET ÉCONOMIE POLITIQUE

Accidents du travail. 3e Congrès des accidents de travail et des assurances sociales. *Ef.* 22, *D.* 779.

Caisse d'épargne. La Caisse d'épargne nationale en 1893. *SL.* 9 *Nov.* 460.

Chômages. Assurance contre le chômage involontaire (Rostand). *RSo*, 16 *Nov.* 720.

Colonisation. Romaine et anglaise dans l'Inde (L. Warner). *SA.* 14, *D.* 61.

Consuls. Rapports des consuls français (Autriche, Russie, Uruguay). *MoC.* 6, *D.* 360.

Démographie. Classement de la population française par professions, 1891. *SL.* 9 *Nov.* 501.

Douanes. Rapport de la commission permanente des valeurs en douane. *SL.* 9 *Nov.* 448.

Homestead (*Le*) aux États-Unis (Levasseur). *RSo.* 1er *Janv.* 11.

Habitations ouvrières. Loi belge sur les (Delvaux). *RSo.* 16, *D.* 912. Loi française de 93. *RSo.* 16 *D.* 942.

Patronat. Caractères généraux du patronage (H. Brice). *RSo.* 1 *D.* 855.

— Répartition des subventions dans les caisses de retraites patronales (Marie et Cheysson). *RSo.* 16 *D.* 899.

— Enquête anglaise sur la participation aux bénéfices. *RSo. Nov.* 703.

— Réglementation du contrat de travail en Belgique (Desace). *RSo. Nov.* 645.

Salaires des chantiers de navires et des équipages *USR. Nov.* 290.

Socialisme. Les socialistes et les profits du capital dans l'industrie. *RSo. Nov.* 660.

CONSTRUCTIONS

Les constructions industrielles. *Rt.* 10 *D.* 529.

Incendies : protection contre les (Sachs). *SA.* 7 *D.* 11.

Les pierres meulières des environs de Paris. *Rt.* 10, 25 *D.* 534, 561.

Ponts de la Tour de Londres. *Ac. D.* 178.

— du boulevard de La Chapelle. *Gc.* 22, *D.* 120.

— en béton sur le Danube. *Gc.* 15 *D.* 104.

Ponts en arc du Levensan, canal de la Baltique. *Rt.* 25 *N.* 505.

— sur le canal de l'Ourcq. Paris, *Rgc. Nov.* 231, 561.

— sur la Tamise. *E.* 4 *Janv.* 6.

— de Nebraska-City. *E.* 11 janv. 43.

Buildings américains. Rt. 25 *D.* 559.

Poutres en treillis (Calcul graph. des). *Gc.* 12 juil. 170.

Tunnels.

— de Blakwell. *E.* 4 *Janv.* 1.

— du Simplon. *Rt.* 25 *Nov.* 509.

ÉCLAIRAGE

Lampe Lucigène à pétrole Sinclair. *E.* 7 *D.* 731.

ÉLECTRICITÉ

Accumulateurs. Perfectionnements aux —, *EaM.* 29 *D.* 582.

— sous pression Cailletet et Collardeau. *LN.* 1. *D.* 3.

— Barbier. *EE.* 15 *D.* 657. Hess. *id.* 658. Pisca *Elé.* 22. D. 49.

— Payen. *Ie.* 10 janv. 12.

Appel électro-magnétique Rouloz. *Elé.* 12 janv. 17.

Bobines d'induction. Commutateurs pour grosses bobines Woodsworth. *American Journal of Science. D.* 476.

Cables. Fab. des câbles sous plomb Robertson. *Ie.* 25. *D.* 565.

Champ magnétique tournant (*Le*) et ses applications (Malagole). *EE.* 5 janv. 1.

Compteur différentiel Aron. *EE.* 5 janv. 34.

Conductibilité. Influence du milieu ambiant sur la — du cuivre (Cashart). *EE.* 29 *D.* 693.

Dynamos. Courants triphasés. Calcul des (Chavannes). *Elé.* 8. *D.* 370.

— Moteurs asynchrones. Expériences sur les dynamos à courants simples (Brown). *Ie.* 25 *D.* 570.

Éclairage par le gaz, le pétrole et l'El. (Lambert). *Ri.* 15. *D.* 497.

— Extension de l'éclairage électrique dans les réseaux des usines à gaz. *Eg.* 5 *D.* 447.

Distribution de la force dans les ateliers par l'électricité *Ri.* 1 *D.* 253. — Distribution par courants polyphasés aux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ateliers Weyer et Richmond (Boucherot). *Sie.* D. 482.

Lampes à arc. Suisse. *Pm.* D. 192.

— Température de l'arc (Violle). *CR.* 3. D. 949.

— *à incandescence.* Attaches en aluminium Bolton. *Ie.* 10. D. 555.

— Les lampes à — (Bainville). *Elé.* 8. 15. D. 375, 388.

— Industrie électrique : État général en France et à l'étranger. *Rgds.* 15. D. 874.

Lampe à arc Thomson. *Elé.* 12 janv. 19.

Projecteurs. Pouvoir éclairant des — J. Tsikoleff. *EE.* 8. D. 5 *Janv.* 577, 8.

— Bellami *Co.* 8. D. 50.

Électrolyse. Du sel marin. *Gc.* 22. D. 127.

— Electrolyseur Cadwell. *EE.* 15 D. 658.

— Effet nouveau produit par le passage de l'électricité dans les liquides mauvais conducteurs (Lehman). *At.* juillet. 338.

Electrolyseur Carmichael. *EE.* 5 janv. 33.

— Diaphragme d' Killiani. *EE.* 5 janv. 35.

Inductance. Méthode pour l'annuler dans les courants alternatifs (Ricardo Arno) *EE.* 1. D. 537.

Piles à charbon Borcher. *EE.* 10. D. 552.

Pile Langsdorf. *E.* 11 janv. 65.

— Walker. *E.* 11 janv. 65.

— Warren, bore-carbone. *CN.* 4 janv. 2.

Soudure électrique Dobson. *IME.* juillet 319.

Stations Centrales. Nouveau système de distribution par courants alternatifs (Imhoff.) *EE.* 29. D. 688.

— de Cardiff. *El.* 14, D. 759. *Gc.* 5 *Janv.* 24. Cologne, *E.* 18. 21, D. 723 et 789.

— Fecamp (Dieudonné) *Elé.* 20, D. 417.

— Arques-la-Bataille. *Elé.* 5 *Janv.* 1.

— Paris, canalisations électriques de (Monmerqué). *EE.* 15 D. 625.

Stations centrales Manchester. *IME.* juillet 297.

Telégraphie. Expériences sur la transmission télégraphique par câbles. (Delany). *EE.* 29, D. 690.

— Ligne de Gilit (Inde), *El.* 28, D. 249.

— Lyon : nouveau poste central télégr. de (Manceau). *At.* juillet 289.

— sans conducteurs Preece et Stevenson. *Elé.* 1, D. 363.

— sous-marine Hmirhead. *EE.* 5 janv. 31.

Téléphonie. États-Unis. Note sur la — aux, *At.* juillet 360.

Téléphonie. Paris. Nouvelle installation de — *LN.* 15 D. 5 *Janv.* 39 et 86.

— téléphone Onesorge. *El.* 28, D. 256.

— Microphone Carbonnelle. *Ie.* 10, D. 142. Mercadier et Anizan. *EE.* 29, D. 677.

— Théâtrophone (le) — *Ri.* 22 D. 508.

Applications mécaniques. Manipulateurs Canet-Hillairet. *EE.* 8 D. 586.

— Contrôleur électrique de rondes Georges. *Elé.* 1. D. 253.

Voltmètre permanent Hadler. *El.* 11 janv. 302.

GÉOGRAPHIE

Asie. Mongolie. (Deux traversées de la) en 1847 et 1859 (Palladius). *Bulletin géographique.* N° 1, p. 39.

— Inde commerciale. *Cs.* 30 N. 115. R. *So.* 1 D. 806.

Afrique. Madagascar (Climat de). *Co.* 8. D. 48.

— Voyage au Gouarara. *Sg.*, vol. XV, 480.

— La vallée du Niari-Kouclou (L. Jacob). *Sg.*, vol. XV, 403.

Amérique. Le Javary, affluent de l'Amazone. *Sg.* 9 *Nov.* 377.

GUERRE

Artillerie. Pointeur électrique de l'American Range Finder C°. *EE.* 8. D. 588.

— Canons Carey. *E.* 28. D. 853.

— Appareil hydraulique des canons de 340 mill. *Rmc.* D. 505.

— Canon rapide Noble. *E.* 11 janv. 65.

— Fabrication des canons en acier Siemens Martin à Abouchoff. *Ru.*, *Oct.* 61.

— Fusée à temps. Keoson *E.*, 30 *Nov.* 715.

— Culasse Noble *E.*, 30 *Nov.* 721.

— Projectiles (Fabrication des) (Kynoch). *E.* 21. D. 819.

Canons rapides Canet. *E.*, 14. D. 753.

Guerres coloniales. Transports dans les — *Rs* 22 D. 779 (Raoul).

Matériel de guerre à l'Exp. d'Anvers. *Dp.* 7. D. 217.

HYDRAULIQUE

Canaux. Aqueduc de Briare. *E.* 30 *Nov.* 691.

Égouts. Siphon de Clichy. *LN.* 1 D. 7.

Déversoirs. Appareil de soulèvement des portes du déversoir de Sewars Fall. *Rl.* 25 *Nov.* 521.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Réservoirs du Nil. *Gc.* 8. *D.* 82.
Études des colonnes d'eau en mouvement : E. Marchand. *Rt.* 1082.
Drague Satre, pour les ports russes de la Baltique. *Gc.* 22 *D.* 112.
Pompes à vapeur de Trenton. *E.* 11 janv. 33.

HYGIÈNE

Assainissement des maisons par l'électricité (Hermite). *EE.* 15 *D.* 644.
Filtration. Epuration et stérilisation des eaux (Tellier). *Rt.* 25. *N.* 514.
— Bactériologie de l'eau : Rapport de Parry et Frankland, *RSL. D.* 315.
— Filtre universel Féraud. *Ri.* 8 *D.* 488.
Lavoir hygiénique de Glasgow. *E.* 14. *D.* 778.
Purification des matières organiques (Maumené). *Co.* 29 *D.* 132.
Chauffage et ventilation. Exposition de Chicago. *Ri.* 8. 15. *D.* 481, 493.
— à vapeur à basse pression Korting. *Ac. D.* 190.
— Analyse bactériologique des eaux (Richardson). *Cs.* 31 *D.* 1157.
— Stérilisation rationnelle des liquides alimentaires Kuhn. *Cs.* 31 *D.* 1138.
— Installation hygiénique des usines à plomb de Friedrichshutte. *Gc.* 12 janv. 163.

INSTRUMENTS DE MESURE ET DE PRÉCISION

Micromètre Van den Kerkhove. *E.* 30 *Nov.* 694.
Machine à graver les cercles divisés Cooke. *E.* 30 *Nov.* 695.
Thermomètre enregistreur Bristol. *E.* 30 *Nov.* 715.
Tachéomètre Sanguet. *Rgc. D.* 349.

MARINE

Ports. Slip en travers de Rouen. *Ac. D.* 185.
Cabotage. Mouvement du — en 1878-1893. *S. L.* 9 nov. 500.
Boussole jumelle Giraud. *Rt.* 10 *D.* 545.
Horizon gyroscopique Fleuriais. *LN.* 29 *D.* 67.
Marine de Guerre :
Torpilleurs. Machines du Daring. *Rgds.* 15 *D.* 935.
Torpilleurs. Ardent (Thornycroft). Essais. *E.* 21. *D.* 805.
— Les croiseurs-torpilleurs aux États-Unis. *E.* 28 D. 833. *Gc.* 8 *D.* 89.
Cuirassés. Magnificent, Anglais. *E.* 21. *D.* 803.
— Torpilles sous-marines. *Gc.* 5 *Janv.* 146.
— Application de la cellulose aux cuirassés. *E.* 28. *D.* 826.
— Manœuvres électriques des tourelles (Canet). *E.* 4 *Janv.* 191.
Croiseurs. La Touche-Tréville et capitaine Pratt. *E.* 4 *Janv.* 13.
Paquebots. Norman Union Line. *E.* 30 *Nov.* 7 et 15 *D.* 699, 733, 811.
Yacht à 2 hélices Giralda. *E.* 4 *Janv.* 11.
Propulseurs. Les hélices triples. *E.* 28 *D.* 837.
Phares. Puissance lumineuse des (Bourdelle). *E.* 28. *D.* 849.
Naufrages et échouements (les) (Charguerand). *APC. Nov.* 478.
— Bateau à deux hélices pour canots. Barcroft *IME.* juillet. 360.
— Application de l'aluminium aux constructions navales Hart. *Ic.* nov. 601.

MÉCANIQUE

Aérostats. Lois de la résistance de l'air. (Vallier). *CR.* 26 nov. 885.
— Principes généraux, application au vol (Otto Lilienthall), l'Aéronaute *D.*, 270. *N.* 20. *D.* 177.
— Instabilité des ballons (E. Aimé). *Gc.* 15. *D.* 107.
— Ascension de l'Archimède (Hermite et Besançon). *CR.* 1028.
Accouplements élastiques. Guillaume Sic. *D.* 503.
— à brosses. Snyders *Rt.* 25, *D.* 566.
Expériences d'aéronautique. Maxim *SA.* 30 *Nov.* 21.
Chaudières. Express tubulée Reed. *E.*, 30 *Nov.* 722. 4 janv. 31.
— Réchauffeurs d'alimentation Niclause. *E.* 14., *D.* 786.
— Chauffées au gaz, Taylor et Low. *Rt* 10. *D.*, 538.
— tubulée Mendick. *E.*, 14. *D.*, 786.
— tubulée. Durr. *Ri.* 25, *D.* 564.
— à petits éléments : précautions pour augmenter leur sécurité (Welkenaer). *AM. Nov.* 534.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Chaudières. Épurateur d'alimentation. Durand *Pm. D.* 179.
— Purgeur de vapeur Geipel. *E.* 30 *Nov.* 715.
— Sécheur de vap., Becker. *Ri.* 29. *D.* 94.
— Explosions des chaudières domestiques, *E.* 4 janv. 18.
— Cheminées d'usine (Construction d'une) et effet d'un coup de foudre. *Gc.* 5 janv. 145.
— Injecteurs Holden. Givren. Friedman. Hayden. Laun. Dermond. Park. Pinberty. Hancock. *Dp.* 4 janv. 1.
— Réchauffeur d'alimentation. Elliott. *E.* 11 j. 63.

Fumivorité. Perte de calorique correspondant à la fumée (Tallock). Ri 29. *D.*, 517.
— Résultat du concours de Berlin. *Ri.* 25, *D.* 564.

Fumivores Armstrong. *Cs.*, 30 *Nov.* 104.
— Lutz et Shaeffer. *E.*, 14. *D.* 786.
— Explosion de Warrington. *E.* 21. *D.*, 813.
— Mesure de l'épaisseur des tôles aux bords des bosses. *Ri* 22. D. 504.
— Tubes de niveau : leur installation (Walkenaer). *AM.*, *Nov.* 511.
— Brûleur à pétrole W. Allen. *Cs.*, 30 *Nov.* 1050.

Résistance des corps cylindriques : expériences (Spence). *E.*, 7 et 14. *D.* 749, 782.
— des chaudières courtes. *E.* 14. *D.* 773.
— d'un tube à la flexion (Rodel). *Gc.* 22. *D.* 122.
— Foyers à briques réfractaires. *Dp.* 7. *D.* 232.
— Désincrusteur Chaligny. *E.* 7. *D.* 741.
— Circulation de l'eau sur les flancs des foyers des ch.-locomotives (Voruz). *Ri.* 21. D. 504.
— Soupapes pour conduite d'eau, de gaz et de vapeur. *EE.*, 15. *D.* 646.

Compresseurs Crichton. *E.* 21. *D.* 819.

Essoreuses électriques; Société électrique de Berlin. *Ri* 22. *D.* 505.

Filature et tissage. *Métier à tisser*. Moss. *Dp.* 30 *Nov.* 2, *D.* 99 279.
— *Métiers à tricoter*. Terrot. Seidel, Grossman Petschke, Seyfurt. *Dp.* 14, *D.* 11.
— *Soie souple*, procédé Silberman. *Cs.* 30 *Nov.* 1056. — artificielle en Suisse. *USR.* 538.

Filature et tissage. *Casse-fil*, Cudy. *EE.* 8 *D.* 589.

Froid. Machine à glace Still. *Gc.* 1, *D.* 73.
— Explosion des cylindres à gaz comprimés (*D.* Bellet). *Rs.* 8, *D.* 722.
— *Rayonnement aux basses températures* (Pictet). *CR.* 24, *D.* 1202.

Horlogerie. Horloge mystérieuse Pottin. *Co.* 1, *D.* 7.
— Horloges de nuit, *LN.* 1. *D.* 51.
— *Montres* Waterbury (Fabrication des). *E.* 30, *Nov.* 693.
— Transmission électrique de l'heure aux États-Unis (Pélissier). *EE.* 1, *D.* 533.

Levage. Cric différentiel de sûreté. *Ci.* 9. *D.* 579.
— Grue de quais Little John. *Rt.* 25 *Nov.* 517.
— Ascenseurs Waygood. *E.* 28, *D.* 824.

Levage. Parachute pour treuils à câbles. *Cs.* Menesson. *Ri.* 5 janv. 1.
— Grue hyd. pour le port de Malte. *Gc.* 5 j. 152.
— à charbon (Dixon). *E.* 11 janv. 65.

Machines outils. Laminoir pour chaînes sans soudures (Klatte), *Gc.* 22. *D.* 121.
— Mandrin excentrique Piguet, *Ci.* 2. *D.* 568.
— Tensions produites dans les bâtis de tours (Kingsbury). *Gc.* 29, *D.* 121.
— Tour à canon de 1m,05, Southgate Engineering C° *E.* 30, *Nov.* 702.
— perceuse revolver Quint. *Ri.* 1, *D.* 473; pour chaudières (Dixon). *E.* 14, *D.* 780.
— fraiseuse aléseuse de l'Atlas Eng. C°. *E.* 7. *D.* 749.
— raboteuse double Lewal. *E.* 28, *D.* 821.
— Poinçonnage (Théorie du). (Frémont). *CR.* 10, *D.* 998.
— Fabrication des tubes (Stiff.) *E.* 7, *D.* 751.
— Outil pneumatique pour le travail des pierres. *LN.* 5 *Janv.* 85.
— Tours américains Demoor. *Ri.* 8. *D.* 484.
— lime. (Étude sur le travail à la). (Kreutzberger.) *Ci.* 9, *D.* 577.
— Machine à rectifier les pièces trempées Huré. *Pm. D.* 178.
— Machine à rectifier les pièces trempées Landiss. *Ri.* 13 *D.* 494.
— Machines à meuler. Wing, Taylor, Appleton, Richards. Carvin. Hawa. *Dp.* 21 *D.* 267.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Machines Outils. Diviseur Sabatier pour fraiseuses. *Ri.* 12 janv. 13.
— à fabriquer les moyeux des cycles. Garwin. *E.* 11 janv. 41.
— Riveuse hyd. Berry. *E.* 11 janv. 65.
— Perceuse multiple pour roues de wagons. *E.* 11 janv. 60.
— Perceuse pour chaudières locomotives. Davies. *Gc.* 12 janv. 161.
— Cintreuse pour tôles. Rushworth. *E.* 4 janv. 12.
— Emboutisseuse Leroy. *Ri.* 12 janv. 14.

Pompes. Essai d'une pompe Worthington à triple expansion (Kennedy). *E.* 30, *Nov.* 717.
— Autorégulatrice Worthington. *E.* 7, *D.* 751.
— à vide. Pulsometer Eng. C°. *E.* 14, *D.* 705.

Poulies en bois. Dodge *Rgds.* 30 *D.* 997.

Moteurs à gaz. Développement du moteur à gaz moderne (Atkinson). E. 30, *Nov.* 719; Otto-Krupp, *E.* 21, *D.* 819.
— Explosion des gaz en vases clos (Dixon). *N.* 13, *D.* 151.

Moteurs à pétrole. Vulcan. Essai. *Dp.* 14, *D.* 246.
— Burke, Tanyge Brunler. Shultze. *Dp.* 4 et 11 janv. 13 et 30.
— à gaz. Mac. George. *EaM.* 5 janv. 10.

Moteurs animés (Les). Thurston. *Fi.* janv. 1.

Moteurs à vapeur. Condenseurs à air libre Montupet. *Ri.* 1, *D.* 478.
— *Id.* Koerting. *Ci* 30, *D.* 613.
— Graisseur pour cylindres Liard. *E.* 21, *D.* 820.
— Accidents en 1893. *Ri.* 22, *D.* 511.
— Turbo-moteurs Raworth. *E.* 4 janv. 31.
— — — Morton. *Ri.* 1, *D.* 474.
— Turbo-moteurs (les) Lefebvre. Société indust. de Rouen. Sept. 306.
— à cylindre et piston mobile. Pierrez. *Rt.* 25.
— Porter, consommant 4k,5 de vapeur par cheval indiqué. *E.* 11 Janv. 33.
— Machine de 1 460 chev. fixe à triple expansion. Yates and Thom. *E.* 21, *D.* 799.
— des navires de guerre. *E.* 7, *D.* 739.
— Rapide Brown. *Ri.* 25 *Nov.*, 518.
— *Régulateurs* Harting, Burgin, Morsier, Daevel, Duge, Radovanovich, Payton, Hrubesh. *Dp.* 7 *D.* 226.

Moteurs hydrauliques. Turbine Girard, horizontale, à chute de 32 mèt., *E.* 30, *Nov.* 703.

Moulins à vent. (Utilisation des) (Ringelman). *Ap.* 3 *Janv.*, 30.

Résistance des matériaux. Machine à essayer Burley. *EE.* 8, *D.* 591.

Thermodynamique. Le principe du travail maximum et l'entropie (Berthelot). *Acp. Janv.* 79.

Transmission. Arbre flexible Marotte. *Ri.* 1, *D.* 474.
— Accouplements élastiques Raffard, etc. (Blondel). *Ie*, 25, *D.* 563.
— Pifre et Brillée. *Ci.* 30, *D.* 619.
— Embrayage Mills. *E.* 7, *D.* 94, 751.

Tuyauterie (Éléments de). *Dp.* 21, *D.* 267.

MÉTALLURGIE

Argent. Argent colloïdal (Schneider) *N.* 30 *Nov.* 260 (Barrus). *CN.* 28. *D.* 315.

Aluminium. Les Bauxites (F. Laur). *Im.* 513. Nouvel élément extrait de la Bauxite rouge. Bayer. *ScP.* 20 *D.* 1155.
— Séparation du chrome et du fer. *C N.* 28. *D.* 310. Réduction de l'aluminium par le charbon Moissan. *CR.* 3 *D.* 935.
— Procédé électrique Willson. *EaM.* 15 *D.* 557.
— Alliages d'aluminium (Riche). *Pc. Janv.* 2.
— Alliages de bismuth et d'argent. Coupellation des. Smith. *Sc. P.* 5 janv. 11.
— Cubilots à enveloppe d'eau. *Gc.* 12 janv. 165.
— Composition des charges des hauts fourneaux pour la fusion du plomb et de l'argent (Watson). *Cs.* 31, *D.* 1140.
— Soudure dure pour les bronzes. Schwirkness. *Cs.* 31, *D.* 1200.
— Résistance des alliages d'aluminium. (Richards). *Fi.* janv. 69.
— Trieur électro-magnétique Carmichael. *EE.* 5 janv. 7.

Fer et acier. Hauts fourneaux. Perte de chaleur aux (Wedding) *Ru. Oct.* 71.
— Fabrication et purification du fer (Clapp et Williams). *E.* 4 *Janv.* 31.
— Analyse des minerais de fer (Morgan). *Cs.* 30 *Nov.* 1023.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Fer et acier. Sidérurgie de la Haute Silésie. *Im.* Vol *v*. 333.
— Ind. du fer et de l'acier en Allemagne en 1894. *Gc.* 1 *D.* 71.
— La cristallisation du fer. *EaM.* 24 *Nov.* 482.
— Études des graphites du fer (Moissan). *CR.* 31 *D.* 1245.
— Déplacement du carbone par le bore et le silicium dans la fonte en fusion Moissan. *CR.* 24 *D.* 1172.
— Métallurgie du fer dans le sud de la Russie. (Bayard). *Ru. Nov.* 105.
— Alliages. Composition et constitution des (Wright). *Cs.* 30 *Nov.* 1014.

Electro-Métallurgie. Four électrique Chappelet. *EE. V. D.* 603.
— Du lithium et du magnésium. (Borchers) *EE. V. D.* 602.

Mercure. Recherches sur les sulfates mercuriques (Varet). *ScP.* 20 *D.* 1166.

Nickel. Détermination des impuretés (Fleitman). *CN.* 7 *D.* 280 et *Cs.* 30 *Nov.* 1096.
— Minerais de la Nouvelle-Calédonie (Moore). *CN.* 7 *D.* 279.

Or. Nouveau traitement des minerais aurifères par le brome (Lossen). *N.* 30 *Nov.* 263.
— Extraction par le Cyanure (Andreoli). *EE. V.* 15. *D.* 391.

Platine. Nouvelle méthode de fab. des platinochlorures (Lea). *CN.* 30 *Nov.* 71.

MINES

Fonçage des puits, *Dp.* 30 nov. 199.

Grisou. Graduation des éprouvettes à (Rateau). *AM.* nov. 94, 504.
— Grisoumètre. Tilghman. *Cs.* 30 N. 1052.
— Industries minières en Australie. *USR.* nov. 403.

Préparation mécanique. Séparation du magnésium et du fer dans les minerais de zinc. Ferraris. *Gc.* 15 *D.* 648.
— Bocard Newton. *EaM.* 8 *D.* 511.
— Lavage aux mines de zinc de Montefiore. *E.* 14 *D.* 771.
— Lavage des minerais. Table de Linkenbach. *Im.* vol. 8. 527.
— Application de l'électricité aux mines (Berthon). *Elé.* 29 *D.* 422.

Or. Mines du Transvaal (L. Saury). *Sg.* 9 *Nov.* 373.
— de Dahonega. *Ea M.* 15 *D.* 559.
— de la Guyane anglaise. *USR. D.* 558.
— du Witwatersrand (Moore). *Es.* 20 *Nov.*
— de Minas-Geraes (P. Ferrand). *Ru. Nov.* 192.
— Conditions nouvelles de la production de l'or (Paul Leroy-Beaulieu). *Ef.* 5 *Janv.* 1.

Zinc et plomb. Missouri-Kansas. *EaM.* 1. 8. *D.* 504, 535.

Perforatrice Ogle. *E.* 14. *D.* 773.

Perforatrices électriques Siemens, Thomson-Houston, Mackey. *EE.* 5 janv. 3, 5 et 6.

Travaux au jour des houillères Wain. *E.* 14. *D.* 774.

Traction électrique dans les mines à l'Exposition d'Anvers. *Im.* vol. 8. 597 (Cambessèdes).

L'industrie houillère et la condition des mineurs en 1893 *Ef.* (C. Michel). 1. *D.* 685.

Lavage des charbons à Bridgewater. *Ri.* 22 *D.* 502.

PHOTOGRAPHIE

Développement de l'image par les peroxydes alcalins (Roy). *Sfp.* 1 *D.* 545.

Agrandissements par la jumelle photographique Makenstein. *Sfp.* 553.

Inaltérabilité des épreuves sur papier au platine. Restauration des épreuves. *Sfp.* 1 *D.* 554.

Lampe à arc pour projections Molteni. *Sfp.* 15, *D.* 583.

Liquide acide. Développement en (A. et L. Lumière). *Sfp.* 15, *D.* 585.

Épreuves à l'argent. Préservation des (L. Vidal). *Sfp.* 15. 588.

Hyposulfite de soude. Réaction engendrée par la décomposition de l'— dans le fixage des images (Syawitz). *ScP.* 5 janv. 11.

Théorie des opérations photographiques (Berthier). *Co.* 12 janv. 203.

Le Gérant : GUSTAVE RICHARD.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

BULLETIN
DE
LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT
POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

ARTS MÉCANIQUES

RAPPORT *fait par* M. ÉDOUARD SIMON, *au nom du Comité des Arts mécaniques, sur un* NOUVEAU PROCÉDÉ DE FABRICATION DES ÉTOFFES PAR EFFETS DE CHAINE, BREVETÉ S. G. D. G., *par* M. DUQUESNE, *manufacturier à Paris, 10, rue d'Aboukir.*

MESSIEURS,

M. Duquesne n'est pas un inconnu pour la Société d'Encouragement; en 1886, il vous présentait un tissu de son invention : le *Tapis parisien*, et des moyens originaux pour tisser à bras le nouveau produit. Une médaille de platine consacra la valeur des résultats obtenus. Depuis cette époque, M. Duquesne n'a cessé de perfectionner son industrie et il est arrivé, au prix d'efforts bien méritoires, à établir un métier mécanique approprié à la fabrication du tapis parisien.

Malgré cette persévérance, l'inventeur eût peut-être échoué, s'il n'avait eu la bonne fortune de rencontrer sur sa route un autre de vos lauréats : M. Grosselin, de Sedan, qui lui a apporté un large concours pécuniaire, en même temps que les ressources d'un atelier de constructions mécaniques bien outillé. La Société d'Encouragement n'est point étrangère au rapprochement de ces deux hommes, dont elle avait reconnu et signalé la valeur.

Aujourd'hui, M. Duquesne soumet à votre examen un procédé que ses applications ne limitent pas à la fabrication du tapis parisien.

Vous savez, Messieurs, — pour nous en tenir aux solutions les plus simples, — que la surface des tissus unis ou façonnés se modifie soit par des effets de chaîne, soit par des effets de trame; c'est-à-dire, que les fils longi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tudinaux ou les fils transversaux constituent la partie apparente et décorative de l'*endroit*. Vous savez également que la représentation des entrelacements nécessaires à la confection de l'étoffe est dessinée *a priori* par des artistes spéciaux sur un papier dit de *mise en carte*, divisé par des lignes horizontales et verticales en autant de cases rectangulaires qu'il doit être employé de fils dans l'ensemble ou le *raccord* du dessin.

Habituellement, ce dessin se développe, tant sur la mise en carte que sur le métier, suivant la longueur de la pièce. Pour les étoffes où la trame forme l'élément apparent, rien n'est plus rationnel, puisque le tisseur insère successivement, à son choix, les nuances que des navettes multiples mettent à sa disposition. La même méthode, usitée pour les effets de chaîne, présente plusieurs inconvénients : les nuances se trouvant réparties dans l'ordre même où les fils de la chaîne ou des chaînes sont juxtaposés par l'ourdissage, il arrive fréquemment que deux motifs identiques : deux fleurs, par exemple, symétriquement placées sur chaque bord du tissu, correspondent à deux groupes de fils de tons différents, et présentent ainsi des coloris dissemblables. D'autres fois, si l'on veut reproduire un motif central donnant l'illusion d'une masse solide, le sommet ne peut être plus éclairé que la base, puisque les mêmes fils de chaîne, teints uniformément, règnent d'un bout à l'autre de la pièce.

Pour tourner la difficulté, M. Duquesne a eu l'idée aussi simple que neuve de placer le dessinateur, par la pensée, non plus devant le métier, comme le tisseur, mais latéralement, et de lui faire tracer les contours du dessin transversalement aux fils de chaîne, soit à angle droit avec la direction accoutumée. L'artiste trouve alors devant lui toutes les nuances que comporte la chaîne, il peut en multiplier notablement les effets, parce qu'il n'est plus limité en hauteur par l'uniformité des nuances; il peut, dans toutes les dispositions symétriques, obtenir une harmonie de tons qui lui était interdite; il lui est également loisible de nuancer les fonds unis de façon à faire disparaître la régularité monotone des produits industriels, et à donner l'illusion des tapis orientaux fabriqués à la main.

Pour les grands motifs, le tissage du dessin mis en carte transversalement facilite les raccords des pièces, quelle qu'en soit la largeur, et dissimule les lignes des coutures.

Toutes les fois, en effet, qu'un tapis à dessins et en pièces raccordées par bandes est posé dans un appartement, l'ouvrier le déroule de la porte aux fenêtres en vue de l'éclairage naturel du ou des motifs. Malgré cette précau-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tion, la chaîne qui ombre le dessin par côté, dans toute sa hauteur, va à l'encontre de l'effet cherché. Avec le procédé Duquesne, les bandes étant déroulées en travers de l'appartement, le dessin se présente comme précédemment, de la porte aux fenêtres. Mais la lumière du jour éclaire alors les motifs décoratifs de façon normale, et dissimule les coutures en les traversant.

Cette méthode est applicable à tous les tissus par effets de chaîne : satins, velours de Gênes, etc. Tel est aussi l'avis de notre collègue, M. Imbs, qui a bien voulu se joindre à votre rapporteur pour examiner sur place un certain nombre de produits obtenus par le nouveau procédé.

En conséquence, le Comité des Arts mécaniques vous propose, Messieurs, de remercier M. Duquesne pour sa très intéressante communication, de lui adresser vos félicitations et de voter l'insertion au *Bulletin* du présent rapport avec la *planche en couleur* nécessaire pour l'intelligence du procédé (1).

Signé : Édouard Simon, *rapporteur.*

Approuvé en séance du 14 décembre 1894.

ARTS MÉCANIQUES

Rapport sur le concours spécial de moteurs a pétrole d'une puissance de 4 chevaux, par **M. Ringelmann,** *professeur à l'École nationale d'Agriculture de Grignon, directeur de la station d'essais de machines* (2).

Si l'idée d'employer les vapeurs de pétrole pour la production des mélanges tonnants destinés à actionner des machines motrices remonte presque à l'origine des moteurs à gaz, la réalisation pratique ne date guère que de ces dernières années.

Ces moteurs, sans chaudière, pouvant jusqu'à un certain point fonctionner sans mécanicien, occupent un emplacement très faible, sont utilisables dans les localités où le gaz fait défaut, ne nécessitent pas les charrois coûteux d'un combustible encombrant, etc., etc. ; tels sont les principaux motifs qui militent en faveur de ces intéressants moteurs de l'avenir.

L'abaissement récent des droits de douane sur l'entrée des pétroles en France a eu pour effet d'appeler l'attention sur ces machines, qui sont très répandues en Angleterre et en Allemagne, où ce combustible est à bas prix. Sous l'ancien régime douanier, le pétrole brut était taxé, dans notre pays, à 18 francs les 100 kilos, et le pétrole raffiné

(1) Voir la planche à la fin du présent *Bulletin.*

(2) Comme suite à la conférence faite par M. Ringelmann à la Société d'Encouragement le 14 décembre 1894 (*Bulletin* de décembre 1894, p. 958. (Extrait, avec autorisation de l'auteur, du *Bulletin du Syndicat agricole de l'arrondissement de Meaux*, du 15 juin 1894.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à 25 francs. Sous ce régime, les cours, sans les droits de douane, étaient le 1er octobre 1891, d'après le rapport de MM. Riche et Roume (ministère du Commerce) :

15 fr. 23 à Anvers ;

16 fr. 07 à Londres ;

20 fr. 50 à 23 francs à Paris, sans droit de douane et d'octroi ;

45 fr. 50 à 48 francs à Paris avec droit de douane, sans octroi.

Depuis juillet 1893, les droits d'entrée en France ont été abaissés à 9 francs les 100 kilos pour le pétrole brut et à 12 fr. 50 pour les raffinés ; pourtant les cours étaient dans le courant de février dernier, à New-York :

8 fr. 21, l'hectolitre de pétrole brut ;

6 fr. 92, Standard White ;

7 fr. 18, pétrole raffiné à 70 p. 100,

avec un fret pour Anvers de 1/7, 1/2 à 1/9 ; le fret pour le Havre ne dépasse pas 3 francs à 3 fr. 25 les 100 kilos. Au même jour, les cours, en gare de Paris, sans octroi, étaient de :

30 fr. 50 à 31 fr. 50 les 100 kilos ;

24 fr. 50 à 25 fr. 50 l'hectolitre ;

(Droit d'octroi, 22 francs l'hectolitre).

Le pétrole est donc encore payé en France bien plus cher qu'à l'étranger : en Suisse, il vaut 0 fr. 15 à 0 fr. 18 le litre.

Il est à souhaiter que le prix des pétroles en France s'abaisse dans l'avenir, ce combustible essentiellement démocratique, utilisé surtout par les petits ménages, pouvant trouver de nombreuses applications, comme force motrice, non seulement en agriculture mais aussi dans la petite industrie. Au point de vue social, le moteur à pétrole peut enrayer la centralisation des ouvriers, leur agglomération dans de grands ateliers, et peut par suite éviter les discordes et les désordres qui trouvent dans ces agglomérations un terrain si propice à leur développement (1).

On conçoit que les moteurs qui nous intéressent se soient surtout répandus dans les pays tels que l'Angleterre et l'Allemagne où le pétrole est à bon marché et où le prix de revient du cheval-heure permet leur emploi économique. Aux États-Unis d'Amérique, les moteurs à pétrole sont assez peu employés à cause du bas prix de la houille (7 à 8 francs la tonne en gros), et le pétrole, si abondant en Pensylvania, en Indiana, etc., est surtout utilisé pour chauffer les générateurs de vapeur, dont un exemple en grand a été fait avec succès à la batterie des chaudières de la force motrice de l'Exposition de Chicago (2). J'ai été bien surpris de ne trouver à cette Exposition qu'un très petit nombre de moteurs à pétrole de construction américaine, alors que je pensais pouvoir y étudier un ensemble important ; il y avait plus de machines des pays étrangers aux États-Unis que de moteurs américains.

Plusieurs hypothèses ont été émises jusqu'à ce jour sur l'origine des pétroles : suivant les auteurs, le pétrole serait le résultat d'une distillation de débris animaux et végétaux, de distillation de la houille ou d'une action chimique (Berthelot, Mendelejeff), mais d'après les expériences récentes de M. Engler, de Carlsruhe (3), le pétrole résulterait de la distillation, sous pression, d'huiles provenant de graisses animales fournies par ces millions d'êtres qui vivaient dans les mers dévonienne et silurienne.

(1) Voir le *Rapport de M. Lavollée* « Sur le tarif de l'huile de pétrole ». *Bulletin* de juin 1891.
(2) *Bulletin* d'avril 1894, p. 484.
(3) *Prometheus.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le pétrole se rencontre sur plusieurs points du globe, mais les gisements les plus importants se trouvent dans l'Amérique du Nord et dans le Caucase, sur le littoral ouest de la mer Caspienne, aux environs de Bakou. L'extraction du produit se fait par des puits tubulaires jaillissants ou par aspiration.

A l'état brut, le pétrole est un liquide visqueux, brun, plus ou moins verdâtre, d'une odeur pénétrante, insoluble dans l'eau, au toucher gras, présentant une densité variable, comprise généralement entre 700 et 900 : certains pétroles d'Égypte ont une densité de 935. On trouve également des pétroles solides appelés *cire minérale*, *osikérite*, etc.

Nous résumons dans le tableau suivant les résultats de l'industrie des pétroles afin de montrer la variété des produits qu'on en tire et la différence qui existe entre ces produits, dont plusieurs sont désignés par le public sous le nom général de *pétrole*, et qu'il y a lieu de bien distinguer surtout pour ce qui concerne les moteurs.

Le point d'ébullition, comme le point d'inflammation, est donc retardé par une augmentation de densité ; il en est de même de l'évaporation, qui est d'autant plus intense que le liquide contient de produits légers, et cette évaporation peut causer des dangers en produisant avec l'air des mélanges explosibles. A notre laboratoire, un produit américain qui nous avait été délivré comme pétrole brut, formé par un mélange d'huiles lourdes et d'essence de pétrole, avait une densité de 795,5, s'enflammait à la température ordinaire (18°) ; il a perdu en 24 heures, par évaporation, 15 p. 100 d'essence (en poids) de densité moyenne de 681,6 ; la densité du liquide restant est montée à 815 et il est devenu ininflammable à la température ordinaire.

Au point de vue des déterminations du pétrole lampant, on distingue :

Le degré de chaleur nécessaire pour que le pétrole chauffé en présence de l'air donne lieu à une explosion accompagnée d'une flamme qui s'éteint aussitôt; c'est le *point d'éclair* appelé *Flashing point*.

Le degré de chaleur nécessaire pour que le pétrole, ayant pris feu à l'air, continue à brûler ; c'est le *Burning point*.

Le point d'éclair est déterminé en France par l'*appareil Granier*, d'après l'arrêté du 5 septembre 1873, pris par le Ministre de l'Agriculture et du Commerce sur l'avis du Comité consultatif des Arts et Manufactures ; le point d'éclair réglementaire minimum est de 35° à cet appareil; mais sur 55 échantillons prélevés en différents points de la France et examinés par MM. Riche et Roume, 7 seulement présentaient cette condition (rapport précité de 1892) (1).

En Angleterre et en Allemagne, le point d'éclair est mesuré avec l'appareil du chimiste anglais Abel ; en Amérique, on se sert de l'appareil Sayboldt pour le Flashing et le Burning points ; le concours de Meaux étant international, M. A. Riche, comme nous le verrons plus loin, a bien voulu faire toutes ces déterminations sur le pétrole qui a été employé aux essais.

On doit actuellement rechercher et encourager les moteurs utilisant le *pétrole lampant* d'une densité de 800 à 850, dont le point d'inflammation n'a lieu qu'à une température relativement élevée (vers 30 à 40°). On conçoit toute la sécurité que peut présenter un semblable combustible alors que la *gazoline*, dont la densité est de 635 à 690, émet des vapeurs à la température ordinaire, et peut s'enflammer à 10 degrés sous zéro, et que, pour l'*essence* (densité 710 à 750) le point d'inflammation est compris entre zéro et 5 degrés.

(1) Voir le *Bulletin* d'octobre et de novembre 1892, p. 652 et 751.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

RAFFINAGE DU PÉTROLE BRUT

Résultats de la distillation du Pétrole brut.

TEMPERATURE de distillation.			PRODUITS OBTENUS	DENSITÉS	POINTS D'ÉBULLITION	OBSERVATIONS
de 0° à 150°	NAPHTES BRUTS ou ESSENCES DE PÉTROLE représentant 5 à 20 % du volume de pétrole brut. Densité { *Américain.* 700 / *Russe.* . . 750	par le RAFFINAGE on obtient aux temperatures de 0° à 30°	CYMOGÈNES RHIGOLÈNES	600 à 650	0° 18°,3	Très inflammables
		de 60° à 90°	ÉTHERS DE PÉTROLE GAZOLINES CANADOLS ESSENCES MINÉRALES	650 à 660 635 à 690 650 à 670	40° à 60° 50° à 90°	Inflammables à une température inférieure à 0°
		de 96° à 146°	ESSENCES LOURDES DE PÉTROLE LIGROINES BENZINES	680 à 736 720 à 745	80° à 110° 120° à 150°	Inflammables à une température comprise entre 0° et 5°
de 150° à 270°	KÉROSÈNES OU HUILES LAMPANTES Volume 7 à 45 0/0 du volume primitif.	Par épuration et lavage, on obtient un produit clair, limpide, incolore ou légèrement teinté en jaune.	HUILES LAMPANTES ou PÉTROLES LAMPANTS	Américain. 790 à 810 Russe. 805 à 850		Inflammables de 43° à 65°
Résidus	GOUDRONS 10 à 20 % du volume primitif. — Par distillation on retire.	Huiles lourdes	HUILES LOURDES	790 à 890		Inflammables de 270° à 330°
		Huiles lubrifiantes	HUILES LUBRIFIANTES PARAFFINES	865 à 920 869 à 943		
		Résidus	VASELINES GOUDRONS COKE	860 — —		

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Si le pétrole lampant ne présente aucun danger de manipulation, il n'en est pas de même de la gazoline ou de l'essence, surtout dans une ferme où les incendies, si faciles à se développer, sont si difficiles à éteindre.

Pour ces raisons, il y a lieu de mettre le public en garde contre l'épithète de *moteurs à pétrole*, si souvent employée pour des moteurs fonctionnant avec de la gazoline ou de l'essence de pétrole.

Rappelons en quelques mots l'histoire de ces moteurs (1). En 1872, *Bragton* prit une patente en Amérique pour le *Ready-Motor* (qui ne fut construit qu'en 1876 dans les ateliers d'Exeter dans le New-Hampshire); cette machine fonctionnait avec de l'air carburé par un hydrocarbure lourd. En 1873, *J. Hock*, de Vienne, prit une patente pour un moteur utilisant les hydrocarbures légers et suffisamment volatils pour donner des vapeurs abondantes à la température ordinaire ; le moteur Hock consommait beaucoup trop de pétrole léger par cheval et par heure (750 centimètres cubes) (2).

En 1877, *Otto* construisit la machine à gaz du cycle à quatre temps, qui fit son introduction en France, lors de l'Exposition universelle de 1878; le brevet d'Otto souleva de nombreux procès, qui eurent pour résultats de constater que Reithmann, en 1838, Degrand, en 1859, et Beau de Rochas, en 1861, avaient insisté, à la suite de Lebon, sur les heureux résultats d'une compression préalable du mélange explosible dans le cylindre moteur. A cette Exposition figurait un moteur vertical à pétrole de Brayton.

A l'Exposition universelle de 1889, on pouvait remarquer de nombreux moteurs à gazoline, quelques-uns à essence, un ou deux à pétrole lourd, et, en 1891, M. Gustave Chauveau (3) disait, en parlant de ces machines, que les « moteurs à pétrole lampant sont d'invention récente; ils ne sont donc pas encore suffisamment pratiques, mais, en raison de leurs avantages, ils se perfectionneront certainement avec rapidité ».

Cependant, en 1893, M. Gustave Richard (4) citait neuf moteurs mi-fixes utilisant les pétroles de 800 à 850 de densité, et quatre moteurs locomobiles, presque tous de construction anglaise ou allemande. Tout faisait prévoir leur prochaine extension, et il y avait lieu de se rappeler que M. Hirsh, ingénieur en chef des ponts et chaussées, professeur à l'École des ponts et chaussées et au Conservatoire des arts et métiers (5), disait « qu'une voie de progrès semble ouverte du côté des combustibles liquides, dont l'emploi est encore relativement récent. Dans les villes qui ne disposent pas d'une canalisation de gaz d'éclairage, les moteurs à gaz pauvres et à combustibles liquides offrent les plus brillantes promesses. »

Les *moteurs à pétrole*, tels qu'ils ont été définis par le règlement du concours international de Meaux « utilisant le pétrole lampant d'une densité de 800 à 850, ininflammable à la température ordinaire », ne sont pas si nombreux; leur vente, encore limitée, est destinée à devenir des plus importantes dans un avenir prochain.

Si l'on voit beaucoup d'annonces de *moteurs à pétrole*, les ateliers ne sont pas tous prêts à en livrer; pour beaucoup d'entre eux, ces moteurs sont encore dans la période d'étude.

Je crois utile de déclarer que j'ai donné toutes les indications nécessaires aux dif-

(1) Aimé Witz, *Traité théorique et pratique des Moteurs à gaz*, 1889.
(2) Musil, *Die Motoren fur das Kleingewerbe.*
(3) Gustave Chauveau, *Traité théorique et pratique des Moteurs à gaz*, 1891, page 324.
(4) Gustave Richard, *Les Moteurs à gaz et à pétrole en* 1892.
(5) Conférence du 6 avril 1891, sur les *Moteurs à gaz*, à l'Association polytechnique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

férents constructeurs ou représentants de moteurs à pétrole, pour bien expliquer la méthode que nous comptions appliquer aux essais, afin de donner au concours toute la sécurité possible, le classement des machines devant surtout se baser sur des résultats d'expériences, sur des constatations matérielles, et non sur des appréciations vagues.

Il s'est alors produit une sélection naturelle, et l'on peut dire que les machines qui furent envoyées aux essais étaient celles dont les inventeurs ou les constructeurs étaient sûrs; les autres ne peuvent donner comme excuse le temps ou la dépense; on avait tout le temps matériel nécessaire pour préparer la machine, et les essais étaient gratuits pour tous les concurrents.

Aussi, le fait d'avoir participé au concours est-il hautement recommandable pour les constructeurs dont les noms suivent :

1° *Hornsby-Akroyd* (machine mi-fixe);
2° Compagnie des moteurs *Niel* (machine mi-fixe);
3° Compagnie des moteurs universels (machine *Grob,* locomobile);
4° Société de *Winterthur* (machine mi-fixe);
5° Compagnie des moteurs universels (machine *Grob*, mi-fixe);
6° *Griffin et Cie* (machine mi-fixe);
7° *Merlin et Cie* (machine locomobile);
8° Compagnie des moteurs *Niel* (machine locomobile).

CHAPITRE II

DU PÉTROLE EMPLOYÉ AUX ESSAIS

Le dernier paragraphe de l'article 3 du règlement du concours indiquait bien les conditions des expériences : « Tous les moteurs seront essayés avec *le même pétrole*, à la puissance maximum, à 4 chevaux, à 2 chevaux et à vide. »

Les pétroles consommés en France proviennent d'Amérique ou de Russie ; les pétroles russes, importés à Saint-Louis-du-Rhône, tiennent surtout comme marché le bassin du Rhône, et sont encore peu répandus sur le reste du territoire. Il nous a été impossible de nous procurer des pétroles américains d'une densité d'environ 810 à 820, mais, par contre, nous avons trouvé un meilleur accueil auprès de M. A. André fils, concessionnaire de la Société russe Nobel frères, pour l'exploitation de naphte.

Les différentes déterminations physiques et chimiques du pétrole employé aux essais ont été faites par quelques personnes des plus compétentes en la matière, auxquelles le Jury adresse ses plus vifs remerciements.

M. *A. Riche*, membre de l'Académie de médecine et directeur du laboratoire des expertises au Ministère du Commerce et de l'Industrie, a bien voulu nous prêter son précieux concours pour la détermination des densités, points d'éclair, burning-point et la distillation fractionnée.

M. *Mahler*, ingénieur civil des mines, a bien voulu, de son côté, se charger de déterminer expérimentalement le pouvoir calorifique du pétrole dans son appareil nommé *obus calorimétrique*, qui est une modification de la bombe calorimétrique de M. Berthelot (1).

Enfin, M. Crochetelle, ancien élève de l'École municipale de physique et de chimie, répétiteur de chimie à l'École de Grignon, a bien voulu faire l'analyse du pétrole.

(1) *Bulletin* de juin 1892. p. 317.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les résultats fournis par ces divers expérimentateurs sont indiqués dans les tableaux suivants :

Densité, points d'éclair et distillation fractionnée.

NUMÉRO de L'ÉCHANTILLON.	DENSITÉ à 15° C.	APPAREIL SAYBOLDT.		POINT D'ÉCLAIR A L'APPAREIL.	
		FLASHING point.	BURNING point.	ABEL-PINSKY.	GRANIER.
1.	823,10	46°	57°	29°	31°,5
2.	823,10	50°,5	51°,7	29°	31°
MOYENNE. . .	823,10	48°,2	54°,3	29°	31°,2

« L'appareil Sayboldt, étant un appareil ouvert, donne des résultats très différents de ceux de l'Abel-Pinsky et de Granier, qui se rapprochent; cependant, l'appareil Granier fournit toujours un nombre plus fort. »

Résultats de la distillation fractionnée par dixièmes.

NUMÉROS.	ÉCHANTILLON N° 1.		ÉCHANTILLON N° 2.	
	TEMPÉRATURES de distillation.	DENSITÉS à 15° C.	TEMPÉRATURES de distillation.	DENSITÉS à 15° C.
	degrés.		degrés.	
1.	67 à 151	776,5	84 à 140	782
2.	151 à 160	787	140 à 144	797,5
3.	160 à 164	797	144 à 136	797,5
4.	164 à 155	812	136 à 128	807
5.	155 à 142	822,5	128 à 128	826,5
6.	142 à 163	832	128 à 140	827,5
7.	163 à 149	833,5	140 à 143	833,5
8.	149 à 173	841,5	143 à 174	841,5
9.	173 à 198	848,5	174 à 178	846,5
10.	198 à 219	855	178 à 222	858

Signé : ALF. RICHE,

Membre de l'Académie de Médecine, Directeur du Laboratoire des expertises au Ministère du Commerce et de l'Industrie.

Pouvoir calorifique.

« On s'est servi de l'obus calorimétrique dans les conditions qu'indiquent les pages 24-46 de mon ouvrage : *Contribution à l'étude des combustibles.*

« Les chiffres ci-dessous se rapportent donc à des combustions complètes effectuées sous volume constant :

	Pouvoir calorifique par kilogramme.
Échantillon n° 1	11,025 calories
Échantillon n° 2	11,055 —
Moyenne : 11,040 calories.	

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« Les chiffres trouvés s'approchent l'un de l'autre à moins de 1/300, et on peut considérer les pétroles qu'ils représentent comme de même valeur, au point de vue calorifique. »

Signé : P. MAHLER.

Ingénieur civil des Mines,
Membre de la Société des Ingénieurs civils.

COMPOSITION CHIMIQUE

	ÉCHANTILLONS		
	N° 1.	N° 2.	Moyenne.
Carbone	84,223	84,241	84,232
Hydrogène	15,441	15,439	15,440
Oxygène et azote (par différence)	0,336	0,320	0,328

« Dans le cas de l'échantillon n° 2, la colonne d'oxyde de cuivre était un peu plus longue que pour le n° 1, aussi ai-je trouvé un peu plus de carbone.

Quantité d'air nécessaire à la combustion complète.

« En se basant sur la composition moyenne, on peut calculer la quantité d'air nécessaire pour transformer le carbone en acide carbonique et l'hydrogène en eau.

12 grammes de carbone nécessitent 32 grammes d'oxygène pour se transformer en acide carbonique; pour les 842 grammes de carbone, il faudra. . 2,245 gr. d'oxygène

D'autre part, 1 gramme d'hydrogène, nécessite 8 grammes d'oxygène, les 154 grammes exigeront. . . . . 1,232 gr. d'oxygène

TOTAL. . . . . 3,477 gr. d'oxygène

L'air renfermant 23 p. 100 de son poids d'oxygène, la quantité d'air nécessaire en poids sera de :

$$\frac{3,477 \times 100}{23} = 15,117 \text{ grammes.}$$

La densité de l'air étant de 1,293, le volume d'air nécessaire à la combustion complète sera de :

$$15,117 : 1,293 = 11^{m3},691$$

Signé : J. CROCHETELLE,

Répétiteur de chimie à l'École nationale d'Agriculture de Grignon, ancien élève de l'École municipale de physique et de chimie de la ville de Paris.

CHAPITRE III

DES ESSAIS

Toutes les machines concurrentes ont été essayées avec la même méthode, afin que les résultats d'expériences permettent de déterminer les différentes conditions de fonctionnement, le prix de la journée de travail, et servir à des recherches d'ordre scientifique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le même pétrole a été employé dans tous les essais, ainsi que nous l'avons vu, et chaque machine fonctionnait successivement à vide, à une puissance de deux chevaux-vapeur (1), (1,5 Poncelet) (2), de quatre chevaux (3 Poncelets), et à la puissance maximum.

Autant que cela a été possible, les tuyaux d'échappement ont été coupés à deux mètres au-dessus de l'axe de la machine.

Les essais ont été prolongés aussi longtemps que possible : trois et quatre heures, sauf pour certaines machines, qui se sont arrêtées d'elles-mêmes, ou pour lesquelles je n'ai pas eu le temps matériel nécessaire, comme, par exemple, pour celles qui sont arrivées les dernières au laboratoire. Mais, en tous cas, pour toutes les machines, les temps d'essais ou de constatations ont toujours été précédés d'un temps de marche au même travail ; ce temps dépassait souvent une heure, afin que les mesures fussent bien prises lorsque la machine était en marche normale de travail, qu'elle avait atteint une température constante et, par suite, son régime.

Il est utile de dire, dans ces conditions générales, que j'ai donné à chaque concurrent la quantité du pétrole qu'il demandait et tout le temps nécessaire pour effectuer un réglage préalable. Je n'ai procédé aux constatations qu'après avoir été avisé par le constructeur qu'il considérait son moteur comme bien réglé ; certaines machines ont pris, pour cela, jusqu'à deux et trois jours, et, si j'insiste sur ce fait, c'est uniquement pour montrer les conditions exceptionnelles des essais, qu'on ne pouvait réunir qu'en ayant à sa disposition le temps et les appareils nécessaires, et qu'il eût été impossible d'obtenir dans des expériences faites ailleurs qu'à un laboratoire convenablement outillé. On n'aurait jamais eu assez de temps à Meaux, et les essais, forcément limités, entachés d'erreurs, eussent conduit à juger plutôt les conducteurs de machines que les moteurs eux-mêmes.

Dans chaque série d'essais, il a été noté (fig. 1) :

Le pétrole ou l'esprit de bois, nécessité par l'allumage ;

Le pétrole consommé par le piston et par la lampe ;

Le graissage, huile ou graisse, (*a*) du piston, (*b*) de la bielle, (*c*) de l'arbre et des organes de la distribution et de l'alimentation ;

La pression barométrique.

Puis, de dix minutes en dix minutes, on procédait aux relevés suivants :

La température de l'air ;

Les températures de l'eau de refroidissement du cylindre (à l'entrée et à la sortie) ;

La quantité d'eau de refroidissement ;

La température des gaz d'échappement ;

Le nombre d'explosions ;

Le nombre de tours ;

Les variations de la vitesse, mesurées au tachymètre.

Des diagrammes étaient relevés à l'indicateur lorsqu'on pouvait l'adapter à la machine.

Sans vouloir insister sur les différents appareils employés (compteurs de tours, thermomètres à hautes températures, compteurs d'eau, tachymètres, etc.), il me faut dire un mot du frein automatique que j'ai été conduit à établir pour ces expériences ; ce frein, qui permet de poursuivre avec sécurité, pendant plusieurs heures consécu-

(1) De 75 kilogrammètres par seconde.

(2) De 100 kilogrammètres par seconde.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tives, les essais des moteurs à gaz, a été l'objet de la communication suivante à la Société nationale d'agriculture de France, le 9 mai dernier.

La mesure de la puissance des différentes machines motrices s'effectue à l'aide de *freins* dont le principe a été donné par Prony, en 1821.

Dans le frein de Prony, le travail moteur fourni par la machine est absorbé en totalité par le frottement d'un collier en bois ou en métal, convenablement lubrifié par de l'huile, de la graisse, de l'eau, etc. Lorsque le travail de frottement est équivalent au travail moteur, le frein est en équilibre, et on détermine la puissance de la machine sans avoir à se préoccuper du coefficient de frottement du collier contre la partie mobile, poulie ou volant, sur laquelle il est appliqué (1).

Le principe qui fut posé par Prony est resté employé dans la pratique, et les seules modifications qui furent apportées successivement par différents ingénieurs résident dans des détails de construction, afin de faciliter le travail de l'expérimentateur, d'éviter l'échauffement du frein ou de rendre l'opération plus propre en atténuant ou en supprimant la projection des matières lubrifiantes. Sans vouloir insister, dans cette note, sur ces différents freins très ingénieux, nous pouvons rappeler le frein Weyher.

Le frein est donc un *dynamomètre d'absorption ;* mais pour que ses indications soient exactes, il faut, de toute nécessité, que le travail résistant Tr du frein soit incessamment équivalent au travail moteur Tm fourni par la machine, qu'on ait, à chaque instant de l'expérience :

$$Tm = Tr$$

Toutes choses égales d'ailleurs, pour un même poids P (ou pour un même effort tangentiel au frein), le travail résistant est fonction du coefficient du frottement f du collier du frein et de la pression q qui appuie ce collier contre la partie mobile.

Or, dans une expérience, f et P restent constants, et l'équilibre du frein est assuré en faisant varier le serrage q du frein, serrage qui s'effectue généralement à la main, à l'aide de vis à écrou à oreilles ou à volant.

Ces freins, très simples, sont d'un emploi très commode pour les machines dans lesquelles le travail moteur est constant ou peu variable, comme, par exemple, les moteurs à vapeur, et à plus forte raison les moteurs hydrauliques.

Pouvais-je employer un semblable frein pour les moteurs à gaz? Telle est la question que je me suis posée lorsque j'eus à faire les essais des moteurs à pétrole du Concours international de Meaux.

Dans les conditions expérimentales où je tenais à me placer, il fallait :

1° Que le frein puisse être appliqué sur le volant même de la machine essayée, quels que soient son diamètre, sa largeur et sa vitesse, afin de n'avoir rien à faire changer au moteur ;

2° Que le frein soit automatique et qu'il se tienne seul en équilibre pendant toute la durée de l'expérience, qui devait se prolonger plusieurs heures, afin d'éviter les réclamations ultérieures, car on pouvait m'objecter que le mécanicien, en manœuvrant le frein, l'avait appuyé ou chargé ;

(1) Rappelons que si l'on désigne par P le poids qui fait équilibre au frein dont le rayon d'action est R, par N le nombre de tours par minute, la puissance Tm du moteur estimée en kilogrammètres par seconde a pour expression :

$$Tm = \frac{N}{60} 2\pi RP$$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

3° Que le frein agisse sous l'action du poids et non sous l'action de ressorts gra-

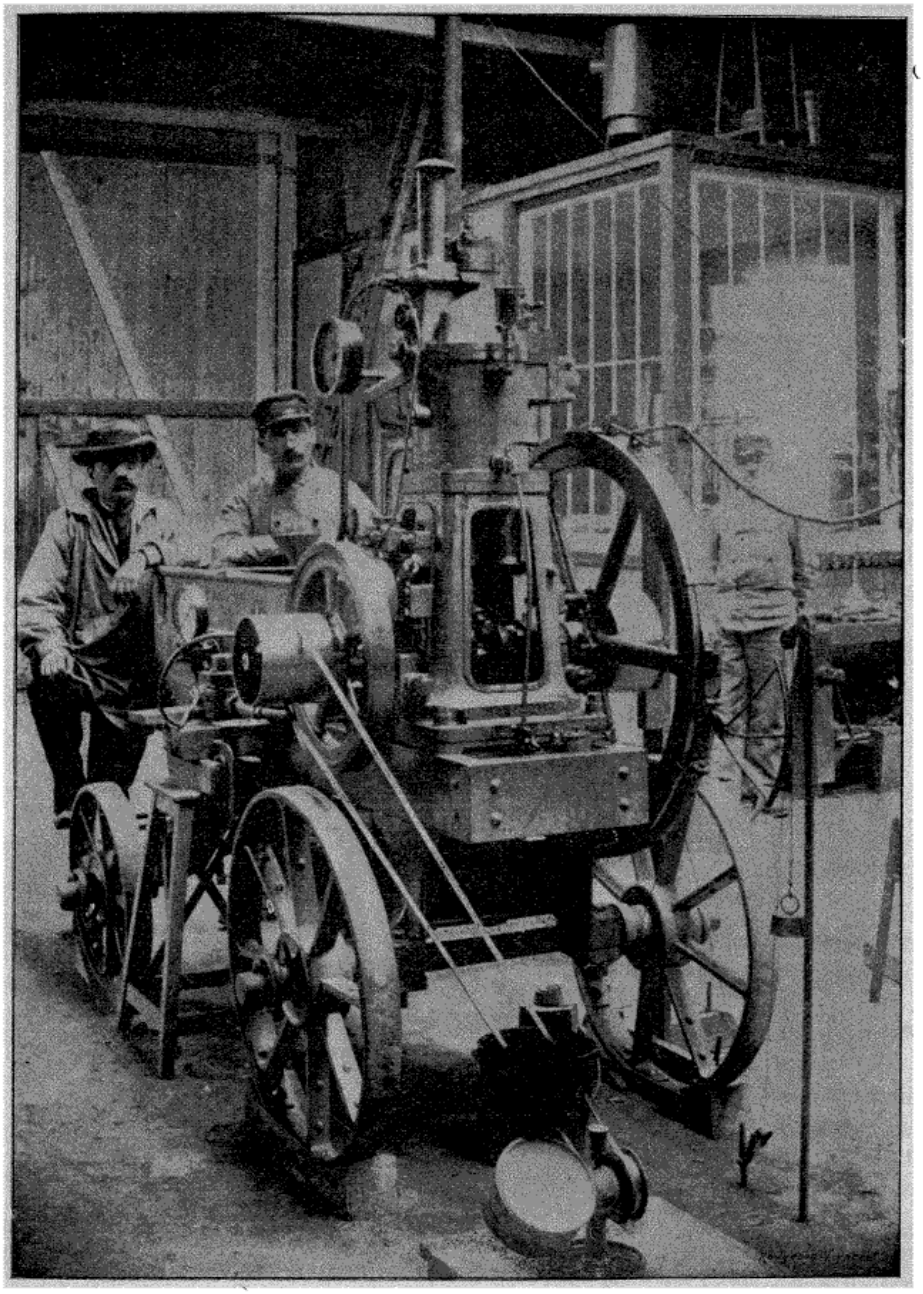


Fig. 1. — Montage des appareils de mesure pour l'essai de la locomobile *Merlin* (fig. 13, p. 117)

dués dont la lecture, par suite des oscillations, aurait pu présenter des réclamations.

La première condition me conduisit à l'emploi d'un frein à ruban, en fer feuillard,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lubrifié à l'eau de savon. Mais il était impossible d'avoir recours au serrage à vis ; car dans les moteurs à gaz du cycle à quatre temps, le travail moteur subit de trop brus-

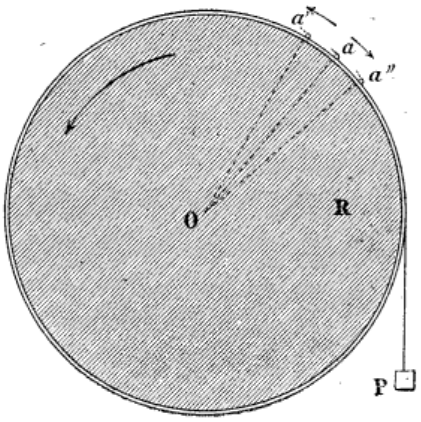


Fig. 2. — Principe du frein.

ques variations : il est faible à la première course (aspiration), minimum à la deuxième course (compression), maximum à la troisième (explosion), faible à la quatrième

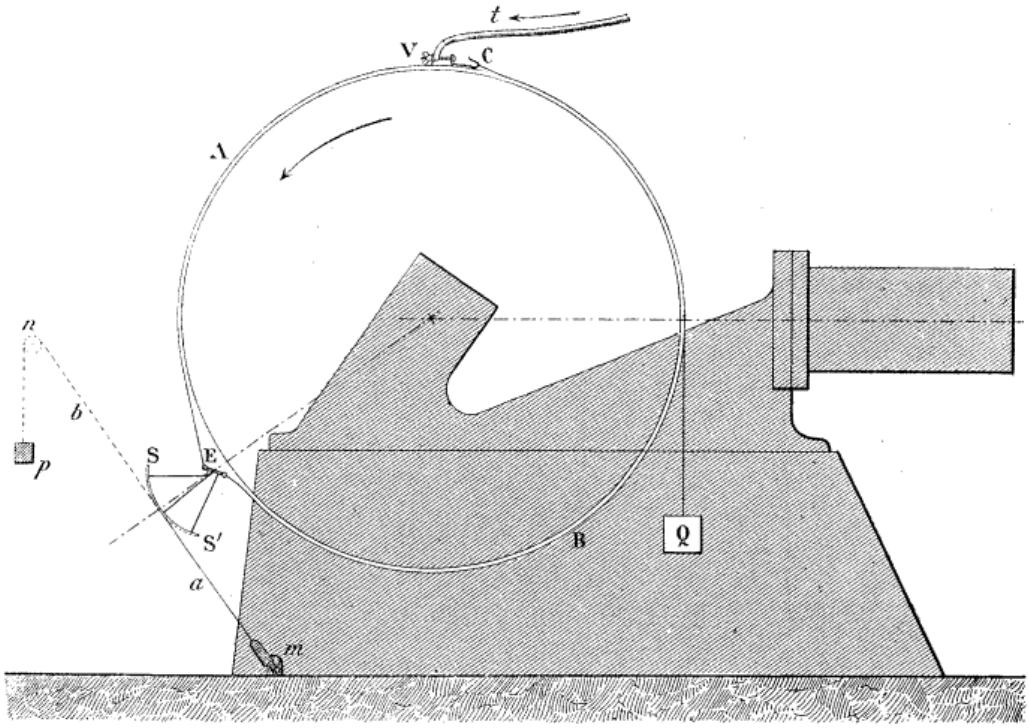


Fig. 3. — Montage du frein automatique sur un moteur à pétrole.

course (échappement) : non seulement, le travail moteur varie dans chaque course de ces deux tours, en pleine charge, mais la vitesse du moteur suit le même régime.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Comme condition, il faut donc desserrer un peu le frein à la première course, le desserrer beaucoup à la deuxième, le serrer brusquement à la troisième, et le desserrer à la quatrième, et ainsi continuellement et même irrégulièrement lorsque le moteur fonctionne à demi-charge, et cela, sans qu'on sache d'avance quelle sera la course correspondante à l'explosion. D'où l'on peut conclure qu'un frein ordinaire à réglage à la main est absolument impropre aux essais des moteurs à gaz (1).

Pour réaliser le réglage automatique, sans faire varier le poids ou l'effort tangentiel, j'eus recours aux déplacements mêmes du frein sous l'influence de la variation du travail fourni par le moteur.

Considérons la roue R (fig. 2) sur laquelle est appliqué le poids P fixé au crochet a du frein. Pour un travail constant, le crochet a n'oscillera que dans de très faibles limites; si le travail augmente brusquement (troisième course), le frein est entraîné dans le sens du mouvement, et le crochet de a passe en a' : il faut desserrer le frein; si

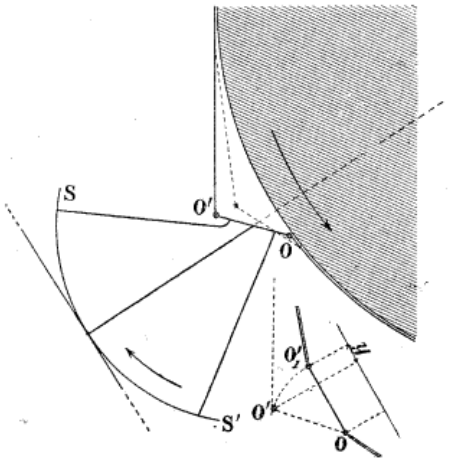


Fig. 4. — Principe du secteur effectuant le réglage automatique du frein.

le travail diminue (deuxième course), le crochet descend de a en a'' : il faut serrer le frein. Il suffisait d'imaginer un mécanisme utilisant ces déplacements $a\,a'$, $a\,a''$ pour régler le serrage du frein; mais comme ce dernier devait s'appliquer à tous les moteurs, ce mécanisme devait être à l'extérieur même du volant, et ne pas comporter de pièces nécessitant des axes ou des appuis près de l'arbre de la machine.

Le frein (2) se compose d'un collier dont les deux parties A et B (fig. 3) sont reliées par une vis V de réglage; cette vis ne sert qu'à la mise au point au début de l'essai, et on n'a pas à y toucher pendant toute la durée de l'expérience; sa monture reçoit le tuyau t d'arrivée de l'eau de savon. La partie B supporte le crochet C de la corde, à laquelle on attache la charge Q.

Les deux parties A et B sont reliées par une entretoise E, solidaire avec un secteur SS' d'un rayon quelconque. Une corde a est attachée au point S et à un point

(1) Aussi, dans les essais de moteurs à gaz, on emploie des freins à corde, avec ressort, indiquant les variations de l'effort tangentiel; mais, par suite de ces variations, la détermination de l'effort moyen devient difficile.

(2) Le frein a été construit à la station le 8 février 1894.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fixe m; une seconde corde b est attachée au point S', passe sur une poulie n, et est tendue par un poids p quelconque. Le réglage de la position moyenne du secteur est fait de façon que les deux cordes a et b soient dans le prolongement l'une de l'autre, et que la droite mn soit normale au prolongement d'un rayon quelconque du volant.

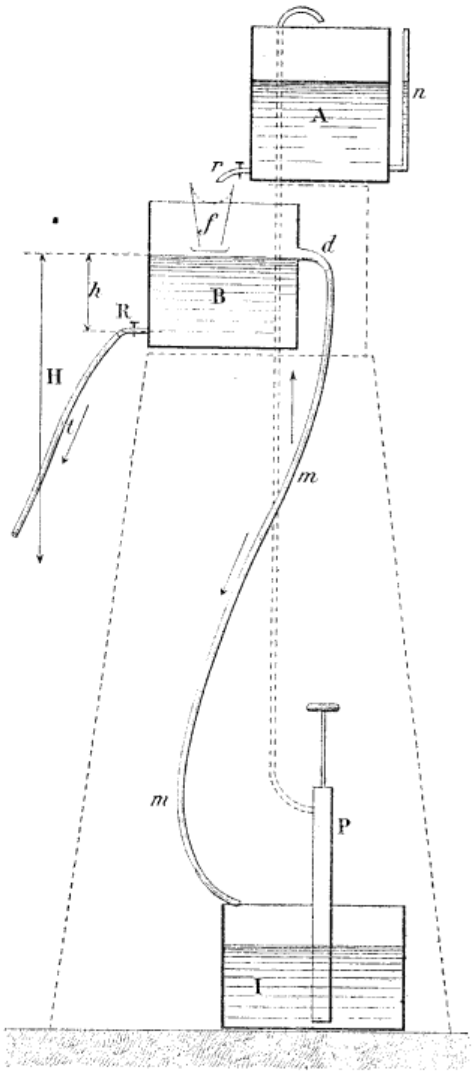


Fig. 5. — Appareil pour la lubrification uniforme du frein automatique.

Pour faciliter ce réglage préalable, la corde a est attachée à un petit tendeur à treuil m. Le poids p est quelconque (1 kil.); il n'a pas d'action sur le frein C, son effort se reportant au point m, qui est fixé au sol par un procédé quelconque.

Lorsque le frein est entraîné par le volant, le secteur SS' descend, ainsi que le point O (fig. 4), dans le sens indiqué par la flèche; mais, en roulant sur la corde a, l'ensemble OO'SS' s'anime d'un mouvement angulaire : le point O' se rapproche de la jante du volant en O'_1 et allonge le frein d'une quantité y variable avec l'angle décrit par

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le secteur. Si le frein se desserre, le mouvement inverse se produit sous la chute du crochet C, le secteur tourne en sens inverse, le point O'_1 s'écarte du volant et serre le frein d'une quantité y d'autant plus élevée que son mouvement angulaire est plus grand.

Afin de maintenir constant pendant toute l'expérience le réglage préalable du frein par la vis V (le frottement et la température), il fallait avoir recours à un graissage uniforme, qui fut obtenu de la façon suivante :

Sur un bâti convenablement surélevé, était placé un réservoir A, à tube de niveau n (*fig.* 5) qui déversait l'eau de savon par un robinet r dans le second réservoir R, d'où elle s'échappait par le robinet R et le tuyau t qui la conduisait au frein.

Le graissage était uniforme si, pour une ouverture quelconque (mais invariable) du robinet R, on avait une charge d'eau constante h sur le robinet R, et, par suite H, sur le frein; le robinet r était réglé pour débiter plus que le robinet R, le niveau constant de B était assuré par un déversoir d, qui renvoyait l'eau par le tuyau m dans le bac inférieur I, d'où on la reprenait par une pompe à main P, pour l'élever en A. Sans avoir à regarder le bac B, placé à une certaine hauteur, il suffisait d'observer si le tuyau m débitait une petite quantité d'eau pour être certain de la constance du niveau en B. Pour éviter les arrêts dus aux engorgements, un filtre avec déversoir circulaire, était placé en f.

Les membres du Jury du Concours international de Meaux ont pu voir à mon laboratoire ce frein appliqué à tous les moteurs à pétrole; les essais ont pu se prolonger plusieurs heures sans aucun accident. Pour certaines machines, le desserrage du frein, sous l'action du secteur, ou son serrage, présentait une course de deux millimètres.

Pensant que ce frein pourra rendre des services dans les ateliers de construction, je le laisse dans le domaine public, ne voulant par cette note que prendre date et en faire connaître son principe.

CHAPITRE IV

MONOGRAPHIE DES MOTEURS CONCURRENTS ET RÉSULTATS D'EXPÉRIENCES

Considérations générales.

Tous les moteurs soumis aux essais sont du cycle imaginé en 1861 par Beau de Rochas, et sont connus sous le nom de moteurs à cycle Otto ou à cycle à 4 temps.

Le cylindre, horizontal ou vertical, est ouvert à une extrémité; le piston à fourreau, généralement à 4 segments, s'articule directement avec la bielle (sauf pour un modèle pourvu d'une tige de piston et d'une glissière).

Lorsque la machine est en plein travail, le cycle se décompose de la façon suivante en prenant comme point de départ le point mort arrière, le piston étant à fond de course :

1re période (*aspiration*), course avant (1/2 tour); le piston s'éloigne du fond du cylindre, engendre un volume déterminé et produit l'aspiration 1° d'air, 2° de pétrole à l'état de vapeur, dont l'ensemble en proportion convenable constitue le mélange détonant.

2e période (*compression*), course arrière (1/2 tour): le piston se rapproche du fond du cylindre, comprime de plus en plus le mélange explosible.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

3e période (*explosion*), course avant (1/2 tour); le mélange comprimé s'enflamme (à la fin de la 2e période) au contact d'une pièce portée à une certaine température (au rouge sombre ou au rouge cerise, c'est-à-dire à plus de 500°); l'explosion a lieu : c'est la course motrice,

4e période (*échappement*), course arrière (1/2 tour); les produits de la combustion sont évacués dans le tuyau d'échappement, sur le trajet duquel est intercalé un récipient appelé pot d'échappement, destiné à amortir le bruit et à recueillir les produits de la condensation de la vapeur d'eau résultant de la combustion du pétrole.

On voit, qu'en pleine charge, il y a une course motrice sur quatre, et l'uniformité du mouvement est assurée par des volants et surtout par une grande vitesse de rotation; une machine à gaz monocylindrique, du cycle à 4 temps, à marche lente et régulière, est assez difficile à concevoir, surtout pour les petites puissances, car si le travail absorbé est faible pour la 1re période (aspiration) et pour la 4e (échappement), il est très élevé à la 2e (compression) et le travail moteur, à la troisième période, doit être plus que 4 fois plus élevé que le travail moyen. C'est-à-dire que, si le rendement organique du moteur était représenté par 1, le piston devrait développer à l'explosion une puissance de 16 chevaux-vapeur pour ne donner qu'une puissance moyenne de 4 chevaux; si le rendement est voisin de 0,6, pour un moteur de 4 chevaux, le piston, dans sa période d'action, devra développer une puissance de

$$\frac{4 \times 4}{0,6} = 26,6 \text{ chevaux-vapeur.}$$

La distribution s'effectue par des soupapes mues par des cames et rappelées par des ressorts; depuis longtemps, on a abandonné, avec raison, la distribution à tiroir plan pour les moteurs à gaz, comme présentant trop de difficultés d'entretien; l'action de ces cames revient périodiquement tous les deux tours. Les cames sont commandées par un arbre, dit de distribution, qui tourne 2 fois moins vite que l'arbre moteur.

Le régulateur de vitesse est basé sur la force centrifuge, et est analogue, comme principe, à celui des moteurs à vapeur dans les machines Hornsby, Griffin, Niel (locomobile); il est basé sur la force centrifuge mais ne se compose que d'une masse tournant dans le plan vertical pour les moteurs Grob (mi-fixe et locomobile), Winterthur, Merlin, tandis que, pour le moteur Niel (mi-fixe) il repose sur le temps que prend pour se redresser, une lame d'acier flexible lorsqu'elle a reçu une certaine courbure.

Le régulateur agit de différentes façons. Dans presque tous les moteurs, dès que la vitesse dépasse celle de régime, l'admission du pétrole est bloquée, la pompe à pétrole est arrêtée et la soupape d'échappement reste ouverte, de sorte que le piston, pendant un certain temps, aspire et refoule successivement les gaz contenus dans le tuyau et le pot d'échappement (Niel, mi-fixe et locomobile; Winterthur; Grob (mi-fixe et locomobile; Merlin); dans le moteur Griffin, le régulateur ferme complètement les deux soupapes d'aspiration et de refoulement; et, jusqu'à reprise de la vitesse de régime, le piston travaille en faisant alternativement une dépression dans le cylindre et dans la chambre d'explosion, puis en rétablissant (à peu près) le volume primitif; dans le moteur Hornsby, les soupapes d'admission d'air et de refoulement se lèvent régulièrement tous les deux tours, la pompe à pétrole fonctionne régulièrement de son côté, et le régulateur n'agit que sur un clapet qui permet d'envoyer le pétrole soit dans le cylindre, soit, si la vitesse est trop grande, dans un tuyau latéral qui le fait retourner (en totalité ou en partie) au réservoir d'alimentation contenu dans le socle de la machine.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'alimentation du pétrole au cylindre se fait :

1° Par une chute naturelle, le pétrole provenant d'un réservoir surélevé dans les machines :

Niel (mi-fixe)	charge du pétrole.	2m,10
Winterthur	—	0m,90
Niel (locomobile)	—	0m,68

Dans ces machines, le pétrole tombe sur des ailettes placées au-dessus de la lampe et se vaporise.

2° Par une pompe à pétrole refoulant dans l'appareil à pulvériser ou à vaporiser :

Dans ces machines, le pétrole est pulvérisé et passe dans un espace chaud où il se vaporise.

Hornsby,
Grob (locomobile),
Grob (mi-fixe),
Merlin.

3° Dans la machine Griffin, le pétrole est injecté avec de l'air comprimé à une pression de 0kil, 825 dans un espace chauffé par les gaz d'échappement. Cette condition du moteur Griffin contribue évidemment à l'élévation du rendement thermique de la machine.

La mise en train se fait en tournant à la main au volant, ou, pour certains moteurs à grande vitesse (Grob mi-fixe et locomobile, Merlin) à l'aide d'une manivelle à rochets qui se débraye seule lorsque la machine est lancée. En tous cas, on doit faire faire : 1° un demi-tour pour produire l'aspiration du mélange ; 2° un demi-tour pour produire sa compression et lancer le piston au demi-tour suivant, au moment de l'explosion ; d'après cela, il suffirait de faire faire un peu plus d'un tour à l'arbre moteur pour la mise en train, mais souvent on ne part pas sur la première période (d'aspiration) et on est obligé de faire faire deux tours. On ne devrait donc jamais faire faire plus que deux tours au volant, mais lorsque le mécanicien met en train avant que les pièces soient à la température voulue, il se produit des ratés, et il faut quelquefois tourner longtemps avant d'obtenir une explosion.

Dans certains moteurs (Hornsby, Niel, Winterthur), pour faciliter la mise en train, une came spéciale permet de diminuer la compression du mélange explosible, et, par conséquent, la résistance qu'oppose cette compression au mécanicien; dans d'autres machines (Griffin) un robinet qu'on ouvre plus ou moins lors de la mise en train, joue le même rôle d'une façon plus simple.

Pour les machines mi-fixes, le refroidissement des parois du cylindre, qui, pendant l'explosion, sont portées à une très haute température, est assuré par une circulation d'eau naturelle : un réservoir latéral, d'une capacité d'environ un et demi à deux mètres cubes au plus, est en communication par une tubulure inférieure avec le bas du cylindre, et celui-ci, par une tubulure supérieure, avec le haut du réservoir en ayant soin de ménager une couche d'eau de 0m10 d'épaisseur environ au-dessus du raccord supérieur du tuyau de retour. La circulation s'établit d'une façon toute naturelle par suite de la différence de densité résultant de la différence de température entre l'eau à l'entrée et l'eau à la sortie de la double enveloppe du cylindre. Voici, du reste, des indications, relatives à ce sujet, en rapport avec les températures que nous avons observées aux essais (variant suivant les machines, de 14° à 30° à l'entrée et de 26° à 67° à la sortie de l'eau).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

(D'après Rosetti. — *Annuaire du Bureau des longitudes.*)

Température.	Densité.	Volume occupé par 1 kil. Litre.
4°	1,000000	1,000000
10°	0,999747	1,000253
20°	0,998259	1,001744
30°	0,995765	1,004253
40°	0,99235	1,00770
50°	0,98820	1,01195
60°	0,98338	1,01691
70°	0,97794	1,02256

Dans nos essais, le compteur d'eau était placé sur le tuyau d'arrivée.

S'il est important de refroidir les parois du cylindre, on ne doit pas pousser trop loin cette opération, sinon on enlève à la machine un trop grand nombre de calories, ainsi que nous aurons l'occasion de le vérifier pour certaines locomobiles.

Il faut cependant refroidir suffisamment, car les huiles de graissage distillent, brûlent, et on peut atteindre la température qui correspond à la dissociation, au *craking* de ces huiles, ce qui a pour conséquence de faire gripper les segments du piston contre les parois du cylindre. Il faut, pour cela, qu'il y ait une certaine dénivellation entre la partie supérieure du cylindre et le niveau de l'eau dans le réservoir; c'est de cette charge d'eau (et non du volume total du réservoir) que dépend, toutes choses égales d'ailleurs (section des tuyaux d'écoulement), la vitesse de circulation de l'eau, et par suite l'abaissement de la température de la paroi du cylindre. Cela conduit, pour les moteurs verticaux du type à pilon, à surélever le réservoir. Ainsi, dans nos essais, les charges d'eau sur le haut du cylindre des machines mi-fixes étaient en moyenne de :

Hornsby.	1m,57
Niel.	1m,28
Winterthur.	0m,43
Grob	0m,78
Griffin	1m,30

Or, la charge était insuffisante pour la machine Winterthur, dont le cylindre n'était pas assez refroidi dans plusieurs essais.

Pour les locomobiles Grob et Niel, la circulation d'eau était assurée par une petite pompe centrifuge qui refoulait dans la double enveloppe; à sa sortie, l'eau tombait sur des claies en bois, où elle recevait l'action d'un courant d'air fourni par un ventilateur calé sur l'axe même de la pompe, et commandé par une courroie spéciale. C'est évidemment une mauvaise disposition, car on injecte toujours le même volume d'eau dans l'unité de temps, quelle que soit la puissance que l'on demande à la machine, c'est-à-dire son nombre d'explosions par minute, et, par suite, la chaleur dégagée dans le cylindre. Ici, le refroidissement qui peut être bon au travail de quatre ou cinq chevaux devient trop énergique à deux chevaux ou à une plus faible puissance; il en résulte une trop grande perte de calories, et conséquemment (ce qui est plus important pour le propriétaire de la machine), une certaine consommation de pétrole, employé non pas pour la puissance utilisable, mais bien pour réchauffer les parois du cylindre. Cette eau revient donc à un prix très élevé, non seulement par le travail mécanique qu'exige son refoulement, mais encore par le pétrole nécessaire pour maintenir la température voulue.

On verra par la suite que la pompe de la locomobile Grob travaillait ainsi 1 000

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à 1 200 litres d'eau à l'heure et celle de la locomobile Niel, 2 000 à 2 500 litres d'eau. La locomobile Niel a eu, pour cette raison, une consommation véritablement exagérée de combustible ; mais, grâce à cette consommation, elle pouvait fonctionner à vide comme à quatre chevaux, tandis que la locomobile Grob s'est bloquée aux essais à vide et à deux chevaux, Pour cette dernière machine, ce fait ne se serait probablement pas présenté si l'ouvrier envoyé directement par l'usine de Leipzig n'avait commis une faute grave tout en voulant bien faire : il avait diminué de beaucoup le diamètre de la poulie de commande de la pompe afin que le ventilateur et la pompe puissent tourner plus vite, et, par conséquent, agir plus énergiquement, ne se doutant pas que chaque tour de roue exigeait plus de travail mécanique, refroidissait trop la machine et conduisait par suite à une double perte de pétrole.

La locomobile Merlin présentait, sous ce rapport, une disposition véritablement heureuse ; l'eau était envoyée par une pompe à piston plongeur qui n'agissait qu'aux périodes d'explosion, et que le régulateur bloquait lorsque la vitesse dépassait celle de régime ; aussi, le débit de la machine Merlin est-il le plus faible constaté aux essais (72 litres à l'heure) ; l'eau sortait à une haute température (98° au travail maximum) et enlevait peu de calories (à 4 chevaux les pertes horaires étaient de 3 900 calories, alors que, pour les autres moteurs, elles atteignaient 4 900 à 11 600) ; c'est une des raisons qui ont élevé le rendement thermique de cette machine.

Nous aurons, du reste, dans la suite de ce rapport, l'occasion d'insister sur ces différentes pertes de chaleur, c'est-à-dire de travail.

Enfin, pour terminer cet aperçu général, le tableau suivant donne les caractéristiques des moteurs.

NUMÉROS	MOTEURS	INDICATIONS	PISTONS		VOLANTS		NOMBRE DE TOURS MOYEN PAR MINUTE.	EMPLACEMENT occupé par la machine, entre perpendiculaires.		POIDS APPROXIMATIF
			Diamètre	Course	Nombre	Diamètre		longueur	largeur	
			mèt.	mèt.		mèt.		mèt.	mèt.	kilos
1	**Hornsby.** .	mi-fixe horizontal	0,203	0,358	2	1,300	203	2,62	1,34	1,560
2	**Niel.** . . .	mi-fixe horizontal	0,182	0,360	1	1,500	185	2,10	0,94	1,500
3	**Grob.** . . .	locomobile verticale	0,188	0,187	1	1,100	265	2,54	1,54	1,600
4	**Winterthur**	mi-fixe vertical	0,160	0,240	1	1,414	230	1,41	1,25	1,100
5	**Grob.** . . .	mi-fixe vertical	1,188	0,187	1	1,100	312	1,20	1,10	850
6	**Griffin.** . .	mi-fixe horizontal	0,154	0,304	2	1,140	215	1,99	1,14	1,100
7	**Merlin.** . .	locomobile verticale	0,170	0,170	1	1,000	295	2,37	1,23	1,200
8	**Niel.** . . .	locomobile horizon.	0,182	0,360	2	1,210	176	3,82	1,93	3,000env.

1. *Moteur* **Hornsby-Akroyd**, *de* R. HORNSBY ET FILS LTD, *de Grantham* (*Angleterre*).

Le moteur mi-fixe, horizontal (fig. 6), est représenté en vue schématique par la figure 7 ; sur le socle en fonte D, est fixé le bâti C de la machine, dont on voit le cylindre A, la bielle F, la manivelle G et le volant E. L'arbre moteur, qui tourne à raison de 200 tours environ par minute, commande, par engrenages hélicoïdaux I, l'arbre de distribution H, qui fait un demi-tour par tour de l'arbre moteur ; cet axe H

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

porte à son extrémité les deux cames N des soupapes d'admission et d'échappement, dont les leviers sont en P et O, ainsi que l'engrenage cône K, qui actionne le régulateur à boules J. L, lequel agit par la tringle M sur l'arrivée du pétrole dans le pulvériseur.

Le piston a 0m,203 de diamètre et 0,358 de course.

Le levier O de la soupape d'aspiration d'air commande en dessous la pompe pétrole Q, chargée, au moment voulu, de prélever par le tube *f* une certaine quantité de combustible contenu dans un réservoir logé dans le bâti D; en *e*, se trouve un robinet à trois voies avec filtre à l'intérieur. La pompe Q refoule le pétrole par le tuyau *g* dans le vaporiseur V.

A l'arrière du cylindre A, et communiquant avec lui, est une sorte de cloche V, où

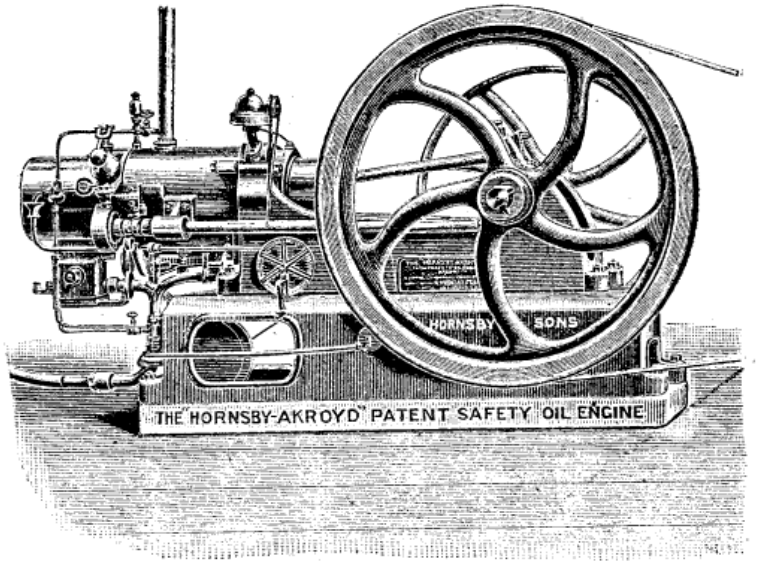


Fig. 6. — Moteur Hornsby.

se fait la vaporisation du pétrole injecté par la pompe Q; ce vaporiseur est entouré d'une enveloppe W; dans une installation fixe, la partie supérieure se raccorde avec un tuyau de poêle débouchant au-dessus du bâtiment qui renferme le moteur, afin d'éviter les incendies pendant les mises en train.

Pour la mise en train, le vaporiseur V est chauffé par une lampe à pétrole T. U, qui reçoit un courant d'air fourni par un ventilateur R, actionné à la main par les roues dentées S et une courroie : en Z, est le tampon de remplissage et d'allumage de la lampe.

Dans nos essais, nous avons constaté que le ventilateur ne fournit pas suffisamment d'air pour une combustion complète ou que la lampe T est trop forte pour le ventilateur car il y avait quelquefois production de fumée; une petite modification dans les dimensions relatives des deux pièces ferait disparaître cet inconvénient, qui augmente la consommation du pétrole à la mise en train.

La pompe à pétrole Q injecte, à tous les deux tours de la machine, une certaine quantité de pétrole par un pulvérisateur dans le vaporiseur; le régulateur J, par une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tringle M, dont on règle le moment d'action par la clef Y, commande, s'il y a lieu, une soupape X qui permet (lorsque la vitesse dépasse celle de régime) de renvoyer, par le tube *h*, le pétrole au réservoir D.

Le cylindre A est entouré d'une enveloppe à circulation d'eau froide provenant d'un réservoir voisin ; l'eau froide pénètre dans l'enveloppe par le tube inférieur *a* et s'en échappe, pour retourner au réservoir, par le tube *b*; le refroidissement du pulvériseur est assuré par deux petits tuyaux en relation avec la circulation précitée, l'un *c* amenant l'eau froide, l'autre, *d*, évacuant l'eau chaude.

Le graissage du piston est effectué par un graisseur B, actionné par une petite corde qui prend son mouvement sur l'axe H de distribution.

Si l'on se reporte à la figure 8, qui représente une coupe par le *piston* et le *vaporiseur*, et une projection de la chambre des soupapes d'admission d'air (*air inlet*) et

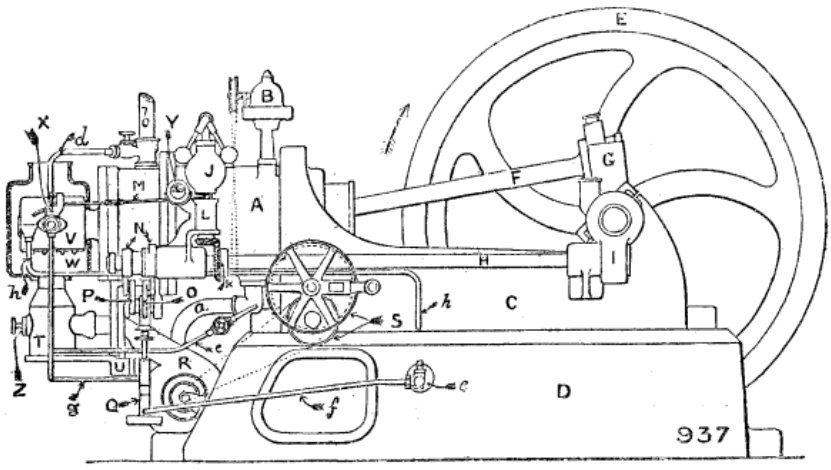


Fig. 7. — Moteur Hornsby.

d'échappement (*exhaust*), on voit l'entrée du pétrole pulvérisé (*Oil inlet*), ainsi que la chambre à eau de refroidissement (*Water Jacket*).

Dans le moteur Hornsby, l'arbre de distribution, perpendiculaire à l'arbre moteur, commande régulièrement, tous les deux tours, les soupapes d'aspiration d'air, et d'échappement, ainsi que la pompe d'injection du pétrole.

La course du piston plongeur, et par suite le débit de la pompe est réglable à la main par un écrou : le levier *o* de la soupape d'aspiration d'air (fig. 7) se déplace dans le plan vertical d'une quantité constante qui correspond à la course maximum du piston de la pompe d'injection du pétrole, mais le piston de cette pompe peut n'être entraîné qu'après un certain parcours plus ou moins long du grand levier de la came de la soupape d'aspiration; on règle donc facilement la quantité de pétrole qui doit être injectée tous les deux tours de la machine.

Le régulateur à boules intervient quand la vitesse dépasse celle de régime; au moyen d'une tringle, il ouvre une soupape latérale par laquelle le pétrole envoyé par la pompe s'échappe dans un tuyau pour revenir au réservoir; tant que le régulateur n'agit pas, cette soupape, maintenue par un ressort, reste fermée, et le pétrole passe

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans le pulvérisateur et dans le vaporiseur. Le vaporiseur communique directement avec le cylindre par un étranglement.

Le mélange tonnant est constitué par le pétrole injecté et vaporisé de suite et par l'air extérieur admis par la soupape d'aspiration; l'allumage est simple, il est spontané : au retour du piston, à la fin de la compression de l'air, le pétrole est injecté dans le vaporiseur, et le mélange s'allume seul par la chaleur dégagée de la compression et des parois du vaporiseur; les explosions successives sont chargées d'entretenir le vapo-

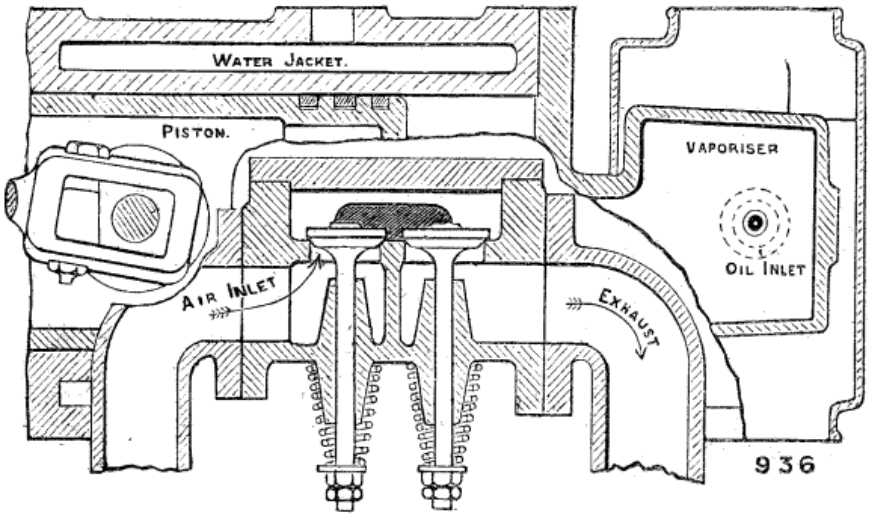


Fig. 8. — Moteur Hornsby. (Détail des soupapes.)

Air Inlet : *entrée de l'air*. Exhaust : *échappement*. Oil Inlet : *entrée du pétrole*. Water Jacket : *enveloppe d'eau*..

riseur à la température voulue. Pour la mise en train, ce vaporiseur est chauffé préalablement par la lampe à soufflerie; mais si les explosions ne sont pas suffisamment fréquentes, comme dans le cas de la marche à vide ou à faible charge, deux chevaux, les parois se refroidissent, et la machine s'arrête quelles que soient les précautions prises aux essais, comme par exemple d'envelopper le vaporiseur d'une feuille d'amiante afin de retarder son abaissement de température; il faut alors de nouveau réchauffer le vaporiseur en allumant la lampe, ou mettre un frein sur le volant pour augmenter la résistance de la machine, par suite le nombre d'explosions et le maintenir à près de cent par minute.

Ajoutons que ce moteur ne comporte pas de pièces délicates.

Voici les résultats généraux des essais du moteur Hornsby :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ESSAIS		I	II	III	IV	Moyennes
Travail. . . .	en chevaux-vapeur.	à vide	1,85	3,86	5,71	
	en poncelets.	»	1,39	2,89	4,28	
Pression barométrique.		759	761	761	761	
Consommation horaire.	Pétrole consommé . . . . . kg.	0 k. 870	1 k. 140	1 k. 863	3 k. 165	
	Eau de refroidissement. . . lit.	207	201,6	262,1	295	
	Huile de graissage au cylindre . . gr.	80	80	80	100	85,6
	Huile de graissage aux 2 paliers, à la bielle et à la burette à main. . . . gr.	37,5	20	22	40	29,8
	Total moyen.	—	—	—	—	115,4
Pétrole consommé par heure et par cheval effectif. . . . . kg.		»	0 k. 616	0 k. 482	0 k. 554	
Élévation de température de l'eau de refroidissement.		16°25	17°28	22,76	28,21	
Nombre d'explosions par minute.		41,3	80,7	100,2	97,7	
Température de l'échappement.		157°7	180°	(?) plus de 360°	(?) plus de 400°	
Nombre de tours moyen par minute		201,5	198,3	208,3	204,8	
Variation de vitesse pour cent	en plus de la moyenne	7,6	5,8	6,0	1,5	5,2
	en moins de la moyenne	7,7	4,2	5,0	3,4	5,1
	totale.	—	—	—	—	10,3
Rendement thermique, non compris le pétrole d'allumage.		—	9,4 0/0	11,9 0/0	10,4 0/0	
ALLUMAGE						
Pétrole consommé. . . . . gr.		580	578	580	—	580
Temps employé . . . . . min.		9	10	10	10	10

Les constatations relevées de dix minutes en dix minutes pour chacune de ces séries d'essais sont indiquées dans le tableau p. 106.

2. *Moteur mi-fixe horizontal, de la* **Compagnie des Moteurs Niel,** *à Evreux (Eure), et 23, rue Lafayette, à Paris.*

La machine, que représente bien la figure 9, se distingue par sa légèreté qui contribue à lui donner un aspect élégant; la machine occupe peu de place, et ne porte qu'un seul volant de $1^m,50$ de diamètre. On voit sur la figure l'arbre de distribution, sur lequel sont clavetés en arrière, vers le cylindre, les cames de la distribution et le régulateur.

Ce régulateur très ingénieux est basé sur le temps que met pour se redresser une lame flexible d'acier ployée. Si la lame ne se redresse pas, lorsque la machine tourne trop vite, elle n'embecquette pas la came d'explosion; si elle se redresse, elle embecquette cette came qui manœuvre alors la soupape d'écoulement du pétrole dans le vaporisateur.

Dans la figure, l'appareil d'allumage se trouve placé de l'autre côté du cylindre; un tuyau courbé en U renversé reçoit le pétrole provenant d'un réservoir surélevé, et se

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MOTEUR **HORNSBY**	NUMÉROS	TEMPS	TEMPÉRATURE DE L'AIR	TEMPÉRATURE EAU arrivée	TEMPÉRATURE EAU départ	TEMPÉRATURE échappement	COMPTEUR D'EAU en dix minutes	COMPTEUR DE TOURS en dix minutes	NOMBRE D'EXPLOSIONS en deux minutes	Observations
I. à vide. .	1	0	20	14	32,5	170	00			
	2	10	20	14	31,3	153	38 lit.	217,0		le moteur s'arrête
	3	20	20	14	30	150	31	186,0		
Moyennes.	4		20	14	30,26	157,66	34,5	201,5	82,50	
II. 1 ch. 85.	5	0	17	14	32	195				
	6	10	17	14,1	31,5	173	33	190		
	7	20	17	14,3	31,3	187	34	205		
	8	30	17	14,4	31,8	188	36	195		
	9	40	17	14,3	31,8	185	32	210		
	10	50	17	14,4	30,8	150	33	191,7		le moteur s'arrête
Moyennes.			17	14,25	31,53	180	33,6	198,3	161,40	
III. 3 ch. 86.	12	0	20	15	35,8	270				
	13	10	20	15,2	37	315	45	210		
	14	20	20	15,3	37,8	400	43	210		
	15	30	20	15,5	38,1		44	200		
	16	40	20	15,7	38,8		43	209,5		
	17	50	20	15,8	39		44	212,5		
(1 h.).	18	60	20	16	39,3		46	218		
	19	10	20	16,1	39,3		41	204		
	20	20	20	16,3	39,3		44	221		
	21	30	20	16,5	39,5		46	199		
	22	40	20	16,8	40		42	209		
	23	50	20	17	40		43	209		
(2 h.).	24	60	20	17,2	40,2		43	198		
	25	10	20	17,3	40,3		44	209		
	26	20	20							
Moyennes.	27		20	16,12	38,8	au-dessus de 360	43,6	208,3	200,30	
IV. 5 ch. 71.	28	0	19	18	44					
	29	10		18	45		43	204		
	30	20		18,1	47		50	208		
	31	30		18,3	48,8		44	205		
	32	40		18,7	49,5		54	198		
	33	50		18,8	47		50	206,5		
(1 h.).	34	60	17	19	45		52	207,6		
Moyennes.	35		18	18,41	40,62	au-dessus de 400	49.1	204,85	195,40	

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

termine par un très petit orifice à sa branche inférieure. On chauffe préalablement ce tuyau et le pétrole qu'il contient en enflammant une certaine quantité d'esprit de bois dans une petite capsule en fonte ; dès que le tuyau est assez chaud, le pétrole distille, émet des vapeur qui chauffent au rouge cerise un petit tuyau de porcelaine chargé de l'allumage du mélange explosible (ce tuyau est en communication avec la chambre d'explosion, et il est protégé par un petit cylindre en fer de l'action directe de la flamme de la lampe). Au-dessus de cet ensemble, est un cylindre à ailettes intérieures; ce

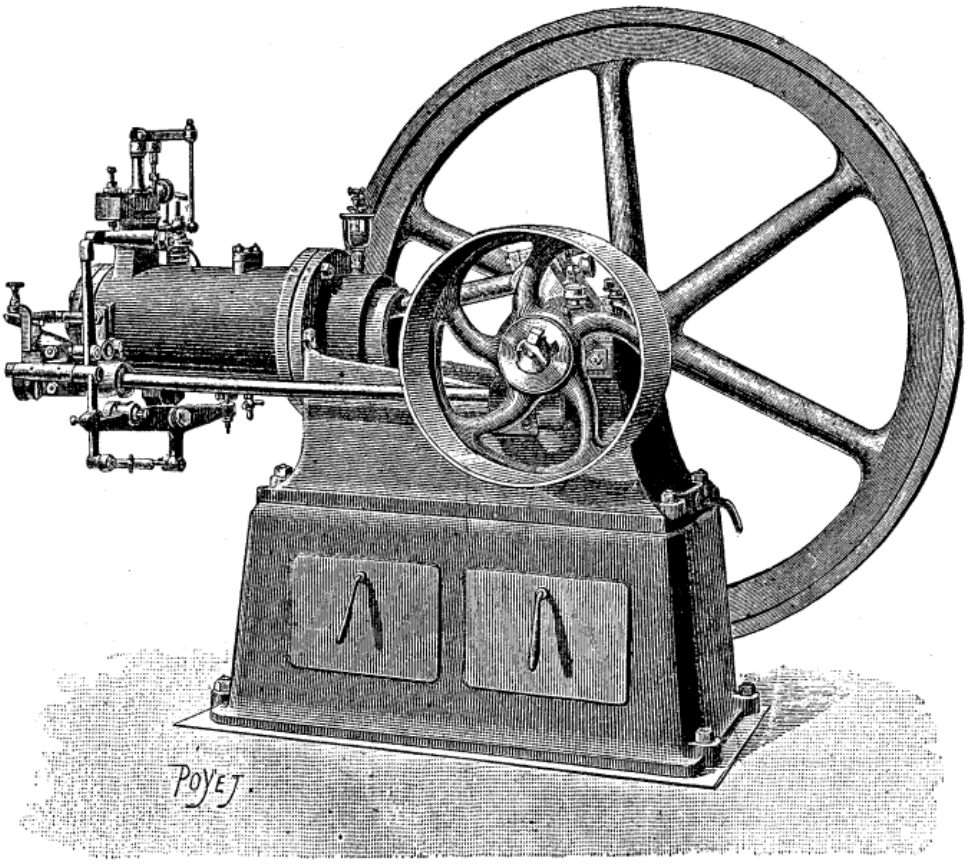


Fig. 9. — Moteur Niel.

cylindre est maintenu à une certaine température par les gaz qui s'échappent de la lampe et qui circulent dans une enveloppe. Au moment voulu, une came agit sur une soupape qui laisse écouler une certaine quantité de pétrole (réglable à volonté) dans ce cylindre; le pétrole se vaporise rapidement, et est entraîné par l'air de l'aspiration pour pénétrer dans le cylindre moteur. Une soupape spéciale d'allumage met, au moment voulu, les gaz, comprimés dans la culasse du cylindre, en contact avec le tube incandescent de porcelaine.

La lubrification du cylindre se fait à la valvoline distribuée par un graisseur automatique qui prend son mouvement, par une petite courroie, sur l'arbre de distribution.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La tête de bielle et les deux paliers de l'arbre sont pourvus de graisseurs à graisse consistante.

Voici les résultats généraux du moteur Niel :

ESSAIS		I	II	III	IV	Moyennes
Travail. . . .	en chevaux-vapeur.	à vide	1,98	3,93	6,23	
	en poncelets.		1,49	2,95	4,68	
Pression barométrique.		758	758	758	758	
Consommation horaire.	Pétrole consommé . . . . . kil.	0,821	1,169	1,496	1,915	
	Eau de refroidissement. . . lit.	72	116,6	130	155	
	Graissage : huile au cylindre	27,5	15	14,25	35	23,4
	Graissage : graisse à la bielle. . gr.	1	1	0,5	1	
	Graissage : graisse aux 2 paliers. gr.	2	2	10	1	2,5
	Graissage : huile de la burette à main. . . . . gr.	8,5	0	0	10	6,7
	Graissage : Total moyen.	—	—	—	—	32,6
	Pétrole consommé par la lampe, kil.	—	—	—	—	0 k. 165
Pétrole consommé par heure et par cheval effectif, kil.		—	0,588	0,379	0,307	
Élévation de température de l'eau de refroidissement		29°9	34°19	33°17	35°	
Nombre d'explosions par minute		15,3	25,7	34	45	
Température de l'échappement		70°,6	93°5	117°	128	
Nombre de tours moyen par minute		186	183,2	184,4	183,3	
Variations de la vitesse p. 100.	en plus de la moyenne.	4,7	7,0	1,9	2,9	3,9
	en moins de la moyenne. . . .	3,8	4,4	4,6	4,6	4,4
	totale.	—	—	—	—	8,3
Rendement thermique calculé	sur le pétrole consommé au cylindre	—	11,4 0/0	17,0 0/0	20,3 0/0	
	sur le pétrole total (cylindre plus la lampe)	—	9,8 0/0	15,1 0/0	18,7 0/0	
ALLUMAGE						
Esprit de bois. . . . . gr.		15	15	15	15	15
Pétrole . . . . . gr.		—	—	—	—	40
Total. . . . . gr.		—	—	—	—	55
Temps employé . . . . . min.		22	13,5	27	20	20

3. *Moteur locomobile de la* **Compagnie des Moteurs universels,** 21, *avenue de l'Opéra, à Paris, Concessionnaire des machines* J.-M. Grob *et* C^ie^, *de Leipzig-Eutritzsch (Allemagne).*

Cette locomobile comprend un moteur vertical, du type à pilon, fixé à l'arrière d'un chariot en fer (fig. 10). Le pétrole est mis dans un petit réservoir cylindrique vertical qu'on aperçoit sur la gauche du dessin ; ce réservoir porte un entonnoir de remplissage, un manomètre, une soupape à ressort, un tube de niveau et une pompe à main de mise en train. Le moteur, en outre de ses organes principaux, est pourvu d'une pompe à air chargée, à chaque explosion, de refouler l'air dans le réservoir précité. Dans nos essais la pression d'air dans le réservoir était maintenue à 0^kg^,250 par centimètre carré. Grâce à cette pression, le pétrole s'élève ainsi à la lampe chargée

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de maintenir au rouge cerise le bloc métallique du gazéificateur ; le pétrole s'élève également au clapet, qui joue le rôle de pompe à pétrole, lequel injecte au moment voulu le pétrole dans le pulvérisateur et dans le gazéificateur. Le régulateur à force centrifuge agit sur la tige de cette pompe, et, dès que la vitesse dépasse celle de régime, la tige est déclenchée, la pompe n'injecte plus de pétrole dans le cylindre et la soupape d'échappement reste ouverte.

L'arbre de distribution (parallèle à l'axe moteur) porte en même temps le régula-

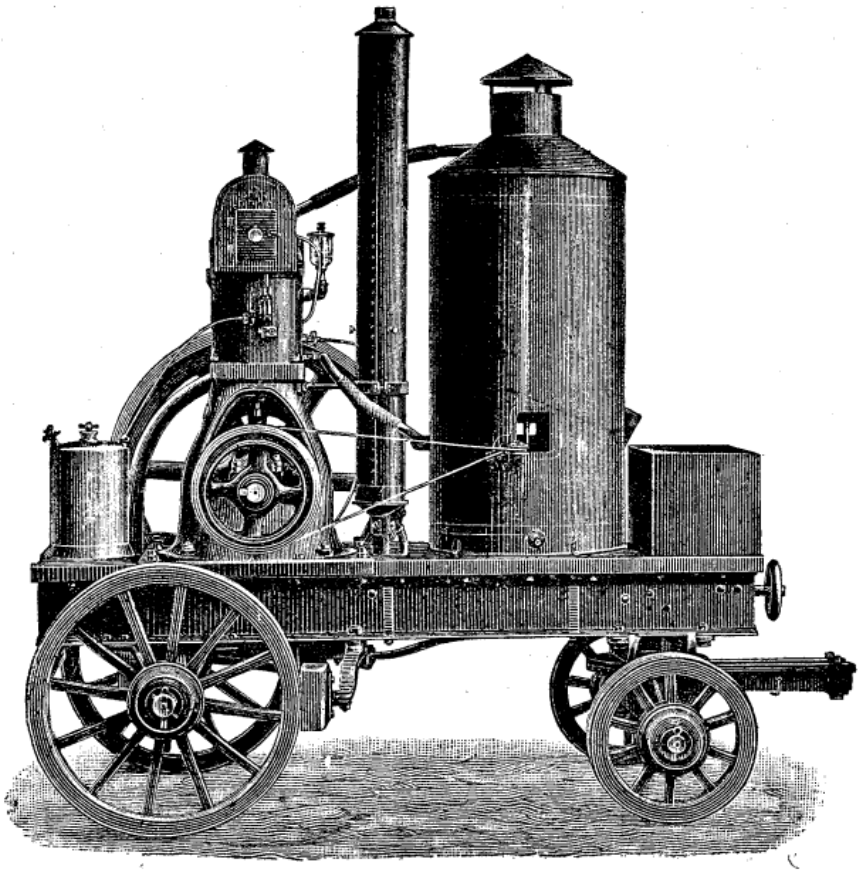


Fig. 10. — Moteur locomobile Grob.

teur, dont la masse se meut dans le plan vertical. Mais, afin de supprimer le choc des cames sur les leviers, la commande a lieu par un excentrique claveté sur l'axe de la machine et relié par une bielle à une petite manivelle solidaire de l'arbre de distribution, de sorte que l'articulation de la tige de l'excentrique avec la bielle précitée ne revient à la même position que tous les deux tours, et agit à ce moment sur la tige de la soupape d'échappement.

La disposition employée pour supprimer le bruit est certes très ingénieuse, mais elle conduit assurément à une complication du mécanisme.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'air pénètre dans la machine par une soupape supérieure maintenue par un simple ressort réglable par un écrou et un contre-écrou ; une partie de l'air rentre directement dans le cylindre, et une autre, plus petite, dans le gazéificateur, qui est formé par une sorte de tuyau courbé en U, son grand axe étant horizontal ; la branche inférieure de ce tuyau est chauffée au rouge cerise par la lampe extérieure (analogue comme principe à celle de la machine n° 2, NIEL précité, mais les détails d'exécution qu'on rencontre dans la machine HILLE, de Dresde, assurent un meilleur service de la lampe, qui fonctionne bien).

Au début de la course d'aspiration, l'air entre dans le cylindre, par suite du volume engendré par le piston ; une partie passe dans le gazéificateur où l'on rencontre le pétrole qu'injecte en ce moment la pompe. Le pétrole, (qui passe par un organe pulvérisateur, n'est donc envoyé qu'au début de la course, et le mélange le plus explosible se trouve, par suite, situé juste au-dessus du piston, en admettant que la stratification des gaz dans le cylindre subisse peu de modification dans le cours du mouvement du piston. Lors de son retour, à la période de compression, ce n'est qu'à la fin de la course arrière que le mélange explosible revient dans le tube en U, maintenu à une haute température, et s'enflamme spontanément pour chasser le piston à la troisième course correspondant à la période d'explosion.

Le graissage du cylindre est assuré par un graisseur à gouttes dont on règle le débit à raison de 25 gouttes par minute ; on emploie de l'huile minérale ; les autres pièces sont pourvues de graisseurs à graisse consistante.

La soupape d'échappement communique par un tuyau vertical avec le pot d'échappement logé dans le socle de la machine entre les longerons du chariot ; le pot est raccordé avec la cheminée.

Le moteur peut être enfermé dans une enveloppe en tôle qui affecte la forme d'un prisme rectangulaire.

La mise en train se fait en comprimant l'air du réservoir d'alimentation, avec la petite pompe à main, à une pression de $0^{kg},25$. Lorsque la lampe a chauffé suffisamment le gazéificateur, on fait faire, à l'aide d'une manivelle à rochet, deux tours à l'arbre moteur.

Le refroidissement des parois du cylindre est assuré par une circulation d'eau fournie par une pompe centrifuge à axe vertical placée au fond d'un réservoir cylindrique contenant environ 80 litres d'eau. L'axe est commandé par une courroie qui prend son mouvement sur une poulie de l'arbre moteur, et que deux galets, qu'on aperçoit bien dans la figure 9, guident sur la petite poulie de l'arbre vertical. Cet axe porte à sa partie supérieure un ventilateur chargé d'envoyer un courant d'air dans le réservoir cylindrique placé au-dessus de lui et à l'intérieur duquel se trouvent des claies en bois.

L'eau refoulée par la pompe dans la double enveloppe du cylindre sort à la partie supérieure, et par un tuyau se déverse dans un tourniquet hydraulique qui la répartit sur les claies, où elle se refroidit sous l'action du courant d'air.

Nous avons déjà expliqué la faute commise par l'ouvrier qui avait augmenté inutilement la vitesse de la pompe, et par suite du courant d'air (page 101). Le réservoir contient 80 litres d'eau, et la perte par évaporation peut être comptée à raison de 5 litres à l'heure, c'est-à-dire qu'on doit remplacer environ 50 litres par marche de dix heures. soit 62,5 p. 100 de la capacité du réservoir.

Le chariot de la locomobile est complètement métallique, avec longerons en fer en U ; les roues d'avant ont $0^{m},67$ de diamètre et les roues d'arrière $0^{m},60$.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Voici les résultats généraux des essais effectués sur cette locomobile:

ESSAIS		I	II	III	IV	Moyennes
Travail	en chevaux-vapeur	à vide	1,99	4,20	6,20	
	en poncelets		1,50	3,15	4,65	
Pression barométrique		760	754	753	755,3	
Consommation horaire	Pétrole consommé kil.	1,900	1,784	1,796	2,606	
	Eau de refroidissement lit.	616	1080	1212	1162,5	
	Graissage. huile au cylindre gr.	13	—	14,6	15,5	14,3
	Graissage. graisse gr.	23	—	5,6	5	10,8
	Graissage. total moyen	—	—	—	—	25,1
	Pétrole consommé par la lampe kil.	—	—	—	—	0,080
Pétrole consommé par heure et par cheval effectif kil.		—	0,893	0,427	0,420	
Élévation de température de l'eau de refroidissement		6°5	8°	6°	7°6	
Nombre d'explosions par minute		35,7	54,7	102,5	118,7	
Température de l'échappement		179°	177	208,9	213,6	
Nombre de tours moyen par minute		293,1	253,0	267,6	263,4	
Variations de la vitesse p. 100	en plus de la moyenne	8,5	—	2,5	4,9	5,3
	en moins de la moyenne	16,5	—	5,8	3,6	8,6
	totale	—	—	—	—	13,9
Rendement thermique calculé	sur le pétrole consommé au cylindre	—	6,8 0/0	14,1 0/0	14,1 0/0	
	sur le pétrole total (cylindre plus la lampe)	—	6,5 0/0	13,4 0/0	13,7 0/0	
ALLUMAGE						
Esprit de bois gr.		12	13	12	11	12
Pétrole gr.		—	—	—	—	19
Total gr.		—	—	—	—	31
Temps employé min.		—	18	18	—	18

4. *Moteur mi-fixe vertical présenté par la* **Société Suisse pour la construction de locomotives et de machines de Winterthur** (*Suisse*).

Cette machine est du type vertical à pilon ; le cylindre est placé à la partie supérieure du bâti complètement fermé, de sorte qu'on aperçoit à l'extérieur, d'un côté le volant-poulie, de l'autre le disque du régulateur, et au-dessus l'extrémité de l'arbre de distribution; deux portes en fonte permettent l'inspection et le graissage de la bielle.

Le régulateur est fixé sur l'arbre moteur; à l'intérieur du bâti, un pignon commande une grande roue clavetée sur l'arbre de distribution, dont les cames d'allumage et d'échappement sont à l'extérieur ; les leviers sont très petits, très ramassés et agissent par des tringles sur les différentes soupapes.

La lampe, le tube de porcelaine, le vaporisateur de pétrole sont analogues aux parties correspondantes du moteur NIEL précité (n° 2).

Nous avons déjà vu (page 100), que le moteur n'avait pas une charge d'eau suffisante au-dessus du cylindre, et nous constatons plus loin qu'on ne refroidissait pas assez ; au bout d'un certain temps de marche, la circulation de l'eau ne s'effectuait plus.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le graissage du cylindre se fait à l'huile avec un graisseur compte-gouttes; les autres pièces sont également graissées à l'huile minérale.

La bielle et toutes les pièces cachées par le socle sont brutes; la construction est économique, mais le nettoyage de ces pièces n'est pas des plus aisés.

La disposition renfermée de tous les organes recommande la machine pour les ateliers où se produisent beaucoup de poussières, mais l'élévation de l'appareil d'allumage à deux mètres au-dessus du sol ne facilite pas le travail du mécanicien.

Voici les résultats généraux des essais effectués sur le moteur Winterthur:

ESSAIS		I	II	III	IV	Moyennes
Travail. . . .	en chevaux-vapeur.	à vide	1,98	3,98	5,21	
	en poncelets.		1,48	2,99	3,91	
Pression barométrique.		736	750	757	753	
Consommation horaire. . .	Pétrole consommé. . . . . kil.	1,085	1,606	1,623	2,012	
	Eau de refroidissement. . . . lit.	—	39	114	60,6	
	Huile de graissage. . . . . gr.	70,5	53,5	60	56,5	60,1
	Pétrole consommé par la lampe kil.	—	—	—	—	0 k. 059
Pétrole consommé par heure et par cheval effectif. kil.		—	0,810	0,407	0,385	
Élévation de température de l'eau de refroidissement.		13°	31°3	44°6	40°7	
Nombre d'explosions par minute		16,4	32,5	44	64,5	
Température de l'échappement.		100°	150°3	203°	244°	
Nombre de tours moyen par minute.		230,3	233	232,9	226,3	
Variation de la vitesse p. 100	en plus de la moyenne	2,9	1,2	0,9	4,2	2,3
	en moins de la moyenne.	11,9	3,5	1,3	7,2	6,0
	total..	—	—	—	—	8,3
Rendement thermique.	sur le pétrole consommé au cylindre.	—	7,3 0/0	14,7 0/0	15,40 0/0	
	sur le pétrole total (cylindre plus la lampe).	—	7,1 0/0	14,1 0/0	14,90 0/0	
ALLUMAGE						
Esprit de bois . . . . . gr.		10	13	13	—	12
Pétrole.. . . . . gr.		—	—	—	—	16
Total . . . . . gr.		—	—	—	—	28
Temps employé . . . . . min.		22	18	20	—	20

5. *Moteur fixe vertical de la* **Compagnie des Moteurs universels,** *système* GROB, *précitée.*

Nous n'avons pas à insister longuement sur ce moteur (fig. 11) qui est analogue à celui monté en locomobile. Le bâti est un peu surélevé, car le piston, au lieu de s'articuler directement à la bielle, porte une tige dont la crosse se déplace dans une glissière cylindrique de même diamètre que le cylindre; la pompe à air signalée dans la locomobile est supprimée, et le pétrole est fourni par deux réservoirs, l'un peu élevé, destiné à alimenter le cylindre, l'autre placé à trois mètres au-dessus de l'axe de la machine, destiné à l'alimentation de la lampe.

Les autres dispositions sont identiques à celles du moteur de la locomobile. Le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

refroidissement était obtenu, comme dans une installation mi-fixe, avec un réservoir latéral et une circulation d'eau établie par la différence de température.

Voici les résultats généraux des essais effectués sur le moteur Grob :

ESSAIS			I	II	III	IV	Moyennes
Travail	en chevaux-vapeur		à vide	1,78	5,28	7,34	
	en poncelets			1,34	3,96	5,51	
Pression barométrique				757	758	756	756	
Consommation horaire.	Pétrole consommé	kil.		0,427	0,797	1,561	1,996	
	Eau de refroidissement	lit.		142,2	180	148,2	219,6	
	Graissage : huile au cylindre	gr.		29	26	13,3	55	31,6
	Graissage : graisse	gr.		8,2	8,3	9,2	11	9,2
	Graissage : total moyen			—	—	—	—	10,8
	Pétrole consommé par la lampe	kil.		0,074	0,078	0,079	0,079	—
Pétrole consommé par heure et par cheval effectif		kil.		—	0,448	0,295	0,271	
Élévation de température de l'eau de refroidissement				24°2	27,9	34,9	36,4	
Nombre d'explosions par minute				44,5	56,5	66,0	95,5	
Température de l'échappement				196°	257°	304°	305°	
Nombre de tours moyen par minute				300,3	304,8	334,4	311,0	
Variations de la vitesse p. 100.	en plus de la moyenne			1,7	2,2	4,2	1,3	2,4
	en moins de la moyenne			2,6	2,9	14,1	2,7	5,6
	totale			—	—	—	—	8,0
Rendement thermique calculé.	sur le pétrole consommé au cylindre			—	14,3 0/0	20,5 0/0	22,1 0/0	
	sur le pétrole total (cylindre plus la lampe)			—	12,9 0/0	19,5 0/0	21,2 0/0	
ALLUMAGE								
Esprit de bois		gr.		13	13	12	13	13
Pétrole		gr.		—	—	—	—	11,7
Total		gr.		—	—	—	—	24,7
Temps employé		min.		12	25	12	13	17

6. *Moteur mi-fixe horizontal de* **MM. S. Griffin et C°**, *de Bath (Angleterre), représentés par* M. J.-S. Duncan, 168, *boulevard de la Villette, Paris.*

Ce moteur (fig. 12) présente un certain nombre de dispositions originales, très intéressantes à étudier.

Les gaz d'échappement passent dans une enveloppe annulaire avant de se rendre dans le tuyau d'évacuation ; ils abandonnent ainsi à cette enveloppe une certaine quantité de chaleur. A l'intérieur de cette enveloppe cylindrique horizontale, logée dans le socle de la machine, on envoie un jet de pétrole pulvérisé par un injecteur à air. Le pétrole se transforme en vapeur qui, mélangée à l'air, constitue le gaz explosible, lequel se rend au cylindre par la soupape d'aspiration. La totalité de l'air nécessaire à la machine est fournie par une pompe à air actionnée par un excentrique calé sur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

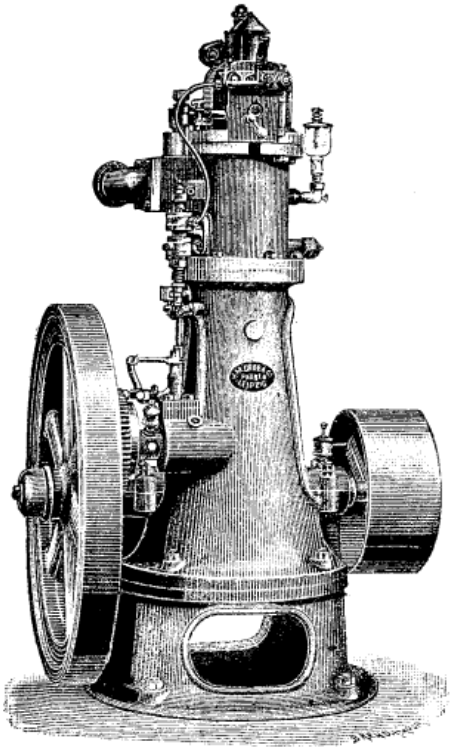


Fig. 11. — Moteur Grob.

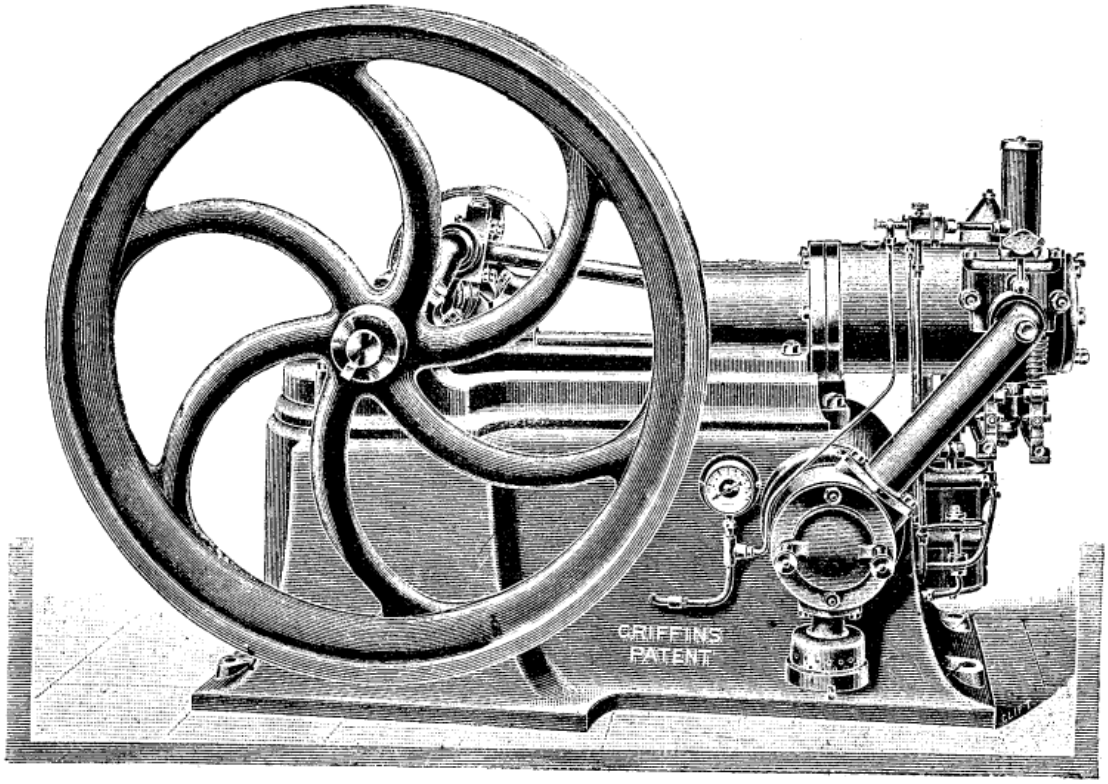


Fig. 12. — Moteur Griffin.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'arbre de distribution ; cette pompe, à simple effet, comprime l'air à une pression moyenne de 0^{kg},820 par centimètre carré et actionne, en même temps, un clapet qui envoie dans la lampe le pétrole qui lui est nécessaire.

La lampe est constituée par un petit bassin à pétrole pourvu d'un trop-plein qui, par un tuyau, renvoie l'excédent du liquide au réservoir situé dans le bâti du moteur, Le pétrole de la lampe monte par capillarité entre deux plaques de cuivre, et reçoit l'action d'un courant d'air fourni par la pompe à air précitée. Le mélange d'air et de pétrole est allumé à la partie inférieure d'un cylindre vertical en fonte garni intérieurement de matières réfractaires ; ce cylindre entoure un tube vertical fermé à sa partie supérieure, et raccordé par sa partie inférieure à la chambre d'explosion ; ce tube, formé d'un alliage de cuivre et de nickel, est maintenu au rouge par la flamme de la lampe.

Pour la mise en train, on déplace un tiroir circulaire qui met en communication l'intérieur du vaporiseur avec le tuyau d'échappement, on fait manœuvrer à la main, avec un levier, la pompe à air débrayée préalablement de son excentrique de commande, on allume le jet de pétrole dans le cylindre vaporiseur et la lampe. L'opération est terminée lorsque les parois du vaporiseur sont à une température suffisante pour permettre la vaporisation au début de la mise en train et lorsque le tube d'allumage est incandescent. Il faut, pour cela, huit minutes en moyenne ; on consomme 365 grammes de pétrole (0^{kg}, 319 au vaporiseur, 0^{kg},017 à une petite lampe pour chauffer le chalumeau, et 0^{kg},029 au chalumeau), et le mécanicien doit donner 465 coups de pompe.

L'opération terminée, on rétablit, par le tiroir circulaire, la communication du vaporiseur avec l'admission et l'espace annulaire avec l'échappement, on bloque la tige de la pompe avec son excentrique de commande, et on tourne au volant; la machine se met très facilement en route.

Afin d'augmenter la surface de chauffe, le vaporiseur est garni à l'intérieur d'ailettes dirigées suivant les génératrices.

Nous avons vu que le pétrole est vaporisé par une pulvérisation de l'air et par son passage dans un espace chaud; il se produit une distillation ; les huiles lourdes du pétrole se condensent et sortent par un purgeur. Cette huile est employée au graissage des différentes pièces du moteur (arbre, bielle, etc.) ou à d'autres machines; et, dans nos essais, nous avons obtenu ainsi plus d'huile que le mécanisme n'en absorbait.

Toute l'huile lourde du pétrole n'est d'ailleurs pas retirée par le purgeur; une certaine quantité, entraînée par les gaz d'admission, se condense sur les parois du cylindre et sert au graissage du piston. Le cylindre est, en effet, dépourvu de graisseur; et, dans nos essais, nous avons constaté que la lubrification du piston était parfaitement suffisante.

Un autre détail particulier du moteur Griffin réside dans le mode d'action du régulateur: dès que la vitesse de régime est dépassée, les deux soupapes d'admission et d'échappement sont bloquées ; le piston n'aspire donc pas du gaz d'échappement, il fait alternativement une dépression et rétablit à peu près le volume des gaz dans la chambre d'explosion. Des crans de sûreté permettent au régulateur de n'agir ainsi sur les deux soupapes d'admission et d'échappement que lorsque le piston est arrivé à la fin de son cycle.

En résumé, dans le moteur Griffin, on utilise une partie de la chaleur des gaz d'échappement pour la vaporisation du pétrole, on diminue le refroidissement afin

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qu'elle s'échappe à une haute température (de 50° à 73°); telles sont les causes qui diminuent les pertes de chaleur et qui contribuent, par suite, à élever le rendement thermique du moteur GRIFFIN.

Au maximum, le moteur a donné une puissance de plus de sept chevaux, mais cela n'a été obtenu qu'en surchargeant à tort le régulateur, en augmentant la vitesse et la quantité de pétrole ; aussi la consommation par cheval-heure s'est accrue, et le rendement thermique s'est abaissé comparativement au travail à quatre chevaux.

Voici les résultats généraux des essais effectués sur le moteur GRIFFIN :

ESSAIS			I	II	III	IV	Moyennes
Travail. . . .	En chevaux-vapeur		à vide	2,11	4,11	7,38	
	En poncelets			1,59	3,08	5,54	
Pression barométrique				755	752	752	754	
Consommation horaire.	Pétrole consommé	kil.		0,840	1,170	1,487	3,122	
	Eau de refroidissement. . . .	lit.		—	—	130	150	
	Huile de graissage.	Huile consommée.	gr.	17,3	23,5	21,6	31,0	23,3
		Huile fournie par le moteur.	gr.	115,6	62,5	55	0	58,2
		Différence (huile fournie par le moteur) . . .	gr.	—	—	—	—	
	Pétrole consommé par la lampe.		kil.	0,185	0,167	0,149	0,167	
Pétrole consommé par heure et par cheval effectif				—	0,352	0,361	8,423	
Élévation de température de l'eau de refroidissement.				51°6	58°4	50°8	35°7	
Nombre d'explosions par minute				17,8	42,5	47,6	74,0	
Température de l'échappement				89°	114°	123°	152°3	
Nombre de tours moyen par minute				215	214,4	212,5	218,0	
Variations de la vitesse p. 100.	En plus de la moyenne			1,8	0,9	1,6	1,8	1,5
	En moins de la moyenne.			5,1	4,2	3,8	3,7	4,2
	Total			—	—	—	—	5,7
Rendement thermique.	Sur le pétrole consommé au cylindre.			—	12,2 0/0	17,7 0/0	14,4 0/0	
	Sur le pétrole total (Cylindre plus la lampe).			—	10,4 0/0	15,2 0/0	13,6 0/0	
ALLUMAGE								
Pétrole consommé.	A la petite lampe à main. . .		gr.	14	15	25	15	17
	Au chalumeau		gr.	15	50	20	30	29
	Au vaporiseur		gr.	220	450	235	350	319
	Total		gr.	—	—	—	—	365
Nombre de coups de pompe à air.				430	568	330	533	465
Temps employé..				5	10	6,5	9,5	8

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

7. *Moteur locomobile de* **MM. Merlin et C^ie^**, *constructeurs à Vierzon (Cher).*

La locomobile Merlin, représentée par la figure 13, porte un moteur vertical, du type à pilon, placé au-dessus de l'essieu d'arrière, tandis que, sur les deux tiers de l'avant du chariot, se trouve un bac rectangulaire contenant l'eau de refroidissement

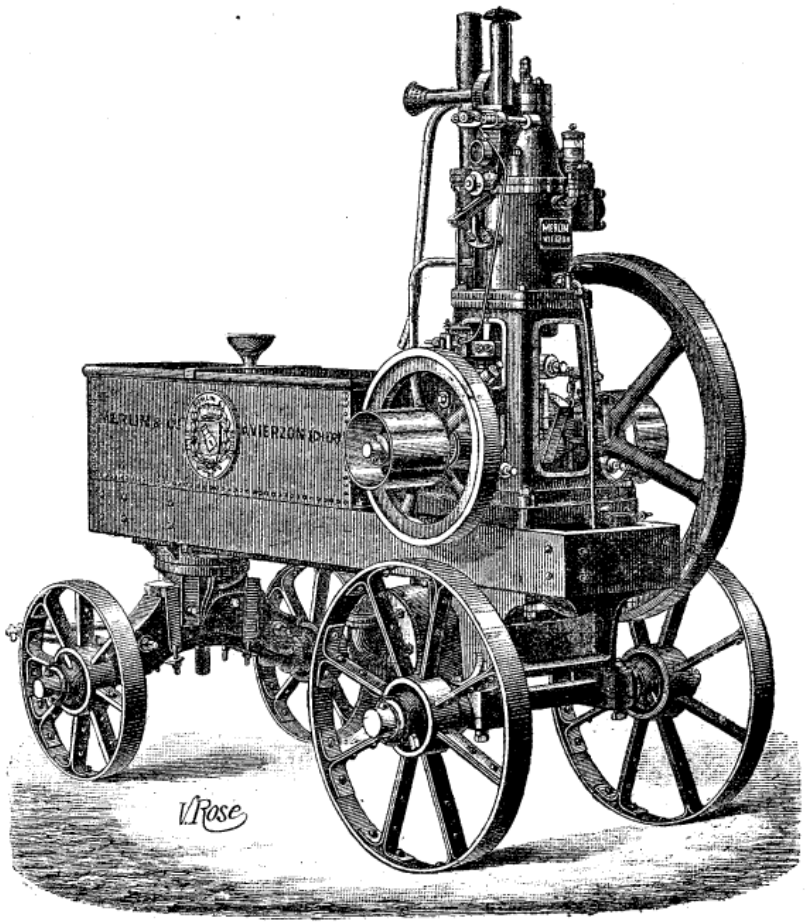


Fig. 13. — Moteur locomobile Merlin.

(240 litres). La disposition du moteur par rapport aux points d'appui du chariot est bonne et assure pendant le travail la stabilité de la locomobile.

Le moteur proprement dit est identique à ceux du type mi-fixe du même constructeur; en dessous du bâti et formant socle, logé entre les deux longerons du chariot se trouve le réservoir à pétrole; c'est une capacité rectangulaire en fonte, fermée par un bouchon à vis par lequel s'introduit le combustible.

Une pompe à air comprime l'air dans ce réservoir à une pression variable à volonté (la pression était de 0^kg^,3 dans nos essais); le piston de la pompe porte une soupape à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ressort qui règle cette pression. La pompe est actionnée par un levier calé, comme celui de la pompe à eau, sur un arbre animé de mouvements circulaires alternatifs commandés par une came clavetée sur l'arbre de distribution; le même axe commande la soupape d'échappement et la pompe à pétrole.

Le régulateur à force centrifuge (à deux boules) est logé sur l'axe moteur et abrité par une enveloppe cylindrique; le régulateur agit sur l'axe alternatif précité, de sorte que, quand la vitesse dépasse le chiffre voulu (300 à 310 tours), l'axe alternatif est bloqué, la soupape d'échappement reste ouverte, la pompe ne débite plus de pétrole, la pompe à air et la pompe à eau sont arrêtées; c'est une très bonne disposition en ce sens que l'eau n'est envoyée dans la double enveloppe que tant qu'il y a des explosions, la quantité d'eau est ainsi toujours proportionnelle au travail, et on ne risque pas de refroidir trop le cylindre pendant le fonctionnement à demi-charge ou à vide, comme pour les autres machines locomobiles dans lesquelles la pompe à eau est indépendante du régulateur.

Pour s'en convaincre il suffira de voir les chiffres de détail des essais; en moyenne nous avons eu :

MARCHE.	Température de l'eau à l'entrée.	Température de l'eau à la sortie.	Évaluation de température.	Volume d'eau par heure.
à vide	22°,1	85°,2	63°,1	$10^{lit},2$
à 2 chevaux 29	20°,7	71°,0	50°,3	$72^{lit},0$
à 4 chevaux 15	19°,6	82°,8	63°,2	$62^{lit},4$
à 4 chevaux 80	19°,6	98°,1	78°,5	$66^{lit},0$

De temps à autre, on ajoute une certaine quantité d'eau froide dans le réservoir; par un trop-plein, une quantité correspondante d'eau chaude s'écoule dans un bac placé à terre ou directement sur le sol si l'on dispose d'un volume d'eau suffisant. Dans nos essais à quatre chevaux, nous avons ainsi ajouté environ 40 litres d'eau froide par heure.

La pompe à pétrole, à piston plongeur et à tiroir, est très petite et ses organes sont ramassés au-dessus de l'arbre de distribution.

Le piston est lubrifié à l'huile avec un graisseur à gouttes; les frottements de la tête de bielle et de l'arbre sont pourvus de graisseurs à graisse consistante.

Dans l'essai du maximum, le ressort de la soupape d'injection du pétrole s'est desserré et n'a été rétabli dans sa position normale que vers la fin de l'expérience.

Voici les résultats généraux des essais effectués sur le moteur Merlin.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ESSAIS				I	II	III	IV	Moyennes
Travail. . . .	en chevaux-vapeur.			à vide	2,29	4,15	4,80	
	en poncelets.				1,72	3,12	3,60	
Pression barométrique.					757	758	758	758	
Consommation horaire	Pétrole consommé. . . . . kil.				0,410	1,005	1,476	1,666	
	Eau de refroidissement . . . kil.				10,3	72	62,4	66	
	Graissage	Huile. .	Cylindre . . . gr.		5 10	5	12,5	6,6	7,8
			Burette. . . . gr.		0 5	2,5	—	3,2	3,6
		Graisse.	Bielle. . . . . gr.		3 6	2,5	2,5	5,2	3,8
			Arbre . . . . gr.		4 4	11	5	6	6
		Total moyen . . . . . gr.			—	—	—	—	21,2
	Pétrole cons. par la lampe. . kil.				—	—	—	—	0,070
Pétrole cons. par heure et par cheval effectif. kil.					—	0,438	0,355	0,347	
Élévation de tempér. de l'eau de refroidissement.					63°1	50°3	63°2	78°5	
Nombre d'explosions par minute					19,9	74,5	96	129,9	
Température de l'échappement.					70°	198°	173°7	224,6	
Nombre de tours par minute.					308,0	294,3	294,0	283,1	
Variations de la vitesse 0/0	en plus de la moyenne.				1,6	3,6	2,3	2,8	2,6
	en moins de la moyenne. . . .				2,8	2,3	4,8	3,2	3,3
	totale.				—	—	—	—	5,9
Rendement thermique	sur le pétrole consommé au cylindre				—	14,1 0/0	17,0 0/0	17,3 0/0	
	sur le pétrole total (cylindre et la lampe).				—	13,1 0/0	16,2 0/0	16,6 0/0	
ALLUMAGE									
Esprit de bois.					10	14	9	14	12
Pétrole					—	—	—	—	3,7
Total					—	—	—	—	15,7
Nombre de coups de pompe à air pour obtenir la pression de 0kg,3 dans le réservoir à pétrole . .					—	35	30	28	31
Temps employé					5	7	7	7	7

8. *Locomobile de la* **Compagnie des Moteurs Niel,** *précitée.*

Le moteur de cette locomobile est horizontal et présente une grande analogie avec le moteur mi-fixe des mêmes constructeurs; le mode d'allumage, de distribution, etc., est le même, et les différences résident dans la commande des soupapes (qui a lieu par des cames entraînées par un arbre de distribution parallèle à l'axe moteur), le régulateur à force centrifuge, à boules, et le mode de refroidissement.

La figure 14 donne la vue de l'ancien type de locomobile, mais elle pourra servir à suivre la description succincte de la machine soumise aux essais quand on saura que le réservoir d'eau, au lieu d'être placé sous le bâti du chariot, est disposé en avant, entre l'axe moteur et l'avant-train, et affecte la forme d'un prisme vertical à base rectangulaire. Le système de refroidissement est analogue, comme principe, à celui déjà cité à propos de la machine n° 3.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le moteur est pourvu de deux volants ; l'un d'eux commande un axe horizontal qui fait un peu plus de 2,000 tours par minute, sur lequel sont clavetés la pompe centrifuge et le ventilateur. La pompe puise l'eau dans le bas du réservoir (40 litres de capacité), refoule cette eau dans la double enveloppe du cylindre, et chasse l'eau chaude à la partie supérieure du réservoir, élevé de 1m,18 au-dessus du plan du chariot ; là, l'eau se déverse sur des claies, où elle reçoit l'action du courant d'air fourni par le ventilateur ; puis, refroidie, elle tombe dans le réservoir inférieur pour être reprise par la pompe.

Comme nous l'avons déjà vu, la quantité d'eau qui passe par heure est énorme, et

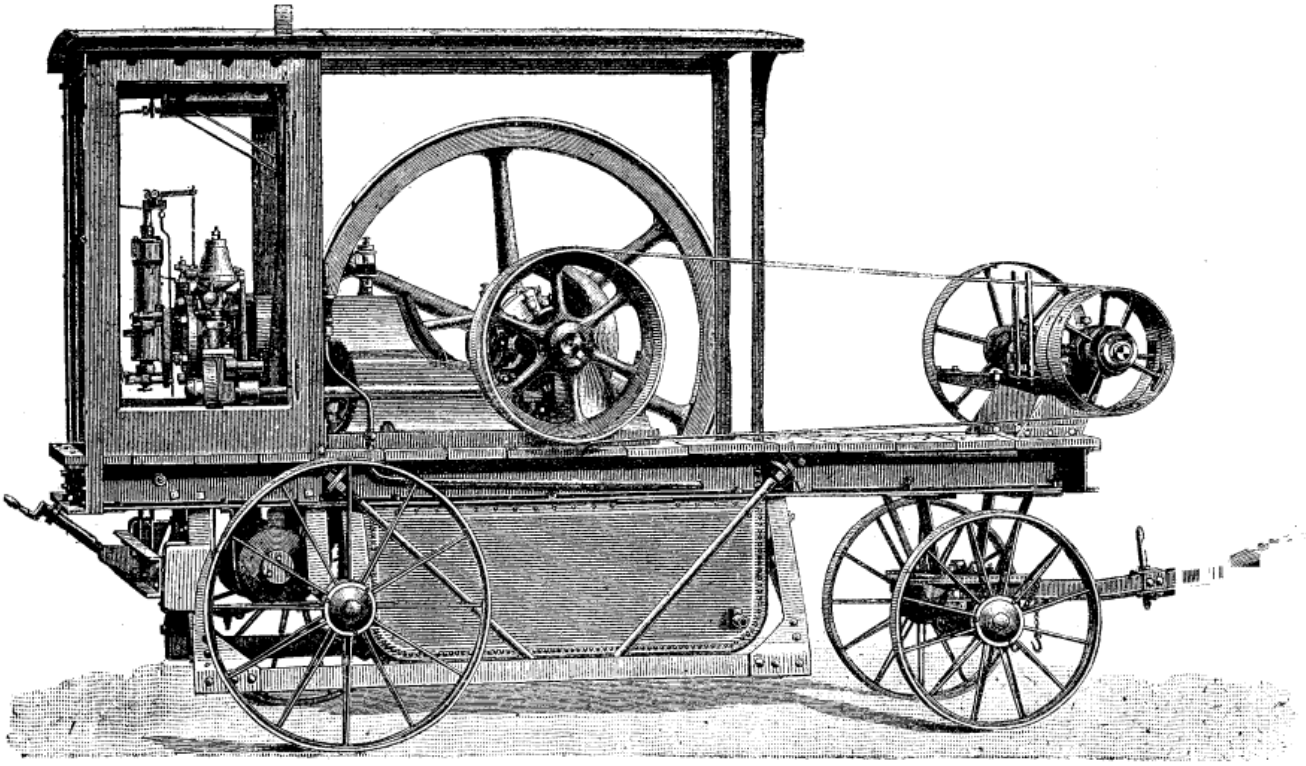


Fig. 14. — Moture locomobile Niel.

c'est l'explication de la consommation exagérée de pétrole, alors que le moteur, sauf quelques détails de construction, est identique à la machine n° 2, qui a donné de bons résultats au point de vue de cette consommation.

Le cylindre est graissé à l'huile, les autres pièces du mécanisme sont munies de graisseurs à graisse consistante.

Comme l'indique la figure, le moteur est protégé par un toit, et l'arrière, contenant le cylindre et l'allumeur, est enfermé dans une vitrine, disposition qui ne semble pas recommandable pour les locomobiles.

Si la construction en elle-même est bien exécutée, le jury n'a pas été satisfait au point de vue des détails ; la machine est trop lourde, ce qui rend ses déplacements difficiles et coûteux dans les mauvais chemins ; elle est trop encombrante, le chariot

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

n'est pas stable pendant le travail ; les roues de l'avant-train viennent, dans les tournées, frotter contre les longerons, etc., etc., détails que les constructeurs pourraient d'ailleurs modifier très facilement.

Voici les résultats généraux des essais sur le moteur locomobile Niel :

ESSAIS			I	II	III	IV	Moyennes
Travail	en chevaux-vapeur		à vide	1,96	3,90	6,38	
	en poncelets			1,47	2,92	4,78	
Pression barométrique			756	759	760	759	
Consommation horaire	Pétrole consommé		3,760	3,293	2,950	4,470	
	Eau de refroidissement		2530	2140	2034,6	2160	
	Graissage — Huile — Cylindre	gr.	20	22	16	39	24,2
	Graissage — Huile — Burette	gr.	4	5	2,5	13,5	6,2
	Graissage — Graisse — Bielle et arbre	kg.	20	8	4,5	18	12,6
	Graissage — Graisse — Ventilateur et pompe	gr.	5	6	3	18	8
	Pétrole consommé par la lampe d'allumage	kg.	—	—	—	—	0,198
	Pétrole consommé par la lampe à esprit de bois	kg.	0,017	0,016	0,0025	0	
Pétrole consommé par heure et par cheval effectif		kg.	—	1,679	0,755	0,700	
Élévation de température de l'eau de refroidissement			1°,7	2°,9	5°,7	6°,2	
Nombre d'explosions par minute			28	39,4	53,3	63,2	
Température de l'échappement			109°,3	140°	205°,2	232°	
Nombre de tours par minute			177,2	176,5	176,0	177,5	
Variations de la vitesse p. 100.	en plus de la moyenne		2,1	1,4	1,4	—	1,6
	en moins de la moyenne		4,1	4,9	4,5	—	4,5
	totale		—	—	—	—	6,1
Rendement thermique.	sur le pétrole consommé au cylindre		—	3,6 0/0	8,2 0/0	8,6 0/0	
	sur le pétrole total (cylindre et la lampe)		—	3,4 0/0	7.6 0/0	8,2 0/0	
ALLUMAGE							
Esprit de bois		gr.	17 16	15	14	—	15,2
Pétrole		gr.	—	—	—	—	36,3
Total		gr.	—	—	—	—	51,5
Temps employé		min.	19 16	20	18	—	16

CHAPITRE V

DISCUSSION DES ESSAIS

Nous comptons examiner rapidement, dans ce chapitre, quelques points particuliers et intéressants de ces essais, afin que chacun puisse se rendre compte des qualités de son moteur, et, s'il y a lieu, de son infériorité à certains points de vue et des causes de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

son infériorité. Il pourra, par suite, en être tiré d'utiles enseignements pour les améliorations à apporter aux machines.

Ainsi que nous l'avons vu, le pétrole qui a servi aux essais avait un pouvoir calorifique de 11 040 calories par kilogramme ; or, chaque kilogramme consommé était loin de fournir une quantité correspondante de travail mécanique par suite des pertes que nous pouvons décomposer de la manière suivante :

1° Perte par l'eau de refroidissement (R) ;

2° Pertes diverses par l'échappement, le rayonnement, la lampe, le travail absorbé par le mécanisme, etc. (X).

De sorte que, si T est le travail effectif mesuré au frein (ou les calories correspondantes) (1), si C représente le nombre de calories que peut dégager la quantité de pétrole consommé dans chaque essai, on a :

$$C = T + R + X.$$

Nous pouvons chercher à évaluer, aussi approximativement que possible, chacune de ces valeurs, dont quelques-unes ne constituent pas des *pertes*, dans le sens propre que l'on attribue à ce mot, attendu que les gaz d'échappement ne peuvent pas s'abaisser à la température ambiante, et que les parois du cylindre ne peuvent pas être maintenues à la température de l'explosion.

1. — *Rendement thermique.*

Le rendement thermique peut être calculé avec la plus grande exactitude, car nous connaissons :

Le pétrole consommé par heure ;

Le pouvoir calorifique du pétrole ;

Le travail fourni, que nous pouvons transformer en calories.

Le pétrole consommé par la machine se divise en deux parties : celui nécessaire à la lampe d'allumage (sauf pour le moteur Hornsby, qui en est dépourvu), et celui consommé par le piston ; comme nous avons relevé ces deux quantités, nous avons pu évaluer séparément :

1° Le rendement thermique du piston ;

2° Le rendement thermique total (piston et lampe).

Si T est le travail effectif (au frein) transformé en calories ;

Q, les calories dégagées par le pétrole fourni (sur le piston et totales), le rendement thermique K a pour expression :

$$K = \frac{T}{Q}.$$

C'est le rapport entre les calories utilisées et les colories fournies au moteur.

Les résultats des calculs sont indiqués dans le tableau suivant :

(1) Une calorie équivaut à 423 kilogrammètres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MACHINES.	PUISSANCE en PONCELETS.	RENDEMENT THERMIQUE du piston.	RENDEMENT THERMIQUE total (piston et lampe).
		p. 100.	p. 100.
1. Hornsby.	1,39	9,4	9,4
	2,89	11,9	11,9
	4,28	10,4	10,4
2. Niel, mi-fixe.	1,49	11,4	9,8
	2,95	17,0	15,1
	4,68	20,5	18,7
3. Grob, locomobile.	1,50	6,8	6,5
	3,15	14,1	13,4
	4,65	14,1	13,7
4. Winterthur	1,48	7,3	7,1
	2,99	14,7	14,1
	3,91	15,4	14,9
5. Grob, mi-fixe	1,34	14,3	12,9
	3,96	20,5	19,5
	5,51	22,1	21,2
6. Griffin	1,59	12,2	10,4
	3,08	17,7	15,2
	5,54	14,4	13,6
7. Merlin	1,72	14,1	13,1
	3,12	17,0	16,2
	3,60	17,3	16,6
8. Niel, locomobile.	1,47	3,6	3,4
	2,93	8,2	7,6
	4,79	8,6	8,2

La figure 15 donne les diagrammes du rendement thermique total, tiré du tableau précédent, et par interpolation nous pouvons déduire le rendement thermique total à une puissance exacte de quatre chevaux (3 poncelets), ce qui nous donne les chiffres suivants, que nous utiliserons pour l'établissement du classement final.

Classement des moteurs d'après leur rendement thermique total à quatre chevaux (3 poncelets) :

Grob (mi-fixe)	17,1 p. 100	Winterthur	14,1 p. 100
Merlin.	16,0	Grob (locomobile).	12,8
Niel (mi-fixe	15,3	Hornsby	11,7
Griffin.	15,1	Niel (locomobile).	7,6

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Comme on le voit, ces rendements sont très élevés ; ils sont deux ou cinq fois plus élevés que ceux fournis par les machines à vapeur de même puissance, employées dans nos exploitations agricoles.

Le rendement thermique est extrêmement important à considérer ; car si une

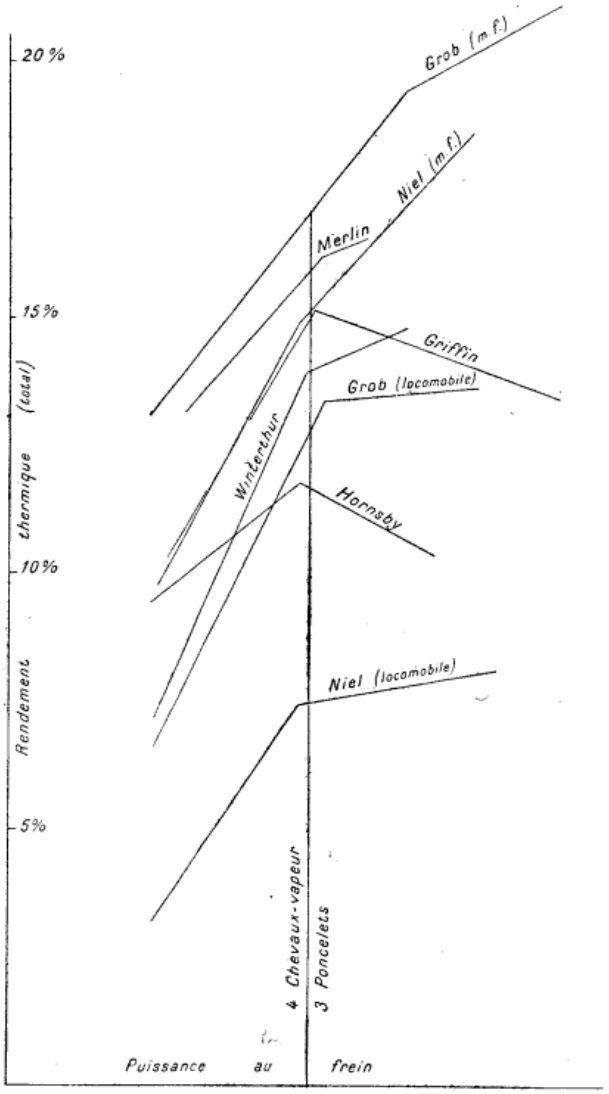


Fig. 15. — Rendement thermique des moteurs.

machine a un bon rendement thermique et un mauvais classement, cela indique qu'elle doit être améliorée dans des détails (allumage, lampe, mise en train, etc.), mais non dans ses parties essentielles concernant la production du mélange tonnant et son utilisation.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nous verrons, d'ailleurs, que le classement final des moteurs se rapprochera beaucoup de celui ci-dessus établi uniquement sur le rendement thermique total.

Si nous discutons ces rendements, nous trouverons l'explication de plusieurs points que nous examinerons plus loin : l'influence du volume d'air, de l'eau de refroidissement, etc., que voici en résumé : .

Nous pouvons suivre sur le tracé graphique (fig. 15), les observations suivantes :

GROB, mi-fixe. — Donnait suffisamment d'air, mais en approchant du maximum la quantité d'air diminuait : le rendement thermique diminue plus rapidement.

MERLIN. — Le rendement diminue vers le travail maximum, où il a refroidi beaucoup plus, relativement, qu'aux autres puissances.

NIEL, mi-fixe. — Le rendement thermique se maintient d'une façon régulière; l'air est admis en quantité régulière, le refroidissement suit aussi un régime régulier.

GRIFFIN. — Au maximum, a donné beaucoup plus de pétrole, mais pas assez d'air; le rendement thermique a baissé considérablement.

WINTERTHUR. — Le rendement est faible; la machine n'admet jamais assez d'air pour la combustion du pétrole; le refroidissement du moteur est irrégulier.

HORNSBY. — Donne trop d'air (deux à trois fois), et perdait ainsi de la chaleur; il en est de même pour le refroidissement.

GROB, locomobile. — Refroidissait trop; admission d'air d'une façon irrégulière, produisant des ratés; à vide et à deux chevaux il n'y avait pas assez d'air pour la combustion complète du pétrole.

NIEL, locomobile. — Refroidissement bien trop exagéré, pas assez d'air, production considérable de fumée, rendement thermique très faible, quoique encore plus élevé que celui d'une locomobile à vapeur de quatre chevaux.

2. — *Calories enlevées par l'eau de refroidissement.*

Cette perte se calcule en connaissant t et T : les températures de l'eau de refroidissement à l'entrée et à la sortie du cylindre, et q, le débit par heure :

$$R = q\,(T - t).$$

Les résultats des calculs sont indiqués dans le tableau ci-dessous :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MACHINES.	PUISSANCE en poncelets.	CALORIES ENLEVÉES PAR HEURE PAR L'EAU DE REFROIDISSEMENT. à vide.	à deux chevaux.	à quatre chevaux.	au maximum.
1. **Hornsby**	—	3365,8	—	—	—
	1,39	—	3483,6	—	—
	2,89	—	—	5966,5	—
	4,28	—	—	—	8321,9
2. **Niel** (mi-fixe)	—	2167,7	—	—	—
	1,49	—	3987,7	—	—
	2,95	—	—	4980,0	—
	4,68	—	—	—	5425,0
3. **Grob** (locomobile)	—	3390,7	—	—	—
	1,50	—	7128,0	—	—
	3,15	—	—	7272,0	—
	4,65	—	—	—	8832,7
4. **Winterthur**	—	61,8	—	—	—
	1,48	—	1189,4	—	—
	2,99	—	—	5084,4	—
	3,91	—	—	—	2462,1
5. **Grob** (mi-fixe)	—	3441,2	—	—	—
	1,34	—	5022,0	—	—
	3,96	—	—	5172,1	—
	5,51	—	—	—	8008,8
6. **Griffin**	—	—	—	—	—
	1,59	—	—	—	—
	3,08	—	—	6604,0	—
	5,54	—	—	—	5355,0
7. **Merlin**	—	649,9	—	—	—
	1,72	—	3621,6	—	—
	3,12	—	—	3943,6	—
	3,60	—	—	—	5181,0
8. **Niel** (locomobile)	—	4301,0	—	—	—
	1,47	—	6206,0	—	—
	2,93	—	—	11597,2	—
	4,79	—	—	—	13392,0

3. — *Répartition de la chaleur fournie.*

D'après les données précédentes, nous pouvons calculer, pour l'essai qui se rapproche de 4 chevaux, la répartition de la chaleur fournie par le combustible à chaque moteur.

En désignant par 100 le nombre de calories fournies à chaque machine, par le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pétrole consommé, nous obtenons les rapports suivants, en laissant de côté les locomobiles Grob et Niel, qui, refroidissant trop le cylindre, ont consommé plus à vide qu'en charge.

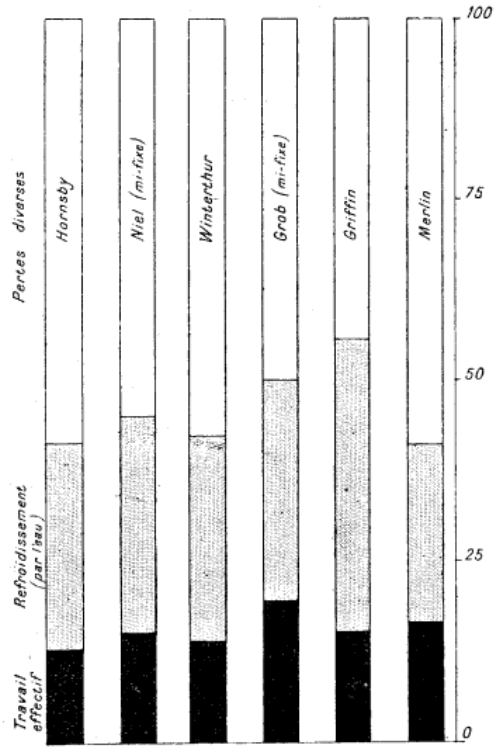


Fig. 16. — Répartition de la chaleur fournie.

MACHINES	TRAVAIL UTILISÉ (rendement thermique)	CHALEUR PERDUE par l'eau de refroidissement	PERTES DIVERSES (par l'échappement, le rayonnement, la lampe, le travail absorbé par le mécanisme, etc.)
1. **Hornsby**.	11,9	29,0	59,1
2. **Niel** (mi-fixe).	15,1	30,1	54,8
3. **Winterthur**	14,1	28,4	57,5
4. **Grob** (mi-fixe)..	19,5	30,0	50,5
5. **Griffin**.	15,2	40,2	44,6
6. **Merlin**.	16,2	24,2	59,6

Les résultats sont indiqués dans le graphique (fig. 16).

4. — *Air employé pour la combustion du pétrole.*

Connaissant, pour chaque moteur, le nombre d'explosions par heure, le volume engendré par le piston et la consommation de pétrole, nous pouvons calculer le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

volume d'air employé par la machine pour brûler 1 kilogramme de combustible (1).

Sachant enfin que, pour assurer la combustion complète de 1 kilogramme du pétrole qui a servi aux expériences, il faut 11 691 décimètres cubes d'air, nous pouvons déterminer, pour chaque machine et pour chaque essai, la différence entre le volume employé par le moteur et le volume théorique nécessaire.

Nous trouverons là l'explication de certaines consommations élevées, soit parce qu'en employait trop d'air (mélange pas assez détonant), soit qu'on en admettait trop peu (combustion incomplète, production de fumée). Enfin, en rapprochant ces chiffres du rendement thermique, que nous avons donné plus haut, chacun pourra en déduire des données utiles sur la quantité d'air qu'on doit, en pratique, fournir à la machine par kilogramme de pétrole consommé.

5. — *Variations de la vitesse.*

L'importance de l'uniformité de vitesse d'un moteur est en fonction de la destination des machines commandées; elle est, par exemple, des plus intéressantes s'il s'agit d'actionner des dynamos destinées à l'éclairage. Quelle que soit, du reste, l'application des moteurs, il est incontestable qu'on devra donner, toutes choses égales d'ailleurs, la préférence à ceux qui présentent le moins de variations de vitesse.

Les vitesses étaient relevées au compteur totalisateur et au tachymètre; le tachymètre permettait de suivre la variation de vitesse dans les différentes périodes du cycle du moteur, et, chose utile à signaler, les variations du tachymètre concordent avec celles indiquées par le compteur de tours.

La vitesse de régime de chaque moteur, dans nos essais, était variable; pour pouvoir faire une comparaison, nous avons estimé, en centièmes, les variations de vitesse de la façon suivante :

Si N est la vitesse moyenne (ou le nombre de tours),

n la vitesse minimum,

n' la vitesse maximum,

Les variations ont été données par :

ariations en plus de la moyenne :

$$\frac{100\ n'}{N} \quad 1$$

Variations en moins de la moyenne :

$$100 - \frac{100\ n}{N}$$

Et la variation totale avait pour expression :

$$\left(100 - \frac{100\ n}{N}\right) + \left(\frac{100\ n'}{N} - 100\right)$$

Les résultats des calculs sont indiqués dans les tableaux suivants; pour certaines

(1) Les calculs ont été effectués sans tenir compte de la dilatation des gaz due à la température des parois.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

machines, nous n'avons pas fait intervenir dans le calcul les chiffres provenant des essais qui ont eu trop peu de durée (Grob, locomobile; Niel, locomobile), lorsque la

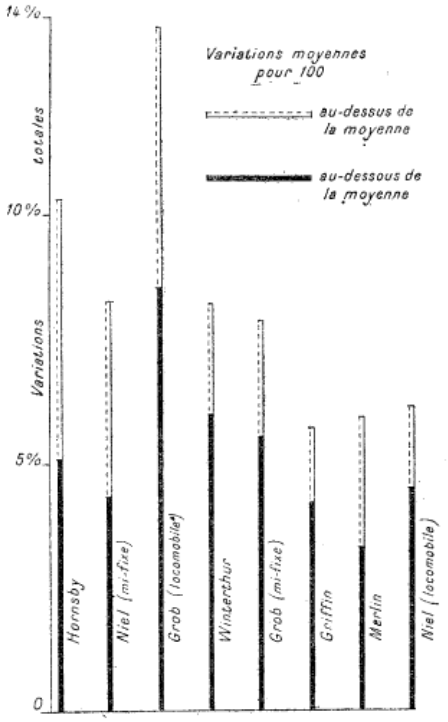


Fig. 17. — Variations de la vitesse.

machine s'arrêtait d'elle-même pour différentes causes que nous avons indiquées précédemment :

Ces variations sont représentées graphiquement par la figure 17. C'est la variation totale pour cent, résultant de la moyenne des observations qui interviendra plus tard dans le classement final.

6. — *Pétrole consommé par heure.*

Nous avons indiqué au chapitre IV, dans les tableaux résumant les essais de chaque moteur, les consommations de pétrole pour différentes puissances.

Comme il n'était pas possible de faire fonctionner tous les moteurs aux puissances exactes de 2, de 4 chevaux, etc., et, qu'au point de vue du classement, il nous fallait connaître la consommation à ces puissances exactes, nous avons eu recours à l'interpolation.

Le tracé graphique de la consommation de pétrole par heure est représenté par la figure 18; les puissances sont portées en abscisses et les ordonnées correspondantes représentent à l'échelle la consommation horaire.

La courbe est ascendante pour les moteurs Niel (mi-fixe), Grob (mi-fixe), Merlin, Griffin et Hornsby; pour ces deux machines la consommation s'est élevée très brus-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

quement au travail maximum, qui aurait pu être atteint avec une meilleure utilisation du combustible (voir § 4, p. 127, volume d'air employé). La courbe du moteur Winterthur indique encore ici l'influence du volume d'air employé pour la combustion, et l'in-

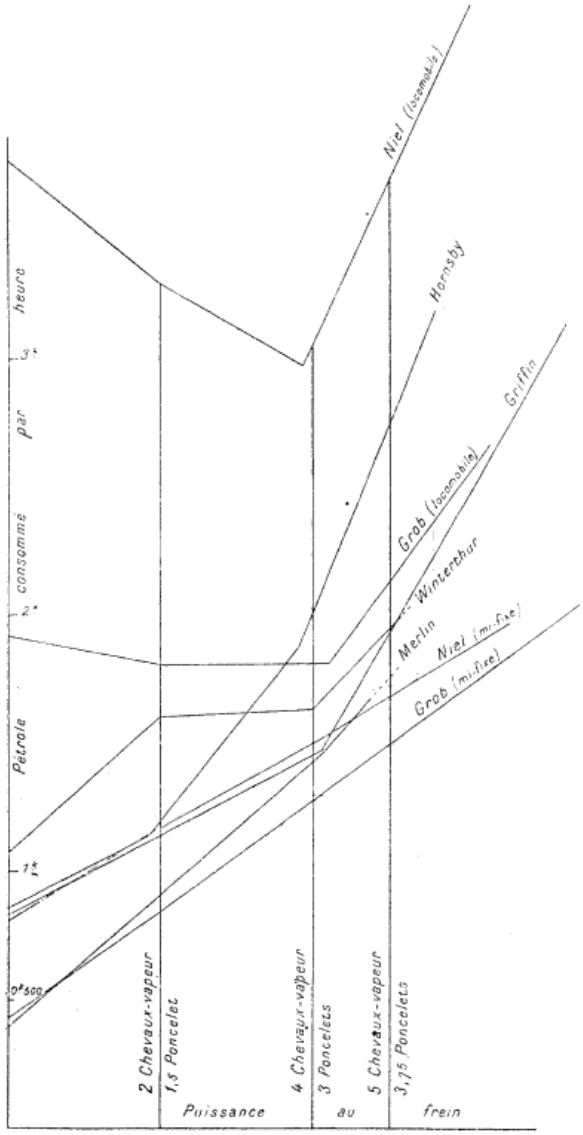


Fig. 18. — Pétrole consommé par heure.

fluence de la température des parois. Enfin, la courbe est très irrégulière pour les locomobiles Grob et Niel, ce qui est dû à la fois au volume d'air employé et au refroidissement exagéré du cylindre moteur.

Nous avons pu rétablir, par le calcul, les consommations horaires de pétrole pour les puissances exactes de 2 chevaux, de 4 chevaux et de 5 chevaux, qui nous serviront

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pour le classement définitif; nous les indiquons dans le tableau suivant, auquel nous ajoutons la consommation à vide et celle (pétrole et essence s'il y a lieu) nécessaire à la mise en train de chaque moteur.

MACHINES	PÉTROLE CONSOMMÉ (en kilogr.) PAR HEURE, AUX PUISSANCES DE				par mise en train
	à vide	2 chevaux 1,5 poncelet	4 chevaux 3 poncelets	5 chevaux 3,75 poncelets	
1. **Hornsby**.	0870	1170	1950	2600	0,580
2. **Niel** (mi-fixe)	0821	1160	1510	1680	0,055
3. **Grob** (locomobile).	1900	1780	1800	2120	0,031
4. **Winterthur**.	1085	1600	1680	1950	0,028
5. **Grob** (mi-fixe)	0427	0850	1300	1500	0,025
6. **Griffin**.	0840	1150	1465	1880	0,365
7. **Merlin**.	0410	0910	1440	1730	0,016
8. **Niel** (locomobile).	3760	3285	3015	3565	0,051

7. — *Consommation de pétrole par jour.*

Les machines concurrentes ont été essayées à différentes puissances afin de faire intervenir les consommations relatives dans le classement final, en se basant sur la quantité de pétrole nécessaire pour 10 heures de marche.

Nous avons, en effet, constaté, par des observations personnelles antérieures à ces essais, qu'on peut compter qu'une machine de quatre chevaux travaille :

1 heure à vide;
2 — à 2 chevaux;
6 — à 4 chevaux;
1 — à 5 chevaux.

10 heures.

Nous avons admis, en outre, deux allumages par jour.

Il nous est donc facile de dresser la consommation journalière de pétrole par moteur, d'après ces données et les consommations horaires individuelles spécifiées au § 6 (voir le tableau correspondant).

Les calculs de ces consommations, basés sur les mêmes temps et les mêmes puissances pour tous les moteurs, ont donné les chiffres suivants :

Pétrole consommé en 10 heures :

1. Hornsby	18kg,6	5. Grob (mi-fixe).	11kg,4
2. Niel (mi-fixe).	14kg,0	6. Griffin.	14kg,5
3. Grob (locomobile).	18kg,4	7. Merlin.	12kg,6
4. Winterthur	16kg,3	8. Niel (locomobile).	32kg,2

et, pour mieux montrer ces quantités, nous les avons représentées par le graphique ci contre (fig. 19).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

8. — *Résumé.*

Nous regrettons de ne pouvoir indiquer dans ce rapport toute une série de recherches entreprises sur les moteurs concurrents et résultant de nos essais compara-

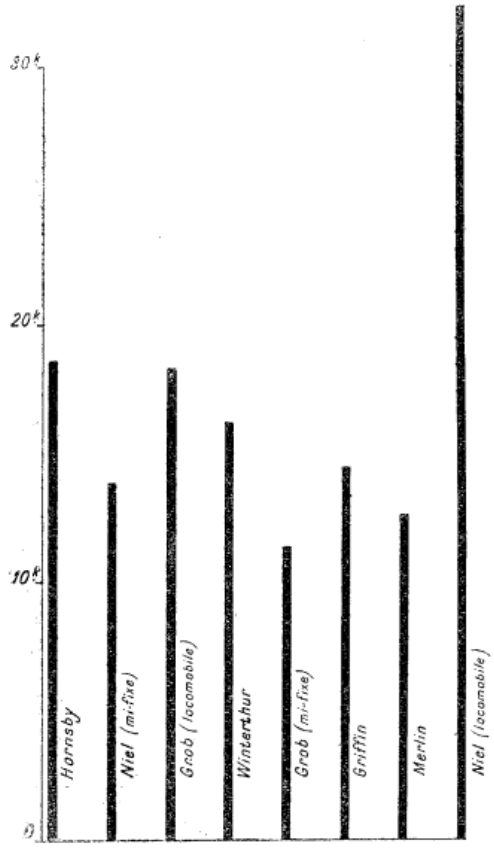


Fig. 19. — Consommation journalière de pétrole.

tifs ; ce sont des considérations générales, d'ordre scientifique, sur les moteurs à pétrole, qui sont pour ainsi dire étrangères au classement.

M. Aimé Witz (1) a déjà démontré que :

1° L'utilisation croît avec la vitesse de détente ;

2° La combustion des mélanges tonnants est d'autant plus rapide que la vitesse de détente est plus grande.

Et le Dr Slaby (2) a montré que les pertes par les parois, pendant la détente, diminuent incontestablement avec la vitesse ; de 40 p. 100 cette perte est tombée à 33 p. 100, pour un moteur d'expérience, lorsque la vitesse passait de 104 à 170 tours par minute.

Bornons-nous à faire remarquer que pour les machines qui sont classées les pre-

(1) A. Witz, *Traité théorique et pratique du moteur à gaz*, 1889.

(2) Slaby, *Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbefleisses*, 1891-1892.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mières pour le rendement thermique total à quatre chevaux, ce rendement est d'autant plus élevé que la vitesse est plus grande :

MOTEURS	RENDEMENT thermique total à 4 chevaux	Vitesse moyenne du moteur par minute
Grob (mi-fixe)	17,1 p. 100	312,6
Merlin.	16 —	294,9
Griffin.	15,1 —	215,0
Niel (mi-fixe).	15,3 —	184,2

Le rendement thermique croît donc rapidement avec la vitesse de détente; c'est la double influence d'une meilleure utilisation du combustible et d'une moindre perte par les parois. D'ailleurs, est-ce qu'on ne cherche pas, dans les armes à feu, un plus grand effet utile en augmentant considérablement la vitesse initiale du piston, c'est-à-dire du projectile?

La vitesse est donc importante à considérer pour un moteur à pétrole ou à gaz; et, comme nous le disions en commençant, on ne peut guère concevoir un moteur à pétrole, de petite puissance, monocylindrique, à marche lente, faisant 100 à 120 tours par exemple par minute, comme nos locomobiles à vapeur; non seulement la machine serait plus encombrante et par suite plus coûteuse, mais l'utilisation du combustible serait plus imparfaite.

CHAPITRE VI

MÉTHODE DE CLASSEMENT

Nous possédons dès maintenant tous les éléments nécessaires au classement, et nous allons indiquer la méthode employée.

Le classement a été établi en tenant compte de trois facteurs :

1° Le prix de revient de la journée de travail;

2° La construction et le fonctionnement;

3° Le rendement thermique.

Ces calculs étaient résumés dans un grand tableau général qui fut affiché dans la salle de distribution des récompenses à l'hôtel de ville de Meaux, le 19 mai 1894.

1. — Frais journaliers.

Les frais journaliers se composent de :

1° Les frais fixes : amortissement en 10 ans à 4 p. 100, service et entretien de la machine comptés à 5 p. 100 en supposant 150 jours de marche par an.

Fixons le prix d'un moteur à 4 000 francs, on aurait :

Amortissement en 10 ans, 4 p. 100 . . . . . Fr. 320,40
Service et entretien à 5 p. 100. . . . . 200 »

Par jour $\frac{520 \text{ fr. } 40}{150} = 3 \text{ fr. } 50$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et d'après le prix de la machine :

$$\frac{3 \text{ fr. } 50}{4.000} = 0 \text{ fr. } 0009.$$

Nous avons admis le coefficient 0,001, c'est-à-dire que les frais fixes journaliers représentent, pour tous les moteurs, le millième de leur prix d'achat.

2° Frais de mécanicien (compté à 3 fr. 50 par jour). Les machines fonctionnant seules, l'ouvrier peut être occupé les deux tiers ou la moitié du temps (suivant les moteurs) à d'autres travaux, réparations, etc.

3° Consommation de pétrole par jour (voir paragraphe 7 du chapitre V, page 131), en admettant pour tous les moteurs : 1 heure de marche à vide, 1 heure à 2 chevaux, 6 heures à 4 chevaux, 1 heure à 5 chevaux, et 2 allumages.

Le kilogramme de pétrole a été compté 0 fr. 40, en y comprenant l'achat, le transport en chemin de fer et le transport, relativement plus coûteux, de la gare à la ferme.

4° L'huile, la graisse et les chiffons. L'huile et la graisse ont été comptées 0 fr. 40 le kilogramme (y compris les transports précités) ; les chiffons à 0 fr. 70 le kilogramme et en admettant qu'un kilogramme de chiffons peut absorber ou nettoyer 10 kilogrammes d'huile ; d'où pour 1 kilogramme d'huile et de graisse on aurait :

Fr. 0 40 huile et graisse,
0 07 de chiffons.
Fr. 0 47 le kilogramme.

L'ensemble, basé sur la consommation de matières lubrifiantes, a été coté 0 fr. 50 le kilogramme.

On a obtenu ainsi les frais journaliers de chaque moteur (ces frais sont plutôt au-dessus de la vérité qu'au-dessous). Le rapport direct a été obtenu en divisant 100 par ces frais journaliers.

Le tableau suivant résume ce premier classement :

1° Frais journaliers.

MOTEURS	FRAIS FIXES Coefficient 0,001		MÉCANICIEN journée à 3 fr. 50		PÉTROLE par jour à 0 fr. 40 le kilogramme.		HUILE, GRAISSE, etc, par jour à 0 fr. 50 le kilogramme.		TOTAL Frais journaliers	RAPPORT direct NOTE $\frac{100.}{f}$
	Prix d'achat	Frais	Temps	Frais	Poids	Frais	Poids	Frais		
1. **Hornsby**.. . . .	4100	4 10	0,3	1 05	18.6	7 44	1.150	» 57	1316	7,59
2. **Niel** (mi-fixe) . .	4400	4 40	0,5	1 75	14	5 60	0.320	» 16	1191	8,30
3. **Grob** (locomobile)	5400	5 40	0,5	1 75	18.4	7 36	0.250	» 12	1463	6,83
4. **Winterthur**. . .	3900	3 90	0,5	1 75	16.3	6 52	0.600	» 30	1247	8,02
5. **Grob** (mi-fixe) . .	3800	3 80	0,3	1 05	11.4	4 56	0.408 on retire.	» 20	961	10,40
6. **Griffin**..	4100	4 10	0,3	1 05	14.5	5 80	0.349 moins.	» 17	1078	9,27
7. **Merlin**..	3500	3 50	0,3	1 05	12.6	5 04	0.212	» 11	970	10,30
8. **Niel** (locomobile).	7000	7 »	0,3	1 05	32.2	12 88	0.512	» 25	2118	4,72

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2. — Construction et fonctionnement.

Les notes ont été données de 1 à 5, avec des coefficients variables :

1° La construction (coefficient 2). Ici on n'a examiné que l'ajustage et non l'ingéniosité des dispositions, attendu que ces dernières se répercutaient sur d'autres points, dont on pouvait faire la constatation matérielle sans avoir à faire intervenir une appréciation personnelle.

2° La possibilité de marche à toute puissance (coefficient 10); un point a été donné pour chaque marche : à vide, à 2 chevaux, à 4 chevaux et au maximum. Il faut, en effet, pouvoir fonctionner à toutes les puissances, car un moteur de 4 chevaux peut très bien être employé, dans une ferme, à des travaux légers, comme, par exemple, couper de la paille, des racines, etc., avec les machines existantes dans l'exploitation et n'exigeant pas un cheval-vapeur, ce qui équivaut à un travail très faible, pour ces moteurs, compris entre 0 et 2 chevaux.

3° La régularité de vitesse (coefficient 5) d'après les chiffres constatés aux essais variations totales pour 100, voir paragraphe 5, chapitre V, page 128), a été obtenue en divisant 10 par la variation totale de la vitesse; cette note indique donc la sensibilité du régulateur et dépend de son mode d'action.

4° La facilité d'allumage (coefficient 1), estimée aux essais.

5° Le temps d'allumage (coefficient 1), compté en retranchant de 25 minutes le temps moyen nécessaire et en divisant le reste par 10.

Toutes les notes ayant été données de 1 à 5, les coefficients précédents indiquent la valeur relative qui a été attribuée à chacune de ces constatations. Le total de ces cinq notes, multiplié par 0,02, a donné la note finale relative à la construction et au fonctionnement. Les résultats des calculs sont indiqués dans le tableau suivant :

2° Construction et fonctionnement.

MACHINES	CONSTRUCTION Coefficient 2		POSSIBILITÉ DE MARCHE à toute puissance Coefficient 10		RÉGULARITÉ DE MARCHE Coefficient 5		FACILITÉ D'ALLUMAGE Coefficient 1		TEMPS D'ALLUMAGE Coefficient 1		TOTAL des POINTS	NOTE FINALE — Total des points × 0,02
	Note particulière	Points	Note particulière	Points	Note particulière	Points	Note particulière	Points	Note particulière	Points		
1. **Hornsby**	4	8	2	20	0,92	4,60	4	4	1,5	1,5	38,10	7,62
2. **Niel** (mi-fixe)	4	8	4	40	1,20	6	2	2	0,5	0,5	56,50	11,30
3. **Grob** (locomobile)	4	8	2	20	0,72	3,60	4	4	0,7	0,7	36,30	7,26
4. **Winterthur**	3	6	4	40	1,20	6	3	3	0,5	0,5	55,50	11,10
5. **Grob** (mi-fixe)	4	8	4	40	1,25	6,25	4	4	0,8	0,8	59,05	11,81
6. **Griffin**	4	8	4	40	1,78	8,90	4	4	1,7	1,7	62,60	12,52
7. **Merlin**	4	8	4	40	1,69	8,45	4	4	1,8	1,8	62,25	12,45
8. **Niel** (mi-fixe)	2	4	4	40	1,63	8,15	2	2	0,9	0,9	55,05	11,01

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

3. — Rendement thermique.

Le rendement thermique total à quatre chevaux, indiqué par le paragraphe 1er du chapitre V, page 122, a été multiplié par le coefficient 0,2, et a donné les notes suivantes :

MACHINES	RENDEMENT THERMIQUE	NOTE CORRESPONDANTE
1. **Hornsby**	11,7	2,34
2. **Niel** (mi-fixe)	15,3	3,06
3. **Grob** (locomobile)	12,8	2,56
4. **Winterthur**	14,1	2,82
5. **Grob** (mi-fixe)	17,1	3,42
6. **Grifin**	15,1	3,02
7. **Merlin**	16,0	3,20
8. **Niel** (locomobile)	7,6	1,52

Comme nous l'avons dit plus haut, ce rendement est important, car si une machine avait un bon rendement thermique et un mauvais classement final, cela indiquerait que son principe est bon, mais qu'elle doit être améliorée dans des détails de construction (lampe, allumage, régulateur, etc.).

4. — Note générale.

L'ensemble des trois notes précédentes a donné, par une addition, la note générale : d'où est résulté le classement des moteurs concurrents :

MACHINES	NOTES			NOTE GÉNÉRALE
	FRAIS journaliers	CONSTRUCTION et fonctionnemt	RENDEMENT thermique	
1. **Hornsby**	7,59	7,62	2,34	17,55
2. **Niel** (mi-fixe)	8,30	11,30	3,06	23,66
3. **Grob** (locomobile)	6,83	7,26	2,56	16,65
4. **Winterthur**	8,02	11,10	2,82	21,94
5. **Grob** (mi-fixe)	10,40	11,81	3,42	25,63
6. **Griffin**	9,27	12,52	3,02	24,81
7. **Merlin**	10,30	12,45	3,20	25,95
8. **Niel** (locomobile)	4,72	11,01	1,52	17,25

d'ou est résulté le classement des moteurs concurrents :

N° 1. — Merlin (vertical, locomobile) . . . . . note 25,95
N° 2. — Grob (mi-fixe, vertical) . . . . . — 25,63
N° 3. — Griffin (mi-fixe, horizontal) . . . . . — 24,81
N° 4. — Niel (mi-fixe, horizontal) . . . . . — 22,66
N° 5. — Winterthur (mi-fixe, vertical) . . . . . — 21,94
N° 6. — Hornsby (mi-fixe, horizontal) . . . . . — 17,55
N° 7. — Niel (horizontal, locomobile) . . . . . — 17,25
N° 8. — Grob (vertical, locomobile) . . . . . — 16,65

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Quel que soit le classement qui résulte des expériences de la station d'essais de machines, il ne faut en conclure qu'un classement actuel, pour ainsi dire immédiat. Nul doute que les constructeurs qui ont pu suivre et prendre des documents à ces essais, n'en profitent dans un avenir prochain pour améliorer telle ou telle partie de leur moteur au sujet de laquelle ils ont pu constater leur infériorité relative et la cause de cette infériorité.

Il peut très bien se faire que, d'ici à quelque temps, une machine non classée parmi les premières soit suffisamment modifiée pour pouvoir entrer avantageusement en lutte avec celles qui la précédaient.

Ce que nous voulons, par-dessus tout, c'est appeler l'attention du public agricole, comme des petits industriels, sur ces machines intéressantes et pratiques, en favoriser l'extension; mais, par notre situation, nous ne devons le faire qu'au profit de toutes les machines concurrentes et non au détriment de quelques-unes.

Le fait d'avoir participé aux essais est très recommandable pour toutes les machines concurrentes. Nous avons le ferme espoir qu'en écrivant ce rapport général, nous servons la cause des moteurs à pétrole, et que les concurrents y trouveront des points de repère précis à l'aide desquels ils pourront améliorer très utilement leurs moteurs.

CHAPITRE VII

ATTRIBUTION DES RÉCOMPENSES

Les récompenses suivantes ont été décernées :

MÉDAILLES D'OR offertes par la Société des Agriculteurs de France :

Première médaille d'or, à MM. Merlin et C^ie^, à Vierzon (Cher), pour leur locomobile;

Deuxième médaille d'or, à la Compagnie des Moteurs universels, système Grob, 21, avenue de l'Opéra, à Paris, pour son moteur mi-fixe vertical.

Par leur nombre de points, ces deux machines sont pour ainsi dire *ex æquo*.

En outre, M. le Président a annoncé que la Société Nationale d'Agriculture de France a accordé à MM. Merlin et C^ie^ une *médaille d'or grand module* pour leur locomobile (1).

MÉDAILLE DE VERMEIL, offerte par la Société d'Agriculture de l'arrondissement de Meaux.

A MM. Griffin et C^ie^, de Bath (Angleterre), représentés par M. J.-S. Duncan, 168, boulevard de la Villette, à Paris, pour le moteur mi-fixe horizontal;

MÉDAILLES D'ARGENT offertes par la Société d'Agriculture de l'arrondissement de Meaux :

Première médaille d'argent, à la Compagnie des Moteurs Niel, à Évreux (Eure) et 22, rue Lafayette, à Paris, pour son moteur mi-fixe horizontal.

Deuxième médaille d'argent, à la Société de construction de locomotives et de machines de Winterthur (Suisse), pour le moteur mi-fixe vertical.

MENTION HONORABLE à MM. R. Hornsby et C^ie^ de Grantham (Angleterre), et 5 et 7, rue Claude-Vellefaux, à Paris, pour leur machine mi-fixe horizontale.

(1) Rapport de M. Alfred Tresca, à la Société Nationale d'Agriculture de France, au nom de la Section de mécanique agricole et des irrigations, sur la locomobile Merlin. *Bulletin de la séance publique solennelle du 11 juillet 1894*, page 100.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS CHIMIQUES

REVUE DES PERFECTIONNEMENTS RÉCENTS APPORTÉS A LA FABRICATION DES GRANDS PRODUITS CHIMIQUES.

Première partie. — *Acides sulfurique et nitrique*, par **M. E. Sorel**, ancien ingénieur des manufactures de l'État, membre de la Société.

Si, pour un instant, on laisse de côté les tentatives si intéressantes auxquelles donne lieu en ce moment l'application de l'électricité à la fabrication des alcalis et du chlorure : tentatives sur lesquelles nous reviendrons en détail dans la seconde partie de cette revue, on doit considérer la fabrication des grands produits chimiques comme n'ayant depuis quelques années subi aucune de ces modifications qui marquent une époque dans l'évolution d'une industrie.

Toutefois, sous l'influence de la concurrence, et par suite des empiétements du procédé à l'ammoniaque, on y peut constater nombre de perfectionnements de détail dont la valeur n'est pas à négliger.

Aussi, en attendant que l'avenir se soit prononcé sur les transformations, probablement considérables, que nous promet, grâce à l'emploi des forces électriques, l'alliance du chimiste et du physicien, est-ce chose intéressante que de mettre les membres de la Société d'Encouragement au courant des nombreux progrès de détail qui ont été réalisés dans la grande industrie chimique.

Acide sulfurique. — Il est presque inutile de rappeler que le soufre à l'état pur n'entre pour ainsi dire plus dans la fabrication de l'acide sulfurique.

Les gaz provenant de la régénération des marcs de soude commencent à être utilisés soit qu'on emploie le procédé Schaffner et Helbig, comme dans quelques rares usines du Midi, où l'on trouve ainsi l'utilisation du chlorure de magnésium provenant de l'exploitation des marais salants, soit qu'on emploie, comme chez MM. Chance, à Oldbury, le procédé à l'acide carbonique combiné avec la combustion dans les fours Claus.

La plus grande partie de l'acide sulfurique obtenu dans les pays industriels est tirée des sulfures métalliques ; et ce point mérite spécialement notre attention car il constitue un danger pour l'industrie française.

Nous avons longtemps vécu, en France, aux dépens des abondants dépôts de pyrite de fer existant dans notre sol ; puis est venue l'ère de l'importation des pyrites étrangères : importation favorisée par une décentralisation de la fabrication de l'acide sulfurique. Cette fabrication, en effet, était, il y a vingt-cinq ans environ, l'apanage presque exclusif des anciennes soudières. Lorsque la fabrication des superphosphates eut pris en France l'essor auquel elle avait droit, les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fabricants d'engrais un peu importants montèrent chez eux des usines à acide sulfurique, et s'adressèrent : les uns aux mines françaises, les autres aux mines étrangères. La concurrence fit baisser les prix des matières premières et des produits fabriqués, et, de là, naquirent nombre de perfectionnements de détail que nous allons passer en revue.

Mais l'industrie française est sous le coup d'une modification considérable contre laquelle elle aura de la peine à lutter.

Les gisements si importants de blende qui existent en Westphalie et en Belgique étaient les uns négligés, les autres uniquement exploités au point de vue métallurgique : dans ce dernier cas, la blende, partiellement grillée dans des fours imparfaits, donnait de l'acide sulfurique, puis était oxydée dans des fours à moufle où le restant du soufre était éliminé et abandonné dans l'air.

L'épuisement progressif des calamines de Belgique d'une part, et, d'autre part, l'invention de fours à moufle plus parfaits permettant le grillage intégral de la blende (fours Eichorn d'abord, puis fours Hasenclever) a amené chez nos voisins et dans le Nord de notre pays une révolution industrielle importante; et, à l'heure présente, presque toutes les blendes sont, en Belgique, en Westphalie, et dans le Nord, grillées d'abord en tête d'appareils à acide sulfurique, puis traitées métallurgiquement après, si bien que l'acide sulfurique belge pour lequel le prix de la matière première est à peu près nul (tandis que ce prix forme sensiblement les 5/9 du prix de fabrication de l'acide sulfurique français) commence à arriver dans les environs de Paris et à lutter avantageusement avec les produits de nos usines.

Les industriels français ont donc été amenés à perfectionner leurs appareils de façon à économiser à la fois sur les dépenses de matières premières et sur les travaux de premier établissement.

Des appareils de grillage proprement dits pour l'emploi des pyrites, nous n'aurons presque rien à relater; tout au plus, est-on arrivé, par l'observation des phénomènes calorifiques qui se passent dans les fours à dalles, à régler l'écartement de celles-ci de façon à obtenir dans le bas un grillage plus complet et une destruction plus parfaite du sulfate de fer, et à réaliser dans le haut une combustion active sans atteindre la température de fusion du sulfure de fer. On a également lutté contre l'échauffement des fours par l'emploi de cloisons en briques creuses. Toutefois, devons-nous citer l'appareil américain de Frash, qui paraît constituer un heureux perfectionnement du four mécanique continu des frères Mac-Dougal.

Dans ces fours, qui datent déjà d'une vingtaine d'années, la pyrite, préalablement broyée, était mécaniquement remuée par des râteaux aux divers étages d'un four cylindrique, et alternativement promenée du centre à la circonférence et inversement en sens contraire des gaz chauds. On arrivait ainsi à un grillage

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

très rapide et complet, mais on avait de grands entraînements de poussières, et l'arbre vertical portant les râteaux était rapidement faussé et mis hors de service soit qu'il fût en fonte, soit qu'il eût une âme d'acier, sous l'influence de la haute température développée par le grillage.

Frash a résolu cette dernière difficulté en faisant un arbre creux dans l'axe duquel un tube en fer amène de l'eau froide, qui s'échauffe sur les parois de l'arbre creux et les emboîtements des bras : la vapeur produite agit comme l'air dans un émulseur, et détermine une circulation rapide de l'eau entre l'intérieur de l'arbre et un réservoir d'eau placé au-dessus de l'appareil.

Une chambre à poussières avec chicanes retient les pyrites entraînées.

Enfin, un brûleur à pétrole pulvérisé placé dans chacun des deux derniers étages permet de porter ceux-ci à la température nécessaire au grillage complet des minerais réfractaires.

La tour de Glover a perdu de plus en plus son rôle presque exclusif d'organe de réfrigération et d'évaporation, pour devenir un organe de réfrigération et de fabrication. Pour cela, on a tendance à augmenter ses dimensions transversales, et il existe maintenant des tours de Glover ayant jusqu'à 3×7 mètres comme dimensions transversales pour desservir des chambres de 4 500 mètres cubes.

Par le fait même de l'emploi, sur la tour de Glover, d'acides de plus en plus concentrés, les chambres reçoivent relativement moins de vapeur d'eau en tête ; ce qui, du reste, facilite la fabrication dans le premier tambour.

On tend, depuis quelques mois, à injecter l'eau nécessaire à la marche des chambres sous forme d'eau liquide pulvérisée, et non plus sous forme de vapeur plus ou moins détendue.

Les tentatives dans cette voie sont anciennes, mais avaient peu réussi jusqu'ici, parce que l'on prenait un procédé mixte consistant à pulvériser l'eau par un jet de vapeur agissant comme dans un injecteur, si bien, qu'à moins de recourir à de l'eau très pure, on arrivait très rapidement à une obturation des injecteurs employés et à un dérangement des appareils.

On recourt maintenant directement à la pulvérisation de l'eau sous sa propre pression, soit en injectant verticalement l'eau par un tube étroit en platine, sous une pression de 3 à 4 kilogr. et la forçant à se diviser par son choc sur un petit disque de platine, soit en la forçant à prendre sous la même pression un mouvement gyratoire très rapide dans un petit tube conique dont l'axe est occupé par une hélice ; dans ce cas le tube est fixé horizontalement dans le haut des parois latérales des chambres.

A mesure qu'on a demandé aux chambres une production par mètre cube de plus en plus grande, on a reconnu la nécessité de créer un roulement nitreux de plus en plus considérable ; on y est arrivé, non pas en augmentant la consommation d'acide nitrique ou de nitrate de soude (car elle tend au contraire

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à diminuer en bonne marche), mais en accélérant la circulation des acides entre la tour de Gay-Lussac et la tour de Glover.

Les monte-acides anciennement employés demanderaient dès lors un travail exagéré, aussi beaucoup d'usines ont-elles adopté le pulsomètre Kestner, décrit dans le Bulletin de notre Société, et que l'inventeur s'attache constamment à perfectionner.

Les appareils de récupération et de restitution des produits nitreux ont dû être modifiés pour mieux utiliser leur capacité. Nous avons vu apparaître d'une part la tour à plateaux perforés en grès du système Lunge-Rohrmann, où les gaz et les liquides doivent se rencontrer en passant à travers les trous des plaques : dispositions reproduisant quelques appareils à rectifier, mais qui nous paraît créer des résistances considérables; d'autre part les remplissages en tronçons de cylindres en grès vitrifié, d'abord employés à l'importante usine d'Aussig, et récemment perfectionnés par M. Devorex, qui leur a donné une surface cannelée horizontalement de façon à retarder la chute des liquides, sans créer de résistance sensible au mouvement ascensionnel du gaz.

Les expériences faites presque simultanément, d'une part, par MM. Lunge et de Naef, d'autre part, par l'auteur de cette notice, ont montré, malgré les différences de marche des appareils étudiés, qu'il y a des parties considérables des chambres de plomb absolument inutilisées : la théorie de Sorel rend compte de cet accident, et montre que cet arrêt de fabrication est dû à une température exagérée des régions dernières de chaque chambre. En Europe, il y a peu de systèmes de chambres où l'on ait tenu compte de ce point. En Amérique M. Lunge (1) signale les systèmes de douze petites chambres, longues de $8^{m},20$, dans lesquelles on travaille très bien avec un cube de chambre très petit et une dépense très réduite des nitrates, ce qui corrobore notre théorie. Toutefois, il est à craindre que le premier tambour ne soit par trop petit, et que, par suite d'une composition très variable du mélange gazeux fourni par les fours, les parois de ce premier tambour ne soient trop rapidement attaquées.

Il paraît de beaucoup préférable d'intercaler entre des chambres de dimensions moyennes les tours que l'auteur a indiquées dans son traité de fabrication de l'acide sulfurique en 1887.

Au sujet de l'utilité de ces tours, il n'y a plus de contestation ; il n'en est plus de même sur leur mode d'emploi.

M. Lunge préconise l'emploi de tours à plateaux perforés, dites tours Lunge-Rohrmann, uniquement arrosées avec de l'acide à 50°, 52° B. ; ces tours ne peuvent guère agir que comme des réfrigérants, et seraient probablement fort économiquement remplacées par des tuyaux de communication développés et refroidis.

(1) Lunge, *Zeitschrift für angewandte Chemie*, 1er mars 1894.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Benker a repris l'idée de l'auteur et arrose ses tours avec de l'acide relativement concentré et chargé de produits nitreux. Il recommande même de garnir la paroi des tourelles de produits mauvais conducteurs pour éviter tout rayonnement. Les tourelles sont refroidies en haut par l'introduction de l'acide, et reçoivent en bas un jet de vapeur d'eau. On règle cette injection et l'apport d'acide de façon que le liquide recueilli au bas de chaque tourelle soit encore nitreux. De cette façon, on crée dans chaque tourelle une atmosphère très nitreuse, qui accélère d'une façon remarquable les réactions.

Ainsi compris, l'emploi des tourelles permet de remédier à un inconvénient notable de la marche intensive des chambres adoptée dans beaucoup d'usines.

En effet, pour obtenir une marche intensive, on est amené à augmenter dans une proportion notable le roulement nitreux de tête en queue de l'appareil, et, d'autre part, on en arrive à extraire en tête de la première chambre de l'acide un peu plus concentré.

Pour ces deux raisons, l'acide tiré de la première chambre est assez fortement nitreux, ce qui constitue un inconvénient sérieux pour les fabricants d'acide sulfurique à 66°, à cause de la dépense relativement considérable de sulfate d'ammoniaque à laquelle ils sont amenés pour éviter l'attaque des vases de platine.

On obvie à cet inconvénient en n'introduisant dans le Glover qu'une partie de l'acide nitreux récupéré, de façon que le tambour de tête, relativement petit, ait une marche légèrement sulfureuse, et on fournit le restant de l'acide nitreux dans les tourelles qui suivent le premier tambour.

Bien que nous n'ayons pu avoir de renseignements précis sur la production dans les tourelles et sur la consommation de nitrates, les industriels qui emploient le procédé dont il est question déclarent que les appareils ont une marche plus régulière avec une dépense moindre de nitrate, et que la production par mètre cube est notablement augmentée.

Un des inconvénients des appareils très chargés en produits nitreux consiste en ce que le tambour de queue condense forcément de l'acide nitrique et se trouve rapidement attaqué. De plus, les gaz sortant de ce tambour et arrivant à la colonne de Gay-Lussac contiennent une proportion très sensible d'acide hypoazotique, corps qui est mal retenu par l'acide sulfurique, et, par suite, on laisse échapper dans l'atmosphère des produits nitreux non récupérés, dont la présence est accusée par l'existence d'un panache orangé à la sortie des appareils de tirage.

Dans une importante usine de Saint-Denis, on essaie à ce sujet un perfectionnement important à la méthode déjà ancienne de MM. Lasne et Benker, qui consistait à injecter un peu d'acide sulfureux à la base de la colonne de Gay-Lussac.

M. Benker utilise un petit injecteur, d'un remplacement très facile, à l'intro-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

duction d'acide sulfureux dans le tambour de queue. La quantité de vapeur injectée restant constante, on règle au moyen d'un registre la quantité d'acide sulfureux appelée, de façon à amener aux environs de 55° l'acide des témoins intérieurs du tambour de queue, et à obtenir une décoloration complète des gaz à la sortie du condenseur de Gay-Lussac.

L'acide riche en produits nitreux ainsi obtenu dans le tambour de queue sert à l'alimentation des tourelles intermédiaires.

A l'étranger, beaucoup plus qu'en France, la régularisation du tirage s'obtient par l'emploi de ventilateurs mécaniques garnis de plomb intercalés soit entre la tour de Glover et la première chambre (ce qui paraît la meilleure position), soit entre le condenseur de Gay-Lussac et la cheminée de tirage.

En dehors du procédé classique plus ou moins modifié que nous venons d'étudier, il y a peu de dispositifs à citer.

Nous rappellerons simplement le procédé Brulfer (brevet français n° 220 402) qui rappelle l'ancien brevet de Hemptine en ce sens qu'il consiste à munir les chambres de plomb de cloisons en briques creuses, et en diffère en ce qu'il établit en même temps des jeux de tuyaux de plomb à circulation d'air destinés à absorber la chaleur des corps réagissants.

Il n'y a là rien de bien nouveau, et nous serions fort étonnés que le procédé essayé, paraît-il, dans une usine anglaise ait fourni des avantages réels.

D'autre part, nous citerons les procédés de Barbier et de Staub (brevets français n° 217 844 et n° 226 798).

Dans les deux cas, les chambres de plomb sont supprimées et remplacées par des tourelles où se trouvent des cuvettes d'évaporation spéciales ou d'autres obstacles ; les gaz parcourent ces tourelles de haut en bas en même temps qu'un mélange d'eau et d'acide nitrique. Ils se rendent enfin dans une colonne de Gay-Lussac alimentée par de l'acide à 60° produit par la concentration des acides des tourelles sur le canal des fours.

Nous n'avons, sur ces appareils, que des renseignements assez vagues, les uns publiés par M. Barbier lui-même, les autres communiqués par M. Boissieu à la Société chimique. Nous croyons devoir nous abstenir encore de nous prononcer sur l'avenir de ce procédé, qui peut cependant rendre des services au moins dans une petite industrie, pourvu que le prix de l'acide soit suffisamment rémunérateur.

Concentration de l'acide sulfurique. — L'attention des fabricants est appelée sur la concentration de l'acide sulfurique d'une façon toute spéciale, depuis que certaines industries réclament la production d'acide sulfurique titrant jusqu'à 98 p. 100.

Jusqu'à 66° (94-95 p. 100) on continue généralement à faire la concentration définitive dans des vases de verre, de porcelaine ou de platine.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les vases en verre, primitivement employés, sont encore en usage en Angleterre et aux États-Unis, ainsi qu'à Mulheim en Allemagne. Une partie des inconvénients de l'ancien type de cornues en verre est supprimée par l'emploi de cornues disposées en cascade et communiquant par trop-plein, de façon à obtenir une concentration méthodique, sans qu'on coure les risques de rupture par vidange ou remplissage. Dans quelques usines anglaises, on fait le chauffage aux gaz pauvres.

Les vases de platine ont été longtemps considérés comme très satisfaisants, et, quand on prenait la précaution de détruire avant concentration les produits nitreux, la perte de platine était relativement faible. Mais cette perte cesse d'être négligeable dès que l'on cherche à obtenir des acides très concentrés, et, d'après M. Scheurer-Kestner, elle atteint 7 grammes par tonne d'acide sulfurique à 98° produite, ce qui constitue une perte très considérable étant donnée la baisse de prix des acides concentrés. M. Scheurer-Kestner, reprenant une vieille observation de H. Sainte-Claire Deville, a proposé en 1875 l'emploi du platine iridié, mais ce métal est aigre et cassant, et ce défaut paraît la cause de son abandon.

La maison Heræus a construit des alambics en platine doré : d'anciens essais avaient été faits en Angleterre avec du platine doré galvaniquement : mais les résultats étaient peu encourageants, parce que l'or ainsi déposé forme plutôt un réseau qu'une couche continue et se détache par suite de l'attaque du platine sous-jacent.

Heræus est arrivé à obtenir une adhérence et une continuité parfaites en coulant de l'or fondu sur des barres de platine chauffées à la température de fusion de l'or, puis laminant les barres mixtes obtenues, de façon que la couche d'or ait 1/10 de millimètre d'épaisseur. Les premiers appareils n'avaient que la cuvette ainsi protégée, mais on reconnut bientôt que le chapiteau et le dôme s'attaquaient plus vite que dans les appareils ordinaires, et on se décida à protéger toutes les parties par une couche d'or de 1/40 de millimètre.

Heræus affirme (*Ch. Zeit.*, 1893) que la perte d'or dans la concentration à 98 p. 100 est de 20 à 40 fois plus faible que la perte de platine ; aussi, les appareils de ce genre se répandent-ils assez rapidement en Allemagne et dans plusieurs usines des États-Unis.

Si l'appareil doit être doré partout, et si l'adhérence de l'or est absolue, il y a lieu de se demander si on ne pourrait pas fixer l'or sur un métal moins précieux que le platine et moins exposé que lui à devenir cassant par la maladresse d'un chauffeur.

Dans un autre ordre d'idées, M. Scheurer-Kestner a mis à profit la résistance remarquable qu'oppose la fonte à l'action de l'acide sulfurique suffisamment concentré. Des essais antérieurs avaient été faits, mais avaient échoué parce que les parois de fonte exposées à l'action des vapeurs condensées ou des petites eaux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

étaient trop rapidement attaquées. M. Scheurer-Kestner a résolu la difficulté en protégeant cette partie par un rebord intérieur en platine plongeant jusque dans le bain acide. Il a définitivement conservé le platine pour le couvercle.

Aux États-Unis, (1) on a adopté, dans quelques usines, une solution encore plus radicale : le couvercle lui-même est en fonte, mais on empêche toute condensation soit en faisant passer les gaz de la combustion sur le couvercle, soit en protégeant toute la chambre à vapeur par de l'amiante.

Quelques appareils sont disposés pour qu'il s'y fasse une circulation régulière et méthodique de l'acide.

L'acide sulfurique des chambres est d'abord amené à 60-62° B. à la façon ordinaire, dans des bassins en plomb chauffés soit par le dessous, soit par la surface, puis il se concentre à 94-95° dans une ou deux cuvettes plates en platine, munies souvent du chapiteau Faure et Kessler, et arrive enfin dans la chaudière de fonte.

Cette cuvette dure plusieurs mois, souvent 4 à 8, mais sa surface se recouvre de croûtes de sulfate ferrique, qui gênent la transmission de la chaleur et pourraient amener la rupture du métal si on ne les éliminait pas de temps en temps. Pour cela, il faut remplir la chaudière d'eau que l'on porte à l'ébullition, puis enlever mécaniquement les croûtes.

La solubilité du sulfate de fer dans l'acide sulfurique à 97-98 p. 100 est si faible qu'on ne trouve généralement pas 10 grammes de fer par 100 kilogr. d'acide.

M. Lunge indique que, dans un système composé d'une chaudière en fonte et de deux chaudières de platine, produisant 100 kilogr. par jour d'acide à 66, la consommation d'huile minérale employée au chauffage n'atteignait que 7 kil.,5 pour 100 kilogr. d'acide.

Ce dispositif se prête bien à la concentration d'acides souillés de fer, mais il paraît qu'on ne peut y concentrer les acides goudronneux résultant de la purification des huiles minérales.

L'appareil Négrier, à cuvettes hémisphériques en porcelaine disposées en cascade, se prête au contraire à ce travail aussi bien qu'à la concentration de l'acide ordinaire. On reproche à ce type d'appareils une rupture trop fréquente des cuvettes inférieures; mais on a remédié à cet accident en remplaçant le foyer unique par trois petits foyers, que l'on charge toutes les heures avec un poids connu de combustible. Toutefois, l'appareil devient réellement encombrant, dès qu'on a en vue une production considérable.

Le type le plus nouveau et le plus remarquable d'appareils de concentration est, sans contredit, le nouveau dispositif de MM. Faure et Kessler, de Clermont-Ferrand, qui permet de concentrer du premier jet l'acide des chambres, et l'amener à 66° sans recourir à l'emploi de chaudières de préparation.

1. Lunge. *Zeitschrift für angew. Chem.*, 1er mars 1894.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La description de cet appareil ayant paru en 1894 dans le *Bulletin*, nous n'y insisterons pas. Rappelons seulement que la concentration se faisant à une température relativement basse, puisque l'acide sort à 160° environ, les acides évaporés sont facilement condensés à mesure qu'ils rencontrent la surface des acides faibles et relativement froids contenus dans les compartiments supérieurs et qu'il ne s'échappe finalement que de la vapeur d'eau. Cet appareil à le grand avantage de se prêter à la concentration des acides souillés des produits résiduels de la fabrication de la nitro-benzine, de la nitro-glycérine ou de matières solides.

La consommation de coke dans le gazogène est relativement très faible, et ne dépasse pas 10 kilogr. pour 100 kilogr. d'acide à 66° B, mais la consommation de houille correspondant au travail de l'aspirateur à vapeur employé est réellement énorme : elle atteint 18 kilogr. de houille pour 100 kilogr. d'acide à 66°. Comme il suffit d'établir en haut de l'appareil un vide de 10 centimètres d'eau, il paraît certain qu'un aspirateur mécanique serait beaucoup plus économique.

De ce procédé à la concentration dans une simple tour de Glover bien protégée contre l'action de l'acide sulfurique à 66°, il n'y a probablement qu'un pas, tout au moins dans les usines qui brûlent du soufre ou de l'hydrogène sulfuré, ce qui est, il est vrai, l'exception. C'est le but des expériences de Falding (1). Il intercale entre les brûleurs et la tour de Glover une seconde petite tour Glover alimentée par l'acide dénitré et concentré à 60°. Cette seconde tour reçoit directement le gaz des brûleurs.

Acide nitrique. — La production de plus en plus grande de produits nitrés a amené les fabricants d'acide nitrique à produire de l'acide nitrique très concentré et aussi privé que possible de produits nitreux et chlorés.

On n'a pas introduit de changements notables aux appareils proprement dits de production, sauf que, dans quelques-uns, on évacue les vapeurs produites aussi vite que possible soit par un vide partiel, soit par un appel d'air.

Les condensations se font à une température élevée : 80°, et dans quelques usines, comme à Grieshein, on fait refluer toutes les condensations dans un réservoir spécial où on les traite ensuite par un courant d'air. Les vapeurs nitreuses et chlorées sont entraînées dans un appareil spécial où elles sont condensées.

En abaissant la température de condensation, on obtient des acides moins concentrés, que l'on peut ensuite blanchir de la même façon.

Appliquant des idées analogues à celles que l'auteur a présentées jadis dans sa conférence à la Société d'Encouragement sur la rectification de l'alcool, MM. Rohrmann Guttmann ont breveté en 1890 un dispositif dans lequel les

1. Lunge. *Zeitschrift für angew. Chem.*, 1884, p. 137.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

produits condensés sont soustraits au contact des gaz à mesure qu'ils se condensent. Ce dispositif consiste en une série de tubes de grès verticaux formant jeu d'orgue branchés sur un conduit de grès incliné et cloisonné; les produits condensés, repris dans chaque compartiment de ce collecteur, sont ramenés au compartiment antérieur par un siphon renversé, et se trouvent en contact avec des gaz plus chauds qui les purifient des impuretés retenues.

D'après la publication de Guttmann, on améliore encore le système en faisant pénétrer de l'air par aspiration dans la cornue de décomposition, et faisant circuler cet air dans la batterie de condensation. Ce procédé très rationnel oblige à augmenter les dimensions de la batterie de condensation. Il est vrai que Guttmann dit appliquer maintenant un courant d'eau froide au refroidissement extérieur de sa batterie et ne plus avoir besoin que de 4 à 6 tubes coudés.

D'après les auteurs, ce procédé permet d'obtenir la presque totalité de l'acide produit sous forme d'acide à 96-97 p. 100 de monohydrate, avec 0,50 à 0,75 p. 100 au plus d'acide hypoazotique.

Nous ne connaissons pas encore de fabrique française travaillant par ce procédé très rationnel, mais qui exige des pièces de poterie très développées et résistant à la rupture.

Citons encore les essais de fabrication sous pression réduite, qui permettent d'éviter la condensation des produits chlorés et de distiller à basse température l'acide nitrique sans le décomposer partiellement. L'idée est parfaitement juste, mais doit comporter d'assez grandes difficultés ponr l'entretien des joints.

Tels sont les rares perfectionnemts apportés dans ces derniers temps à la fabrication nitrique; quant à ceux réalisés par la fabrication de l'acide chlorlydrique, ils sont trop intimement liés à la fabrication des alcalis pour qu'on puisse les en séparer.

Nous étudierons prochainement, dans la deuxième partie de cette Revue, les procédés nouveaux proposés.

ARTS CHIMIQUES

Revue des perfectionnements apportés récemment a l'industrie sucrière, par **M. L. Lindet**, *professeur à l'Institut national agronomique, membre de la Société.*

De toutes les industries chimiques, la sucrerie est certainement celle qui, continuellement en lutte avec la concurrence étrangère et avec les exigences de la législation, se montre la plus soucieuse de diminuer son prix de revient en perfectionnant sa fabrication. Dans aucune autre industrie, on ne voit si souvent se modifier l'outillage employé et les procédés suivis. Les recherches inces-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

santes des constructeurs et des chimistes spéciaux nous apportent chaque jour des idées nouvelles, dont nous voyons la sucrerie pratique tantôt rejeter le principe, tantôt, au contraire, poursuivre la réalisation. Ce sont ces idées nouvelles que nous nous proposons d'exposer dans cette revue, en donnant naturellement plus d'importance à celles que la sucrerie a adoptées, mais en ne négligeant pas les autres, qui, peut-être modifiées, pourront un jour être appliquées industriellement.

Ces perfectionnements ont porté sur tous les services de l'usine, se sont appliqués à tous les postes de la fabrication, et nous devrons, pour les passer en revue, étudier successivement les différentes opérations que comporte la fabrication du sucre.

I. — Nettoyage de la betterave.

Les fabricants se sont vus dans la nécessité de développer leurs appareils de nettoyage tant pour éviter de présenter aux couteaux du coupe-racine des betteraves pierreuses ou terreuses, que pour éviter de faire peser une matière inerte par la bascule de la régie.

Dans un grand nombre d'usines, le nettoyage commence dans le *transporteur hydraulique*. Dans le sol, on creuse des canaux qui relient les différents points où le fabricant se trouve appelé à disposer ses tas de betteraves au bâtiment des laveurs. Souvent même, ces canaux sont recouverts d'un plancher à claire-voie, et les tas de betteraves sont dressés au-dessus des canaux. Les canaux, creusés en pente, sont cimentés; en tête, on délivre un courant d'eau, et c'est sans grande main-d'œuvre, surtout quand les tas sont au-dessus des transporteurs, que l'on jette les betteraves dans ces canaux. Elles sont alors transportées par l'eau, et, pendant leur trajet, grâce aux frottements qu'elles exercent les unes sur les autres, grâce à l'action d'élayante de l'eau, elles arrivent aux laveurs débarrassées de la plus grande partie de la terre adhérente.

Les transporteurs, pour peu que leur longueur ait 15 ou 20 mètres, sont, à l'endroit qui touche aux laveurs, enfoncés à 1 mètre, 1^{m},50 au-dessous du sol. Il est donc nécessaire de remonter au-dessus du sol : d'une part, les betteraves pour les diriger vers les laveurs, d'une autre, les eaux sales pour les envoyer dans les bassins de décantation. C'est ce que l'on obtient aisément avec la *roue élévatrice de M. Maguin*.

A côté des laveurs à bras et des laveurs à tambour, quelques sucreries ont monté le *laveur-épierreur Loze* (Maguin constructeur). Cet épierreur est formé par une caisse pleine d'eau dans laquelle tombent les betteraves; un courant d'eau venant de la partie inférieure de cette caisse les repousse, les force à remonter à la surface, où elles sont cueillies par une grille et enlevées par une roue à hélices intérieures, tandis que les pierres retombent dans le fond du laveur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans un certain nombre d'usines on achève le nettoyage de la betterave en la faisant passer dans le *brosseur-essuyeur de M. Denis-Lefèvre*. Celui-ci est formé d'une série de brosses rotatives disposées parallèlement. La betterave est frottée, et en même temps elle est essuyée de l'eau qui recouvre encore sa surface.

C'est dans le but d'essorer la betterave qui va être pesée par la régie que l'on a imaginé également les *tables à secousses* ou *secoueurs;* la table légèrement inclinée, perforée sur toute sa surface, animée d'un mouvement de va-et-vient, permet à la betterave qui y chemine de s'égoutter de son eau.

Des appareils spéciaux, notamment l'*élévateur Thierry* (Maguin constructeur), permettent de relever les eaux sales des lavoirs pour les rejeter dans les bassins de décantation.

Pour faciliter l'épuration des eaux, ou pour éviter partiellement leur altération, on a coutume aujourd'hui de faire passer ces eaux sales à travers des grilles de façon à retenir les queues de betteraves qui apporteraient aux eaux des éléments putrescibles.

II. — Diffusion.

a. *Coupe-racines.* — La seule modification importante qui ait été faite dans ces dernières années au coupe-racines consiste à placer au-dessus du plateau qui porte les couteaux une *brosse rotative* horizontale, qui débarrasse constamment ceux-ci des fibres ligneuses accumulées entre la lame et la contre-lame. Cette heureuse disposition, adoptée par M. Maguin, a rendu l'année dernière de véritables services. Un grand nombre de betteraves étaient montées ; or celles-ci présentent une structure ligneuse particulière, et l'on sait que, dans ces conditions elles bourrent rapidement les couteaux.

b. *Batterie de diffusion.* — Les appareils de diffusion n'ont pas été modifiés. Les fabricants sont devenus peut-être plus hardis dans le travail; ils conduisent l'épuisement plus vite, et obtiennent ainsi de leur appareil un meilleur rendement. Ils ont osé également faire usage de diffuseurs de grande dimension ; ceux de la sucrerie du Pont-d'Ardres (Pas-de-Calais) ne mesurent pas moins de 80 hectolitres. Pour éviter une charge excessive de cossettes, c'est plutôt le diamètre que la hauteur des diffuseurs qu'il convient de modifier.

On préfère aujourd'hui munir les diffuseurs de portes latérales pour la vidange des cossettes, et faire sortir les jus par le centre de la partie inférieure, afin d'épuiser plus régulièrement.

M. Rousseau-Decker a proposé en 1890, de faire travailler séparément les deux moitiés de la batterie ; ce système, qui présentait certains avantages quand la section des tuyaux était trop étroite pour obtenir une circulation rapide, après avoir été appliqué par certains fabricants, semble aujourd'hui abandonné.

On a proposé également de supprimer les réchauffeurs et de faire directement

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans les diffuseurs une injection de vapeur. Mais la chaleur se répartit mal dans ces conditions ; la cossette est cuite en certains points, et la dépense de vapeur est plus considérable.

On tend aujourd'hui à faire entrer dans la diffusion les eaux chaudes qui proviennent de la condensation des vapeurs du triple effet. Ce procédé, s'il est économique, est irrationnel en ce sens que les eaux de condensation sont ammoniacales, et que l'ammoniaque s'accumule dans les jus.

c. *Utilisation des cossettes.* — Ce sont toujours, en France du moins, les presses Klusemann et Bergreen qui opèrent l'essorage de la cossette épuisée. A l'étranger, la presse Selwig et Lange paraît devoir se répandre.

L'eau des presses est en général utilisée aux laveurs ou aux transporteurs hydrauliques. Elle est chaude et convient bien au nettoyage de la betterave. Quand on l'envoie directement aux bassins de décantation, on la filtre à travers des grilles, pour retenir les débris de cossettes qui provoqueraient l'altération des eaux.

De nombreux essais ont été faits pour sécher la cossette et l'amener, de l'hydratation de 85-90 qu'elle possède au sortir de la presse, à celle de 8 à 12 p. 100. Le prix de revient résultant du prix élevé du four, de la dépense en charbon, en main-d'œuvre, etc., est tel que le prix auquel il faut vendre la cossette sèche semble excessif à nos cultivateurs. La *dessiccation de la cossette* n'a pas trouvé crédit chez les fabricants français ; elle est au contraire installée dans un certain nombre de sucreries allemandes.

Le four qui paraît être le plus répandu est le *four Büttner et Meyer*, que M. Maguin a installé dans quelques sucreries françaises. Il est constitué par un massif de maçonnerie à l'intérieur duquel se trouvent disposés quatre planchers en chicane ; la cossette pressée tombe sur le premier plancher, et, poussée par des des agitateurs et des pelleteurs, parcourt la surface des autres planchers en cheminant de haut en bas. A la partie supérieure du four, arrive, en même temps que la cossette, un mélange d'air chaud et de gaz chauds d'un foyer à la houille ; ce mélange à 450° circule dans le même sens que la cossette, entraînant la vapeur d'eau, et sort à 100° à la partie basse du four, appelé par un ventilateur. Au dire des constructeurs, la dépense de charbon représente, pour 1 000 kil. de cossettes sèches produites, 1 000 kil. de houille.

Le *four Mackensen* est formé par trois cylindres rotatifs en tôle, de 14 mètres de longueur chacun sur $1^m,40$ de diamètre, à l'intérieur desquels la cossette circule successivement, poussée par des agitateurs. Les gaz chauds du foyer, mélangés d'air, suivent le même chemin que les cossettes, et, sous l'action d'un ventilateur, sortent de l'appareil et entraînent la vapeur d'eau.

Il convient de citer encore le *four Schulze* et le *four Schwaerzel*, dans leque la circulation des cossettes et des gaz chauds se fait en sens inverse.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

III. — Épuration des jus.

a. *Filtration des jus verts avant ou après désalbuminage.* — Il y a, en sucrerie, un intérêt évident à filtrer les jus verts, tels qu'ils sortent du diffuseur de tête. Ils tiennent, en effet, en suspension une certaine quantité de pulpe folle, de débris ligneux, qui viennent, quand on réchauffe les jus avant la carbonatation, se déposer sur les tubes des serpentins et les encrasser; on prenait d'ailleurs souvent cette précaution autrefois, quand le jus était obtenu par les presses, et la chose n'est pas nouvelle.

Les dépulpeurs sont des filtres en toile métallique tantôt fixes, tantôt rotatifs, que nous ne croyons pas devoir décrire. Nous citerons seulement le *dépulpeur Wagner* (construit par M. Lacouture), le *dépulpeur Rasmus* (construit par M. Maguin), le *dépulpeur Wannieck*, etc.

Cette purification n'a pas semblé suffisante à un certain nombre de fabricants, car ils ont imaginé de filtrer les mêmes jus après en avoir coagulé l'albumine par une température de 75 à 80° C.

Ce *désalbuminage* avait déjà été indiqué par Possoz et Périer en 1863, et repris en 1884 par MM. Boury et Provins. Dans ces dernières années, M. Bouvier, l'habile directeur de la sucrerie de Montereau, s'est attaché à montrer le parti que l'on peut tirer de cette opération. Le chauffage du jus peut, comme M. Bouvier l'a indiqué, être effectué avec avantage en présence de 1 p. 100 de chaux; dans ce cas, c'est une véritable défécation. L'augmentation du coefficient de pureté, c'est-à-dire de la proportion de sucre par rapport à celle des matières dissoutes, a été de 4 à 5 p. 100 à la sucrerie de Montereau (Seine-et-Marne), de plus de 1 p. 100 à la sucrerie de Nassandres (Eure), dirigée par M. Bouchon, de plus de 2 p. 100 à celle de Zleb (Bohême).

Mais il convient de ne pas se méprendre sur ces résultats : ce qu'a produit l'action de la chaleur et de la filtration, le chaulage et la carbonatation peuvent le faire ; l'albumine et la pulpe folle seront précipitées par la chaux et l'acide carbonique, et la pureté d'un jus désalbuminé, puis carbonaté, ne se montre pas beaucoup supérieure à celle d'un jus qui a subi simplement la carbonatation. Le principal avantage qui résulte alors du désalbuminage est d'obtenir des jus qui n'encrassent pas les tubes des réchauffeurs, précédant le chaulage, et des jus, qui à la carbonatation et à l'évaporation, donneront peut-être moins de vapeurs ammoniacales. En tout cas, la quantité d'albumine précipitée est très faible, et le dépôt, quand on ne dépulpe pas avant désalbuminage, est constitué principalement, comme l'a montré le docteur Herzfeld, de pulpe folle mélangée de matières pectiques. On se demande alors si le travail du désalbuminage vaut la dépense qu'il entraîne, et si une simple filtration du jus vert, sans chauffage, ne suffit pas.

A ces inconvénients, s'ajoute la difficulté que l'on éprouve à filtrer les jus dés-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

albuminés. Il a fallu, pour ce travail, recourir à des filtres spéciaux ou à des matières filtrantes spéciales.

M. Bouvier a imaginé un *filtre décanteur* très ingénieusement construit, et qui permet une bonne filtration du jus désalbuminé; c'est une caisse de tôle, formée d'une série de compartiments, dans lesquels le liquide circule et peut déborder des uns dans les autres. Dans chaque compartiment, on dispose un panier que l'on bourre de crin végétal : fibres de palmier ou d'aloès. Les matières en suspension sont retenues par le crin végétal et tombent au fond de chaque compartiment. Pendant la marche de l'appareil, on peut, au moment où on voit le niveau du liquide remonter dans un des compartiments, s'apercevoir que le panier du compartiment suivant est obstrué par le dépôt, enlever le panier, extraire la boue du fond du compartiment, le nettoyer et remplacer le panier sale par un autre nouvellement bourré de crin végétal.

M. Daix a proposé de filtrer également sur des lits de fibres végétales, déchets de laine ou de coton et même sur du coke.

M. Bouchon filtre ces jus désalbuminés dans des filtre-presses garnis de tissus pelucheux de laine et coton qui s'encrassent moins facilement que les tissus ordinaires.

M. Bouvier a eu récemment l'idée heureuse de séparer l'albumine coagulée en émulsionnant le liquide avec de l'huile, qui, remontant peu à peu à la surface, retient momentanément les impuretés. Ce *traitement oléolique* exige l'emploi d'appareils que nous ne saurions décrire ici.

b. *Emploi de la chaux anhydre ou en poudre.* — De nombreuses discussions ont eu lieu, dans ces deux ou trois dernières années, sur la réalité des avantages que pouvait présenter la substitution de *la chaux anhydre* ou de *la chaux éteinte en poudre*, ou de *la chaux en pâte* à la chaux en lait. M. Aulard a préconisé l'emploi de la chaux anhydre, M. Mittelmann celui de la chaux éteinte en poudre.

Le principe qui a guidé les inventeurs de ces procédés est excellent, en ce sens qu'il évite d'additionner les jus de l'eau contenue dans le lait de chaux, et qu'il permet de tirer à la diffusion des jus moins denses et, par conséquent, d'épuiser mieux.

A côté de ces avantages précieux, plusieurs chimistes se sont efforcés de faire voir que les procédés à la chaux anhydre ou à la chaux éteinte en poudre produisent une épuration plus complète que le procédé à la chaux en lait. La question a été tellement discutée qu'il est permis de croire que l'amélioration n'est pas incontestable. M. Pellet n'a pas retrouvé les écarts signalés par quelques uns de ses contradicteurs; et, dernièrement, M. Beaudet a montré que des jus travaillés à la chaux anhydre ou à la chaux en lait avaient le même coefficient de pureté, la même alcalinité, et que le coefficient salin seul avait varié quelque peu en faveur de l'emploi de la chaux anhydre; il n'a pas constaté de différences appréciables entre l'emploi de la chaux éteinte en poudre ou en lait.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'extinction de la chaux dans le jus sucré présente l'inconvénient que ce jus, sous l'influence de la chaleur, tend à se caraméliser; mais cet inconvénient est évité par le *chauleur Kœnig* (Maguin constructeur). Ce chauleur est formé d'un bac cylindrique en tôle dont le fond est conique. A la partie inférieure, se trouvent des palettes, à la partie supérieure un panier en tôle perforée, le tout monté sur un même arbre central. La chaux vive en morceaux est disposée, en quantité calculée, dans le panier rotatif, à la surface duquel restent les incuits, quand la chaux, éteinte par le jus, s'est complètement délayée dans celui-ci.

L'emploi de la chaux, autrement qu'en lait, oblige le fabricant à ne produire que le moins de petits jus possible, ces petits jus étant destinés, dans le travail ordinaire, à la préparation du lait de chaux. On est obligé alors de déplacer, dans le filtre-presse, les jus qui imprègnent les tourteaux d'écumes avec des petits jus, pour obtenir des jus forts, puis les petits jus avec de l'eau.

c. *Cuves de carbonatation.* — Plusieurs fabricants ont fait construire des cuves à carbonater plus profondes que celles dont on fait ordinairement usage, de façon à rendre l'absorption du gaz plus complète. C'est dans cet esprit que sont construites *les chaudières à carbonater de MM. Listre et Vivien*, installées depuis peu à l'usine de Villenoye (S.-et-M.). Ces cuves sont cylindriques et fermées, munies d'agitateurs destinés à établir une circulation ascendante et descendante du liquide à carbonater, et d'ailettes rotatives pour abattre les mousses, puis enfin d'une soupape équilibrée pour l'admission de l'acide carbonique.

d. *Carbonateurs continus.* — A l'Exposition de 1889, figurèrent deux *carbonateurs continus :* celui de M. Horsin-Déon, et celui de M. Barbet.

Le carbonateur de M. Horsin-Déon se compose d'une série de huit plateaux de fonte, disposés comme les plateaux d'un filtre-presse. A l'intérieur, se trouvent des cloisons qui obligent le gaz sortant d'un plateau à venir barboter dans le liquide du compartiment suivant. Le jus chaulé et le gaz carbonique marchent dans le même sens dans l'intérieur de l'appareil.

Le carbonateur de M. Barbet est une cuve de tôle cylindrique et terminée par une partie conique; le jus chaulé arrive par le haut, et l'acide carbonique par le bas. A l'intérieur du cylindre, se trouvent des petits toits disposés en chicane, destinés à ralentir la marche du gaz.

C'est sur le même principe que sont construits le *carbonateur Lucke* et le *carbonateur Mollet-Fontaine.* Ils assurent tous deux le contact du jus chaulé et de l'acide, en faisant traverser à celui-ci une série de chicanes et de tamis, noyés dans le jus chaulé, qui coule continûment.

C'est dans des conditions très différentes qu'est établi le *carbonateur Reboux;* il est formé d'une série de quatre tubes en fonte superposés et placés en zigzag. Le jus chaulé arrive par la partie inférieure d'une façon continue, et sort par le haut. L'acide carbonique entre dans l'appareil par des tuyaux concentriques aux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tubes de fonte et percés de trous. Il est nécessaire, quand on fait usage de ce carbonateur, d'augmenter la puissance de la soufflerie d'acide carbonique, la hauteur de jus à traverser par le gaz étant plus considérable.

La marche de ces appareils est difficile à régler, en ce sens qu'elle varie à chaque instant avec la température, la composition du jus et la composition du gaz, et leur emploi est encore tout exceptionnel.

Il convient de rattacher à ce chapitre le *carbonateur à multiple effet de MM. Kettler et Zender*, dans lequel le gaz en excès, sortant d'une cuve à carbonater, se rend dans la cuve suivante pour y être utilisé.

Il convient également de citer à cette place le procédé proposé par M. Hignette, qui consiste à *émulsionner dans un appareil centrifuge* le jus chaulé avec l'acide carbonique avant de le diriger sur les cuves de carbonatation.

e. *Conduite de la double carbonatation.* — Nos fabricants sont parvenus aujourd'hui à travailler des jus plus denses qu'autrefois, et il n'est pas rare de voir carbonater des jus à 5° et même 5°,5, ce qui, il y a quelques années, était exceptionnel.

On a, dans la plupart des usines, renoncé à décanter les jus de première carbonatation et, dans un certain nombre, même les jus de seconde, et on préfère, pour éviter que les jus ne se refroidissent ou ne s'altèrent, les envoyer directement aux filtre-presses.

Plusieurs usines ont des séries de filtre-presses spéciales aux jus de première et aux jus de seconde, et lavent tous les tourteaux. D'autres, pour éviter un lavage, délayent les tourteaux de deuxième non lavés dans les jus de première, et passent le tout aux filtre-presses, dont ils lavent ensuite les tourteaux. D'autres enfin dégraissent les jus de première avec les boues décantées des jus de deuxième carbonatation.

La première carbonatation est poussée de façon à laisser dans les jus 1 gramme à 1^{gr},6 d'alcalinité par litre (comptée en chaux). Dans les jus de deuxième carbonatation, on laisse une alcalinité qui varie de 0,15 à 0,45. — Les essais alcalimétriques sont faits par l'ouvrier lui-même, au moyen d'une liqueur sulfurique additionnée de phénolphtaléine.

Un grand nombre de fabricants ajoutent à la cuve de deuxième carbonatation du carbonate de soude, afin de transformer les sels de chaux en sels de soude.

MM. Kuthe et Anders ont proposé de faire une première purification des jus en les additionnant d'une faible quantité de chaux (0,4 p. 100) et de tourteaux d'écumes destinés à dégraisser le précipité, de filtrer le tout pour achever la purification au moyen d'une double carbonatation faite avec une quantité de chaux restreinte (0,7 p. 100).

f. *Filtration des écumes.* — La nécessité où se trouvent les fabricants de filtrer tous les jus les oblige à faire usage de filtre-presses à grande surface. Les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

petits filtres ont donc été presque partout remplacés par des appareils dont les plateaux ont un mètre carré.

L'épuisement des écumes se fait d'une façon plus soignée qu'autrefois; des dispositifs ingénieux permettent de purger les tourteaux au moyen de l'air comprimé, de les laver au moyen des petits jus puis de l'eau.

Citons les filtre-presses Cail, Fives-Lille, Montauban et Marchandier, Cizek (Carion-Delmotte constructeur), etc.

M. Droeshout a présenté l'année dernière au congrès des chimistes de sucrerie *un appareil à filtration continue* qui est peut-être le point de départ d'une révolution, que la sucrerie attend depuis longtemps. Le matériel et la main-d'œuvre de l'atelier des filtre-presses représentent une dépense assez lourde, et il y aurait un intérêt capital à rendre la filtration continue. L'appareil de M. Droeshout est formé d'une longue toile qui peut se dérouler d'un côté pendant qu'elle s'enroule de l'autre. Elle est disposée horizontalement, et glisse au-dessus de caisses à vide; le jus boueux répandu à sa surface y est filtré instantanément; l'écume est entraînée par la toile, arrosée d'eau et sucée également par le vide; un racloir placé à l'extrémité de la toile détache continuellement le précipité calcaire. On peut faire arriver le jus soit d'un côté, soit de l'autre de la toile, suivant la direction que son enroulement lui imprime.

g. *Emploi de la baryte.* — L'emploi de la baryte pour la purification des jus a été introduit en sucrerie par M. Manoury d'abord, puis par M. du Beaufret. Les résultats n'ont pas, jusqu'ici, paru assez satisfaisants pour que l'on puisse espérer voir se généraliser les procédés à la baryte.

Le procédé le plus habituellement employé consiste à ajouter, par tonne de betteraves, 150 à 200 grammes de carbonate de soude, puis 1 kilogramme environ de baryte, à chauffer à 70°, et à traiter ensuite par la chaux et l'acide carbonique.

Dans d'autres procédés on ajoute des sels de fer : procédé Wackernie.

D'après MM. Manoury et du Beaufret, l'emploi de la baryte aurait l'avantage de supprimer les sels organiques de chaux, et sans remplacer ceux-ci par les sels correspondant de baryte, les *organates* de baryte étant insolubles et indécomposables par l'acide carbonique; les jus ayant subi l'action de la baryte fourniraient moins de dépôt au triple effet, se cuiraient mieux, et donneraient des masses cuites plus faciles à travailler.

L'inconvénient de la baryte est de coûter assez cher et d'exiger, à cause de son équivalent élevé, pour les mêmes impuretés précipitées, un poids plus considérable.

h. *Suppression de la carbonatation par la fluation.* — MM. Vivien et Lefranc ont proposé un procédé pour remplacer la carbonatation actuellement en usage. Ce procédé, qui ne s'est pas répandu jusqu'ici, consiste à traiter les jus par

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

un mélange de fluosilicate de plomb, de fluosilicate ferreux et de fluosilicate ferrique.

Le précipité est passé aux filtre-presses, puis les jus sont traités par une petite quantité de chaux et d'acide carbonique, et l'excès de réactif est précipité par de l'acide phosphorique ou du phosphate acide de chaux.

i. *Suppression de la carbonatation par l'épuration électrique.* — Le problème de la purification des jus au moyen de l'électricité préoccupe aujourd'hui les esprits. Ainsi que le rappelait dernièrement M. Daix, dans une conférence faite à Saint-Quentin, ce problème a été abordé successivement par *M. Despeissis* (1883), *Champy et fils* (1884), *Goerg* (1884), *Landolt* (1885), *Hubon* (1885), *Mairrot et Sabatès* (1889), *Dombrowski* (1891), sans qu'aucun de ces expérimentateurs ait pu faire sortir leurs découvertes du domaine du laboratoire.

Dans cette conférence, M. Daix a fait ressortir les avantages du procédé *Shollmeyer, Behm et Dammeyer*. Ce procédé n'a pas la prétention de réaliser au moyen de l'électricité la purification complète du jus, mais une purification partielle seulement, que doit achever ensuite la carbonatation ; à la sucrerie de Hoym (Anhalt), où ce procédé a été appliqué en 1893, les jus étaient placés dans des bacs de 1 500 litres, après avoir été réchauffés à 65°. Dans chacun des bacs, on faisait, au moyen d'électrodes en zinc, passer un courant électrique de 50 à 60 ampères pendant dix minutes. La purification, de ce fait, est assez avancée pour que l'on puisse n'ajouter à la carbonatation que 1 p. 100 de chaux.

Plusieurs procédés, et notamment celui de Mairrot et Sabatès, ont cherché à rendre l'épuration complète et à supprimer ainsi la carbonatation, et ils ont fait appel, dans ce but, à l'action combinée de l'électricité et de l'osmose. C'est sur ce principe également qu'est basé le procédé *Javaux, Gallois et Dupont*, qui a été étudié l'année dernière à l'usine de Souppes (S.-et-M.) et cette année à celle de Pont-d'Ardres (Pas-de-Calais.) Le succès a été complet tant que le procédé a été pratiqué sur de faibles quantités de jus ; mais quand ils ont voulu l'appliquer dans le travail normal de la sucrerie, les inventeurs se sont heurtés à des difficultés qu'ils sont plus à même que tous autres de surmonter.

C'est dans des appareils, dont la construction rappelle celle des osmogènes, que l'électrisation a lieu, et, cette électrisation, on cherche à la rendre continue. De deux en deux cadres, séparés par du papier parchemin, circule le jus préalablement additionné de chaux ou de baryte et réchauffé à 85-90° ; de deux en deux cadres, circule l'eau. Les anodes, formés de plaques de plomb, plongent dans le jus ; les cathodes, formés de plaques de charbon, plongent dans l'eau. Les sels sont décomposés, les alcalis traversent la cloison dialytique et se dissolvent dans l'eau, tandis que les acides, en même temps que d'autres corps décomposés, forment avec le plomb des produits insolubles. Dans le brevet de MM. Javaux, Gallois et Dupont, il est également question de plaques d'oxyde

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de manganèse ou d'alumine, destinées à remplacer les plaques de plomb dans les premiers compartiments. La grosse difficulté du procédé vient de ce que les plaques employées comme anodes s'encrassent très rapidement, et cessent bientôt de donner les résultats que l'on constate au début de l'opération.

Ces résultats paraissent incontestables ; ces messieurs ont obtenu des jus dont le coefficient de pureté était de 99,5 et le coefficient salin de 200, et qui représentaient par conséquent une solution de sucre pur. Il y a donc lieu d'espérer que l'on surmontera bientôt les difficultés pratiques qu'offre l'électrisation continue et en grandes masses des jus, et que ce procédé remplacera quelque jour la carbontation.

j. *Sulfitation des jus, des sirops et des masses cuites.* — On ne saurait mettre en doute les avantages que présente le traitement des produits de sucrerie par l'acide sulfureux, à la condition de ne pas dépasser ou de ne dépasser qu'à peine la neutralité, et d'éviter que les liquides ne deviennent acides et ne s'invertissent. Les procédés d'analyse dont nous disposons sont assez sensibles pour que nous puissions toujours être maîtres de l'opération. L'épuration est d'autant plus complète que l'on se rapproche de cette neutralité, et l'on peut même, dans certains cas, comme l'a fait remarquer M. Vivien, la dépasser légèrement, quand il y a dans les liquides assez de sels organiques ; les acides organiques, mis en liberté, invertissent le sucre avec moins d'énergie que les acides minéraux.

Mais si les chimistes sont d'accord sur l'efficacité de l'acide sulfureux, ils ne s'accordent pas sur son mode d'emploi. Plusieurs, et entre autres M. Pellet, M. Battut, M. Bouchon, indiquent de le faire barboter dans le jus de la deuxième carbonatation. D'autres, comme M. Aulard, préfèrent l'envoyer dans les sirops : soit dans les sirops sortant de l'appareil à évaporer et marquant 22 à 25°, soit dans ceux qui se rendent de la troisième à la quatrième caisse du quadruple effet, et marquant 16° ; d'autres enfin, comme M. Vivien, l'amènent dans le pied de cuite, afin de faciliter le grainage.

M. Steffen a indiqué un procédé de purification qui repose en grande partie sur la sulfitation à hautes doses des jus froids à 30-40° C.

M. Dupont a récemment montré qu'il y avait avantage à sulfiter en présence de baryte, le sulfite de cette terre étant beaucoup moins soluble que le sulfite de chaux.

Pour mettre en œuvre la sulfitation, nos constructeurs ont imaginé des fours à soufre ingénieusement construits, dans lesquels le gaz est refroidi avant d'arriver aux liquides au contact desquels il doit agir. Citons les *fours à soufre Lacouture*, les *fours à soufre Cambray*.

MM. Vivien et Messian d'une part, *M. Quarez* d'autre part, ont étudié des appareils *à sulfitation continue*. Celui de M. Quarez est formé d'un bac dans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lequel arrivent continuellement les jus ou les sirops. Ceux-ci y sont repris par une pompe Worthington, remontés en haut d'une colonne au sommet de laquelle arrive l'acide sulfureux. Ce liquide, en tombant dans le tube, produit un léger appel du gaz et se mélange à celui-ci avant d'arriver dans le bac.

Les constructeurs qui ont imaginé des carbonateurs continus, entre autres M. Reboux, ont proposé leurs appareils pour sulfiter les jus ou les sirops.

h. *Filtration mécanique des jus et des sirops.* — La nécessité où se trouve le fabricant de travailler vite et économiquement lui a fait peu à peu abandonner l'emploi du noir pour la filtration de ses jus et de ses sirops, et remplacer celui-ci par l'emploi moins efficace des tissus de coton, *dits tissus Puvrez*. En 1885, la sucrerie comptait 3 000 filtres à noir, elle n'en compte plus aujourd'hui que deux ou trois cents.

La forme à donner aux appareils de filtration qui a paru la plus avantageuse est celle qu'affectent les *filtres dits mécaniques*, et ceux-ci ont remplacé dans presque toutes nos sucreries les poches et les filtres Puvrez adoptés au début.

Tous les filtres mécaniques se composent d'une caisse autoclave, à l'intérieur de laquelle les jus et les sirops arrivent d'une façon continue avec une pression de quelques mètres. Au milieu de ce jus ou de ce sirop, sont disposés des sacs, faits de toile Puvrez, qui enveloppent entièrement des éléments capables de les empêcher de s'aplatir sous la pression. Le jus ou le sirop filtrent de l'extérieur à l'intérieur du sac, et se rendent dans un collecteur dont l'extrémité saillit hors de la caisse.

Dans le *filtre Kasalowski*, construit par la Société des anciens établissements Cail, les éléments sont faits d'un tissu rigide de mailles métalliques. Ils sont disposés les uns à côté des autres, en retrait les uns des autres, de façon à tenir le moins de place possible. Le collecteur est un tube de fer galvanisé percé d'orifices à sa partie inférieure, et qui vient aboutir à une gouttière extérieure.

Dans le *filtre Daneck* (construit par la Compagnie Fives-Lille), le plateau est en tôle ondulée, et le collecteur est une gouttière renversée, capable de laisser passer entre ses bords et les ondulations de la tôle les jus qui ont pénétré dans le sac.

Il convient encore de citer le *filtre Philippe*, le *filtre Dolignon*, le *filtre Muller*, le filtre *Bullot et Brun*, etc., dont le dispositif rappelle ceux des filtres précédemment décrits.

Le *filtre Bolikowski*, basé sur le même principe, est cylindrique. Le *filtre Hamelle* est cylindrique également; mais ses éléments, formés de bougies verticales faites de bois cannelé, sont garnis de manchons en tissu d'amiante.

M. Lachaume a construit un *filtre dit escargot*, qui est en réalité un long sac enroulé sur lui-même; les replis en sont séparés par un tissu métallique; le sac enroulé est disposé dans une caisse, destinée à recueillir les jus et les sirops, qui, comme dans les anciennes poches Puvrez, filtrent de l'intérieur à l'extérieur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

IV. — Évaporation des jus.

Dans la lutte qui s'est engagée entre les fabricants, et qui a eu pour résultat la centralisation du travail, ceux-ci ont dû, pour soutenir leurs usines, diminuer leurs frais généraux en augmentant leur production journalière; mais certains de leurs appareils, notamment l'appareil à évaporer, étaient insuffisants; il a fallu trouver des procédés spéciaux capables d'augmenter la puissance évaporatrice de celui-ci; de là, l'invention des tubes à ruissellement, et des niveaux constants destinés à maintenir les liquides au-dessous des plaques tubulaires de la chambre de chauffe.

Ils ont dû également chercher à diminuer la consommation de charbon; de là, l'invention des appareils à quadruple, quintuple, sextuple effet, et à chauffages multiples.

a. *Augmentation de la puissance des appareils à évaporer; Ruissellement, niveaux constants.* — La méthode que l'on suivait autrefois, dans l'évaporation au triple effet, était défectueuse en ce sens que les liquides, remplissant les tubes de la chambre de chauffe s'élevaient à quelques centimètres au-dessus de la plaque tubulaire. La surface de chauffe était évidemment considérable, puisqu'elle représentait la surface des tubes; mais la surface d'évaporation, qui représentait la surface de la plaque, était restreinte.

On s'est alors demandé si l'on n'obtiendrait pas une évaporation plus rapide en faisant en sorte que les liquides ne remplissent plus les tubes, mais ruissellent le long des parois. Dans ces conditions, la surface de chauffe se confondrait avec la surface d'évaporation.

Un grand nombre de constructeurs ont imaginé des *tubes à ruissellement* dont nous allons signaler rapidement les dispositions. Tous introduisent, dans chacun des tubes de la caisse et à sa partie supérieure, un tube concentrique, éloigné du tube principal de quelques millimètres, de façon que le liquide n'y tombe qu'en couche mince, ruisselle sur la paroi intérieure du tube principal, tandis que la vapeur formée s'échappe par le tube concentrique. *M. Bontemps* trace même à l'extérieur du tube central des rampes hélicoïdales qui permettent au liquide de ruisseler en suivant un chemin en hélice; *M. Bouvier* donne au tube central un renflement qui dirige le liquide tant sur ce tube central que sur le tube principal; *M. Dolignon* et *M. Nathan-Lévy* garnissent l'entrée du tube central d'un capuchon destiné à le répartir plus uniformément. *M. Krug* détermine sur le même tube central des arrachements qui, en faisant cascader le liquide, en active l'évaporation.

Ce résultat, qui consiste en réalité à introduire dans les tubes une quantité de liquide limitée à celle que la vapeur peut mettre en ébullition, s'obtient également en diminuant la section des tubes. *MM. Canard, Montauban et Marchandier*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

disposent (fig. 1 à 3) dans l'intérieur de chaque tube une tige en bois, que l'on a baptisée de manche à balai. La section du liquide se trouve réduite et le liquide bouillant s'évapore sur place.

Dans ce même ordre d'idées, *M. Lachaux* a (fig. 4) imaginé de remplacer la tige de bois par un tube, soudé au tube principal, et qui par ses deux extrémités de bouche dans la chambre de vapeur. Dans ces conditions, non seulement la quantité de liquide à évaporer se trouve restreinte, mais la surface de chauffe est augmentée.

Tous ces procédés, si ingénieux qu'ils soient, semblent aujourd'hui intéresser

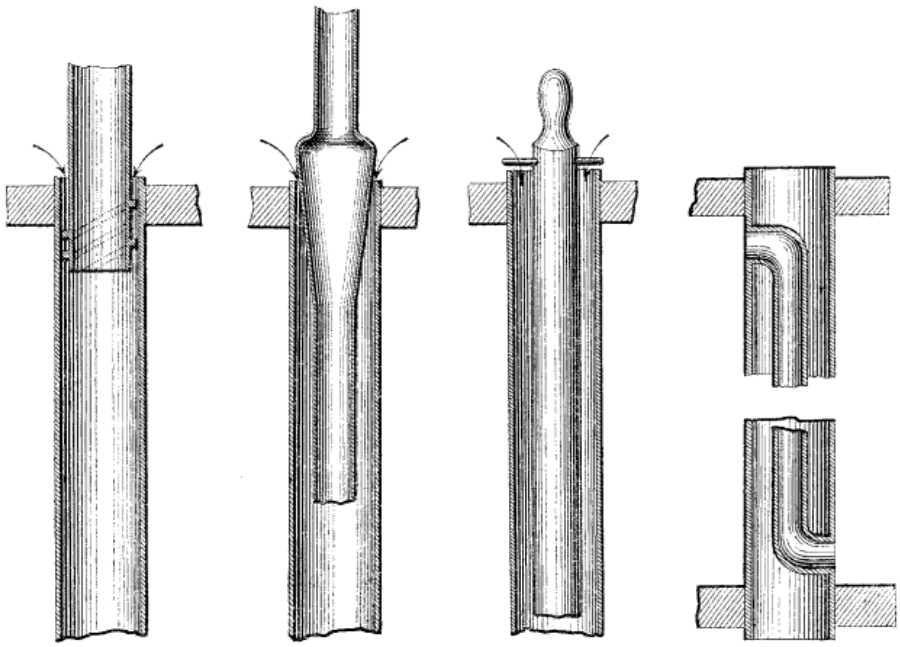


Fig. 1 à 4. — Tubes de ruissellement Canard, Montauban, Marchandier et Lachaux.

peu les fabricants ; car ils ont remarqué qu'ils arrivaient au même résultat, et tout aussi vite, en ne remplissant qu'incomplètement les tubes de la caisse. Le liquide bouillant grimpe le long des tubes, pour retomber ensuite le long des parois et ruisseler de lui-même. C'est l'effet qui se produit dans ces appareils d'évaporation connus sous le nom de *yaryan*, où les tubes sont horizontaux et où les liquides s'évaporent à l'intérieur des tubes mêmes.

MM. Denis-Lefèvre, Dolignon, Daix, d'autres encore, ont imaginé alors des appareils régulateurs capables de maintenir le niveau des liquides dans les caisses à une hauteur déterminée.

Ces procédés d'évaporation rapide présentent l'inconvénient d'entraîner plus

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de gouttelettes liquides; aussi, le fabricant se trouve-t-il obligé d'augmenter la capacité de ses ralentisseurs.

b. *Ralentisseurs, Récupérateurs désucreurs.* — Ce ne sont pas là les seules modifications que l'on ait faites dans ces dernières années pour améliorer le travail de l'évaporation. Préoccupés d'éviter les pertes par entraînement, un grand nombre de fabricants avaient depuis longtemps déjà surmonté leurs appareils à évaporer, de même que les appareils à cuire, de caisses horizontales en tôle, dites *ralentisseurs Hodeck*, à l'intérieur desquelles se trouvent disposés des tôles perforées, que la vapeur doit traverser avant de se rendre à la caisse suivante ou au condenseur. Les fabricants trouvent avantage aujourd'hui à disposer ces ralentisseurs verticalement, et, sur les conseils de M. Horsin-Déon, à supprimer les plaques perforées dont ces appareils étaient garnis.

M. Vivien a imaginé d'introduire dans le brise-mousse, un peu modifié, un serpentin réfrigérant qui, condensant une partie de la vapeur contenue dans ce brise-mousse, détermine à l'intérieur une pluie fine; cette pluie ramasse dans sa chute les gouttelettes liquides que l'évaporation a entraînées. Cet appareil porte le nom de *récupérateur ou désucreur;* on ne peut, bien entendu, faire usage de cet appareil que si la quantité de liquide récupéré équilibre la dépense de vapeur condensée et inutilisée à l'évaporation.

C'est également pour éviter les pertes par entraînement que M. Courtonne a proposé d'employer *le condenseur à chocs de MM. Lencauchez et Durand.*

c. *Condenseurs barométriques.* — Dans les usines où l'eau est en abondance, on a intérêt à substituer au condenseur ordinaire le *condenseur barométrique.* Celui-ci est formé d'un cylindre en fonte où se rendent les vapeurs de la dernière caisse; elles y sont condensées par un fort courant d'eau froide, qui cascade à l'intérieur sur des chicanes disposées à cet effet. L'eau chaude s'écoule par un tuyau de 10 à 12 mètres, dont le pied pénètre dans un bac d'eau, muni d'un déversoir. Cet appareil supprime la pompe à eaux ammoniacales, qui enlève au fur et à mesure les eaux des condenseurs ordinaires, et l'on n'a plus besoin que d'une petite pompe à air sec, destinée à retirer les gaz incondensables.

MM. Dervaux et Vivien ont fait connaître un *système de condensation fractionnée* qui permet d'arrêter une partie des vapeurs par l'action d'un condenseur barométrique, pour en achever la condensation dans un appareil ordinaire. Ce procédé a l'avantage de donner au condenseur barométrique de l'eau très chaude, dont on règle à volonté la température en y faisant pénétrer plus ou moins d'eau froide.

d. *Caisses horizontales d'évaporation.* — En Autriche, en Allemagne et en Russie, depuis un certain nombre d'années on fait usage de caisses, de forme rectangulaire surmontées d'un dôme, et affectant par conséquent la forme tombeau (*caisses Wellner-Jelineck*) : dans ces caisses, les tubes sont horizontaux,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et la vapeur circule à l'intérieur des tubes au lieu de circuler à l'extérieur. La supériorité de ces caisses, destinées à l'évaporation, ne paraît pas nettement établie.

e. *Appareils à quadruple, quintuple, sextuple effet, à chauffages multiples.* — La modification la plus importante que l'on ait réalisée en sucrerie, après l'adoption de la diffusion, est certainement celle qui a consisté à multiplier le nombre de caisses de l'appareil à évaporer et à alimenter au moyen de la vapeur produite par le jus en ébullition les différents appareils de l'usine. Cette modification, imaginée par M. Rillieux, permet de produire une grande économie de charbon, imputable non seulement à l'évaporation mais aussi à toutes les opérations de la sucrerie : économie qui peut s'élever jusqu'à 30 p. 100.

Chaque fois, en effet, que l'on augmente d'une caisse l'appareil d'évaporation et que l'on multiplie les effets de la vapeur, on diminue la dépense de charbon. Pour une même quantité de vapeur introduite dans la première caisse, l'appareil travaille tout autant, à la condition de donner à la surface de chauffe des caisses nouvelles la grandeur qu'elle avait dans l'une des anciennes. M. Dessin, dans un rapport au syndicat des fabricants de sucre, a montré que 1 kilo de vapeur à 111°,5, c'est-à-dire à la tension de vapeur d'échappement des machines motrices, évapore 2^k,80 d'eau au triple effet, 3^k,26 au quadruple effet, 4^k,66 au quintuple effet, 5^k,54 au sextuple effet. L'évaporation est donc de plus en plus économique au fur et à mesure que l'on élève le nombre de caisses; elle atteindrait son maximum d'économie, comme l'a dit M. Horsin-Déon, dans un appareil où la dernière caisse n'évaporerait plus rien, c'est-à-dire recevrait de la vapeur à la température où sortent les sirops.

On voit, en même temps, que plus le nombre de caisses augmente, plus on peut réduire les dimensions du condenseur, des pompes à air ou à eaux.

Nous possédons en France une dizaine de quadruple effet construits par M. Horsin-Déon. Celui-ci a monté également un quintuple effet à la sucrerie de Cheick-Fadl (Égypte), et se dispose à construire un sextuple effet.

Ainsi constitué, avec ses quatre, cinq ou six caisses, l'appareil n'est pas complet; car il ne réalise d'économies qu'au chapitre de l'évaporation, et la prétention des constructeurs est de le faire travailler de façon qu'il en réalise de nouvelles aux différents postes où la vapeur est nécessaire; de là, la création des *appareils à chauffage multiple*.

Si l'appareil est à quadruple effet, le liquide de la première caisse, sous l'influence de la vapeur directe, bout à 105°, et envoie de la vapeur non seulement dans la seconde caisse, mais aussi aux jus qui vont subir la deuxième carbonatation, aux jus qui se rendent à l'évaporation, aux sirops qui vont à la chaudière à cuire; cette vapeur travaille donc en double effet, et le fabricant économise la vapeur directe qu'il aurait envoyée pour réchauffer ces produits. La

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

seconde caisse bout à 95°, et envoie ses vapeurs non seulement dans la troisième caisse, mais aussi aux jus qui vont à la première carbonatation; là encore, la vapeur de la seconde caisse travaille à double effet.

Si l'appareil est à quintuple effet, il est construit, en général, de façon à ce qu'on puisse lui faire des emprunts de vapeur plus considérables. Sur la première caisse, chauffée à 108°, on prend la vapeur nécessaire aux jus qui se dirigent vers l'appareil même d'évaporation aux sirops qui vont à la cuite; on prend sur cette première caisse également la vapeur qui doit chauffer la chaudière à cuire des deuxièmes et troisièmes jets, et une partie de celle qui va alimenter la chaudière à cuire du premier jet, l'autre partie étant fournie par la seconde caisse. En dehors de cette quantité, la seconde caisse, qui est chauffée à 100°, alimente la seconde carbonatation; quant à la troisième caisse, dont la température est de 90°, elle alimente les jus de première carbonatation et les réchauffeurs de la batterie de diffusion.

On voit donc que, dans ces conditions, la vapeur directe, introduite dans la première caisse, sert à la fois à l'évaporation et à l'alimentation du chauffage de l'usine. Une partie travaille en multiple effet; c'est celle qui produit l'évaporation, l'autre travaille en double effet.

L'économie de vapeur porte donc sur l'évaporation, comme s'il n'y avait pas de prises de vapeur pour les réchauffages; elle porte également sur toutes les opérations qui sont, dès lors, faites avec de la vapeur détendue.

Mais, naturellement, il faut que le constructeur calcule la surface de chauffe de façon à ce que les prises de vapeur qu'il désire faire ne troublent pas l'évaporation proprement dite. Ces surfaces sont évidemment proportionnelles à la quantité d'eau que chaque caisse doit évaporer. M. Horsin-Déon a fait voir que, pour un quadruple effet et pour un quintuple effet, montés dans les conditions ci-dessus, les caisses ont à évaporer les quantités d'eau suivantes par hectolitre de jus.

	Quadruple effet. kil.	Quintuple effet kil.
1re caisse	41,475	36,320
2e caisse	23,775	24,620
3e caisse	7,375	14,620
4e caisse	7,375	2,220
5e caisse	»	2,220
	80,000	80,000

On voit, par ce calcul, que, dans ces appareils, les premières caisses doivent être les plus grandes; on voit également que, pour les dernières caisses, là où on ne fait pas de prises de vapeur, on doit tenir les surfaces de chauffe égales; on voit encore que la quantité à évaporer dans les dernières caisses est plus faible dans le quintuple que dans le quadruple effet. Elle serait encore plus faible dans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le sextuple, et M. Horsin-Déon a montré qu'elle atteindrait 1k,85 dans les mêmes conditions; et ainsi se trouve démontré ce que nous disions plus haut : à savoir que l'appareil idéal serait celui où la dernière caisse n'aurait plus rien à évaporer.

M. Camuset a eu l'idée fort ingénieuse de retourner le triple effet habituellement en usage en faisant de la troisième caisse, qui est la plus grande, la première caisse du nouvel appareil d'évaporation, ce qui permet de prendre sur cette première caisse de la vapeur destinée à des réchauffeurs. C'est la même idée qui a conseillé à M. Horsin-Déon de transformer du triple effet existant en quadruple effet, en retournant les caisses et en ajoutant en queue une quatrième chaudière.

Un grand nombre de fabricants, se refusant à faire la dépense d'un quadruple effet, ont adopté un système ingénieux, préconisé par MM. Pauly et Greiner, qui consiste à faire précéder le triple effet d'un *circulateur* ou *vaporisateur*. C'est une caisse où les jus, avant de pénétrer dans la première caisse du triple effet, sont chauffés par la vapeur directe; et la vapeur issue du liquide en ébullition, au lieu de se rendre dans la chambre de chauffe du premier corps du triple effet, sert tout entière à alimenter la cuite ou les chaudières de carbonatation. Dans la première caisse du triple effet, pénètre de la vapeur d'échappement des machines motrices, comme dans le cas ordinaire.

Les vapeurs que l'on prend soit sur les circulateurs, soit sur les premières caisses du quadruple ou quintuple effet ne se rendent pas toujours directement aux appareils qu'elles doivent alimenter, et l'on préfère, quand il s'agit de chauffer des jus de première ou deuxième carbonatation, des jus allant à l'évaporation ou des sirops allant à la cuite, les faire passer dans des réchauffeurs alimentés par ces vapeurs et placés contre l'appareil d'évaporation. On économise de cette façon les pertes de chaleur que l'on ne peut éviter quand on transporte les vapeurs d'une extrémité à l'autre de l'usine. Les *réchauffeurs à circulation rapide de M. Horsin-Déon* sont très employés dans ce but spécial.

M. Reboux a imaginé de disposer ces réchauffeurs horizontalement, dans les caisses mêmes de l'appareil d'évaporation.

V. — Cuisson et cristallisation du sucre.

Nous avons vu dans le chapitre précédent que la plupart des modifications apportées à l'évaporation ont été dictées par la nécessité où le fabricant se trouvait de travailler vite et de brûler peu de charbon; nous allons voir que les progrès réalisés dans la cuisson des sirops ont été inspirés par un autre besoin : celui d'obtenir en premier jet le plus de sucre possible, et de ne laisser qu'une faible quantité de bas produits à traiter au cours de la campagne et une fois la cam-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pagne terminée. Ce système permet au fabricant de retrouver plus vite l'argent qu'il a versé à la culture, et de pouvoir fermer plus tôt les portes de la sucrerie, de pouvoir même les fermer le jour où il n'y a plus ni betteraves ni jus à traiter. Cette suppression complète des bas produits, et même leur suppression partielle, n'est guère pratiquée encore en France; mais quand on examine le mouvement qui se fait à l'étranger et même dans notre pays en faveur de cette idée, on peut prévoir le jour où l'on ne connaîtra plus en sucrerie les deuxièmes et les troisièmes jets.

a. *Appareils à cuire.* — Dans un grand nombre de sucreries étrangères et notamment de sucreries autrichiennes, et dans quelques sucreries françaises, on a substitué aux anciennes chaudières cylindriques des chaudières rectangulaires, surmontées de dômes, semblables à celles dont nous avons parlé au chapitre de l'évaporation.

L'avantage de ces chaudières est de pouvoir loger un grand nombre de tubes horizontaux, et de présenter à la cuite une énorme surface de chauffe. Ces tubes sont disposés sur plusieurs rangs, et l'on peut envoyer dans les tubes inférieurs de la vapeur directe, tandis que l'on dirige de la vapeur détendue de la première ou de la seconde caisse d'évaporation dans les tubes supérieurs. Cette disposition est nécessitée par le besoin que l'on a de faire usage de vapeur très chaude pour grainer le pied de cuite. On reproche souvent à ces chaudières de ne pas permettre une circulation assez régulière de la masse cuite; une partie de cette masse cuite est retenue sur chacun des tubes, y forme talus d'éboulements, et peut s'y caraméliser.

Les chaudières *Wellner-Jelineck*, qui sont peut-être les plus répandues, sont munies d'un fond conique, et c'est par des portes latérales, montées sur la partie conique, que se fait la vidange de la cuite. — Dans *les chaudières Aders*, le fond est plat, et la vidange s'effectue par une trappe glissant horizontalement, ayant 55 à 60 centimètres de large, et ayant la longueur de l'appareil. — La fermeture des *chaudières Lexa-Hérold* est plus hardie, elle est assurée par deux trappes qui ferment l'appareil sur toute sa surface, et qui, au moment de la coulée, glissent à droite et à gauche sur des galets; la fermeture hermétique est assurée par des joints hydrauliques de caoutchouc.

Au cours de la cuisson du sirop, il est bien difficile d'éviter la formation des petits cristaux, et la présence dans la masse cuite de ces petits cristaux a l'inconvénient qu'ils traversent les mailles des toiles des turbines et se perdent dans les sirops d'égout; or, nous avons vu plus haut l'importance que les fabricants attachent à augmenter le rendement de leur premier jet. La *chaudière à cuire en mouvement de M. Reboux* permet de supprimer en partie cet inconvénient et de rendre la cuite plus régulière et plus rapide. La chaudière est cylindrique et disposée horizontalement; elle comporte quatre faisceaux de tubes cintrés, super-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

posés. Dans le faisceau inférieur on introduit de la vapeur directe, pour permettre le grainage du pied de cuite; les autres faisceaux sont alimentés par de la vapeur détendue. Entre les serpentins, se meuvent des agitateurs à palettes destinés à brasser la masse pendant toute sa cuisson.

M. Reboux a imaginé également un agitateur à palettes horizontales que l'on peut introduire dans les anciennes chaudières à cuire pour produire le même travail.

b. *Cuite méthodique ou systématique.* — M. Steffen a fait très judicieusement remarquer que, dans une masse cuite, au fur et à mesure que les cristaux de sucre grossissent, ils se trouvent entourés d'un sirop de plus en plus impur. La présence des matières étrangères, dont la proportion s'accroît constamment, ne gêne donc pas l'alimentation du grain de sucre, jusqu'au moment du moins où le sirop, par le fait de ses impuretés, devient tellement visqueux que le grain de sucre ne peut plus se mouvoir. On peut donc, sans changer l'équilibre et la marche générale de l'opération, ajouter dans la chaudière à cuire, au moment où la cuite est terminée, des sirops dont la pureté sera égale, puis inférieure à celle du sirop qui baigne les cristaux, faire rentrer par conséquent à la cuite les sirops, en commençant par les plus purs, c'est-à-dire ceux qui sont obtenus au moment du clairçage à la vapeur, pour finir par les moins purs : ceux qui proviennent de l'égouttage de la masse cuite. L'opération ne peut réussir qu'en conduisant le travail avec une grande lenteur, ou mieux encore en ne faisant arriver dans la chaudière que des égouts préalablement dilués à 25°-27° Baumé.

Cette méthode de *la cuite méthodique ou systématique* permet de nourrir les fins cristaux qui pourront dorénavant être retenus par la turbine, et cela, sans en former de nouveaux; elle permet, par conséquent, d'augmenter le rendement des premiers jets en appauvrissant en sucre les sirops d'égout.

c. *Refroidissement de la masse cuite et cristallisation en mouvement.* — C'est cette préoccupation de nourrir les petits cristaux qui a conseillé aux fabricants de refroidir les masses cuites, de façon à leur laisser le temps d'attirer le sucre contenu dans les sirops, sucre qui tend à cristalliser par le fait de la différence de sa solubilité à chaud et à froid.

M. Schutzembach a proposé de couler la masse cuite dans de petits bacs de 100 kil., de placer ces bacs dans des salles fraîches, et de les y abandonner jusqu'à complet refroidissement.

Les *Schutzembach*, comme on les a nommés, ne permettaient pas un refroidissement régulier; les cristaux de sucre, au repos, ne se trouvaient pas sans cesse en contact de nouvelles quantités de sirop. Il a suffi de transformer ces bacs en caisses cylindriques, de les munir d'un double fond dans lequel on puisse envoyer de l'eau froide et de placer à l'intérieur des agitateurs puissants pour créer ce que l'on a appelé la *cristallisation en mouvement*. Cette opération est le véritable complément de la cuite méthodique, en ce sens qu'il faut, si l'on veut que

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les cristaux se nourrissent par refroidissement, mettre en leur présence une grande quantité de sirop.

L'idée de la cristallisation en mouvement et par refroidissement paraît être due au docteur Wulff (1884-85), et le premier dispositif qui permit de réaliser le procédé paraît appartenir à MM. Bocquin et Lipszinsky (1880). MM. Stammer et Bock ne seraient que les habiles vulgarisateurs du procédé.

Les cristallisoirs cylindriques, qui ont pris le nom de *Stammer-Bock*, ont 6 mètres de long sur 2 mètres de diamètre ; ils sont disposés horizontalement, au-dessous de la chaudière à cuire. Les cuites y sont coulées au fur et à mesure de leur production ; on les y additionne de sirop d'égout, et, mettant les agitateurs en mouvement, on envoie de l'eau dans la double enveloppe. Le refroidissement est conduit de façon que la température tombe de 75 à 35-40° en un temps que l'on doit s'efforcer de prolonger le plus possible, mais qui, par suite des nécessités de la fabrication, se trouve souvent limité à 24 ou 36 heures. L'addition de sirop d'égout doit se faire en quantité suffisante pour que la masse garde, même à froid, une certaine fluidité.

Ce procédé, très en usage à l'étranger et surtout en Belgique, s'est installé en France dans quelques usines.

C'est dans le même ordre d'idées, que MM. Huch et Lanke ont proposé de couler la masse cuite, au sortir de la chaudière, dans des *malaxeurs-cuiseurs* de leur invention et d'y ajouter 10 p. 100 d'eau. Celle-ci redissoudrait les *micro-cristaux* sans toucher aux *macrocristaux ;* on fait alors communiquer le malaxeur cuiseur avec le condenseur, et on évapore en mouvement de façon à nourrir les gros cristaux au moyen de l'eau sucrée que l'on a produite.

d. *Modifications dans le travail des deuxièmes et troisièmes jets.* — On a proposé tout d'abord de diminuer la durée du travail des deuxièmes et troisièmes jets, en leur faisant subir la *cristallisation en mouvement*, et en ayant soin d'amorcer la cristallisation au moyen de sucre préalablement turbiné. La cristallisation des deuxièmes jets dure de trois à quatre jours au lieu de quinze ; celle des troisièmes jets est complète après huit ou douze jours, au lieu de se prolonger pendant trois mois. Malheureusement, ce procédé exige un matériel très coûteux, et, jusqu'ici, il n'a pas été pratiqué d'une façon courante.

On s'est appliqué en France et en Belgique à *cuire en grains* les seconds jets, soit par le procédé ordinaire des cuites du premier jet, quand l'égout est assez pur, soit, quand il ne l'est pas assez, en ajoutant dans la chaudière une certaine quantité de sucre cristallisé. La chaudière est munie d'agitateurs, et en combinant la cuite en mouvement, avec la rentrée des égouts pauvres dilués à 27° et réchauffés à 80° C., c'est-à-dire la cuite méthodique, on parvient à obtenir une masse cuite qui, refroidie, donne directement à la turbine des mélasses. Le travail des troisièmes jets se trouve supprimé.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En Russie, on mélange dans des refroidissoirs, et à volumes égaux, la cuite en grains de premier jet avec la cuite claire de deuxième jet. On cristallise en mouvement, et, au moment de la vidange, on laisse dans le cristallisoir la moitié de la masse cuite, à laquelle on ajoute un volume égal de masse cuite de deuxième jet; et ainsi de suite, jusqu'à ce que l'égout obtenu à la turbine soit assez impur pour aller en sucraterie.

M. Huch d'un côté, M. Reboux de l'autre, ont proposé de supprimer le turbinage des seconds jets et de séparer les égouts des secondes masses cuites, soit en les aspirant (M. Huch), soit en les laissant s'écouler spontanément (M. Reboux). Ces sirops servent à délayer les masses cuites de premier jet dans les cristallisoirs; quant aux sucres ainsi purgés, ils sont refondus sur place par la vapeur dans le bac même, et leur solution est réintroduite *méthodiquement* dans la cuite de premier jet. Quand les sirops d'égout de premier jet deviennent trop impurs pour pouvoir être traités en second jet, on fait une liquidation, et ceux-ci vont à la sucraterie. Ces procédés permettent donc de ne pas travailler de troisièmes jets, et de ne faire qu'une seule sorte de sucre.

D'autres procédés ont été proposés, qui sont encore à l'essai, pour supprimer complètement les deuxièmes et troisièmes jets; les sirops d'égout rentrent directement dans le travail, et sont liquidés quand ils deviennent trop impurs.

C'est sur ce principe qu'est basé le *procédé Steffen*, employé en raffinerie, et qui ne paraît pas devoir prendre place, du moins jusqu'ici, en sucrerie. Les sucres roux, ou même la masse cuite, sont lavés et blanchis par une série de clairces successives de plus en plus pures; la dernière, la plus impure, une fois écoulée va à la sucraterie, l'avant-dernière devient dernière, et chacune descend d'un rang; la première est remplacée par une nouvelle clairce de sucre pur. — L'excès de clairce rentre méthodiquement dans le travail de la cuite. Le procédé Steffen fait disparaître en même temps que les turbines le travail des bas produits.

Le complément nécessaire de tous ces procédés est l'extraction, par les méthodes de sucraterie, du sucre contenu dans les mélasses. La loi de 1887, qui décharge d'une partie de l'impôt la mélasse allant en distillerie, rend ces méthodes inapplicables en ce moment, et le travail des mélasses reste depuis une dizaine d'années limité à deux ou trois sucreries françaises.

VI. — Turbinage.

Le turbinage est devenu plus régulier. Des *nochères* avec agitateurs amènent aujourd'hui la masse cuite devant les turbines; des *jaugeurs de masse cuite*, construits par M. Denis-Lefèvre, par M. Maguin, etc., permettent de ne mettre dans la turbine qu'une quantité mesurée de masse cuite. Le clairçage se fait

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

au moyen de la vapeur détendue; et, cette vapeur, on a soin, afin d'éviter la refonte des sucres, de la purger d'eau condensée avant de l'envoyer dans la turbine.

Le problème que l'on cherche à résoudre est le *turbinage continu*. MM. Szczeniowski et Pontkowski ont imaginé une turbine à tambour conique (Cail constructeur). La pointe du cône est dirigée vers le bas, et c'est dans la partie inférieure qu'arrive continuement la masse cuite : celle-ci grimpe le long des parois du cône, se purge peu à peu de son sirop d'égout, et les cristaux, sans cesse poussés par de nouvelles quantités de masse cuite, débordent et tombent dans un collecteur.

D'autres appareils, entre autres ceux de M. Lizeray, de M. Dumoulin, etc., produisent avec plus ou moins de perfection le turbinage continu de la masse cuite. Ces turbines paraissent avoir donné déjà des résultats assez satisfaisants pour que l'on puisse prévoir qu'un jour l'emploi des turbines continues permettra de diminuer d'une façon considérable la main-d'œuvre.

L'impression qui se dégage de l'étude des différents perfectionnements dont nous venons de donner le résumé est que la sucrerie, sans négliger ceux qui peuvent lui apporter un excédent de rendement, se porte plutôt vers ceux qui lui permettent de réaliser une économie de main-d'œuvre, de charbon et de frais généraux; et c'est cette tendance qui trace aux inventeurs la direction qu'ils ont à suivre désormais.

Pour diminuer la main-d'œuvre, il faut rendre toutes les opérations continues; la diffusion, et même la filtration des jus et des sirops peuvent être considérées comme répondant à ce désideratum; l'évaporation et même la sulfitation sont continues; mais il reste encore beaucoup à faire pour la carbonatation, pour la filtration des écumes et le turbinage. Le jour où le jus de diffusion se rendra sans arrêt à l'appareil d'évaporation, le jour où la masse cuite fournira continuement du sucre et du sirop d'égout, la sucrerie aura réalisé une grosse économie de main-d'œuvre.

Pour diminuer ses frais de chauffage, la sucrerie aura à adopter les appareils à multiple effet et à chauffages multiples.

Pour diminuer ses frais généraux, elle aura à augmenter son travail quotidien et à diminuer le nombre des journées de fabrication. C'est ce qu'elle a commencé de faire depuis dix ans; l'extraction du sucre se concentre dans un nombre de plus en plus restreint d'usines, et dure moins de temps qu'autrefois; elle aura également à supprimer son travail des deuxième et troisième jets, à ne faire que du sucre blanc et de la mélasse, ou même que du sucre si elle emploie la sucraterie : elle pourra alors fermer ses usines quand elle n'aura plus de betteraves à diffuser.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS CHIMIQUES

MÉTALLURGIE

L'EXTRACTION DE L'OR PAR LE CYANURE DE POTASSIUM D'APRÈS UN OUVRAGE RÉCENT (1)

par **M. A. Leproux**, INGÉNIEUR AU CORPS DES MINES

C'est une règle à peu près générale : que l'or, d'ailleurs assez fréquent dans la nature, s'y rencontre en particules d'une finesse extrême soit réparti dans des roches, soit à l'état de mélange avec des composés métalliques, notamment avec des sulfures, qui en contiennent de très faibles quantités. Dans le second cas, l'or s'obtient en général par de véritables procédés métallurgiques, consistant à séparer par fusions successives des produits de plus en plus riches, dont le dernier est presque toujours un alliage de plomb, argent et or. Mais lorsque l'or est disséminé dans une gangue infusible, la fusion ignée ne peut plus être employée; la ténuité des particules d'or, leur éloignement les unes des autres ne saurait leur permettre de s'agglomérer; il faut avoir recours à d'autres moyens d'extraction.

Le poids spécifique de l'or, très supérieur à celui des matériaux qui l'accompagnent, permet d'employer alors des procédés de *préparation mécanique* basés sur la gravité; les courants d'eau naturels accomplissent ou au moins commencent parfois eux-mêmes cette opération, en déposant en certains points de leur lit des sables riches provenant de la désagrégation des roches aurifères; ou bien les roches, abattues sur place, sont broyées en sables fins. Dans l'un et l'autre cas, les sables sont conduits par un courant d'eau dans des canaux munis de dispositions variées destinées à retenir les grains les plus lourds; le mercure, à l'état libre ou à l'état d'amalgame déposé sur des plaques de cuivre, est l'agent généralement employé pour retenir les grains d'or et effectuer un triage que nul appareil ne pourrait réaliser avec la même perfection.

Mais cet ensemble de méthodes plus ou moins perfectionnées, appliquées à des minerais très divers, a le défaut commun de laisser échapper les particules d'or dont les dimensions sont au-dessous d'une certaine limite, très basse sans doute, mais telle que la teneur en métal précieux des sables que l'on devrait rejeter est encore très appréciable. Ces méthodes sont, en effet, basées sur la différence de durée de chute des particules d'or et des fragments rocheux dans un fluide, différence qui s'atténue beaucoup avec les dimensions linéaires des éléments que l'on traite. La séparation par la gravité devenant impossible, le seul moyen de recueillir au moins une partie de l'or ainsi divisé, et qui constitue

(1) *The Cyanide Process for the Extraction of Gold* par G.-M. Eissler, 1 vol. in-18, 89 p. Chez Lockwood. Londres, 1859.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

souvent une part très importante de la teneur totale, est l'emploi de procédés chimiques, tendant à la dissolution de l'or libre par un réactif.

Or, parmi les réactifs usuels, il n'en est guère que trois qui jouissent de la propriété d'attaquer l'or : l'eau régale, le chlore et le *cyanure de potassium*.

Le premier est trop corrosif pour se prêter à un emploi industriel de ce genre. Diverses des méthodes, différant entre elles par des points de détail, ont été brevetées pour l'emploi du chlore ; elles ont réussi dans certains cas particuliers, mais elles ont toutes l'inconvénient d'obliger à manier des volumes considérables d'un gaz coûteux et corrosif.

Reste le cyanure de potassium. Bien que des brevets, dont le premier paraît remonter à 1867, aient été pris pour divers procédés d'extraction basés sur l'emploi de ce corps, ce n'est que tout récemment qu'il s'est répandu ; et encore la cyanuration n'a-t-elle donné jusqu'à ce jour de résultats satisfaisants que dans un seul district, très étendu et très productif, il est vrai, le Witwatersrand. Là, se sont établies, dans les trois ou quatre dernières années, une cinquantaine d'usines destinées à traiter par le cyanure de potassium les résidus ou « *tailings* » provenant du broyage des conglomérats aurifères qui sont exploités dans cette région. Ces usines traitaient par mois, au milieu de 1894, plus de 230 000 tonnes de tailings, provenant soit des batteries de bocards actuellement en marche, soit des stocks accumulés depuis l'origine des exploitations ; et elles livraient au marché environ 30 p. 100 de la production totale de l'or au Witwatersrand.

Dans ses grandes lignes, le procédé consiste en un lessivage des tailings par une solution de cyanure de potassium qui donne lieu à la production d'un cyanure double d'or et de potassium. La solution passe ensuite sur des copeaux de zinc qui précipitent l'or à l'état métallique. Rien de plus simple par conséquent, en principe, que cette méthode brevetée sous cette forme par la Compagnie Mac-Arthur Forrest, qui l'a, la première, introduite au Witwatersrand. Dans les détails de l'application, de nombreuses variantes se sont introduites suivant les usines, et surtout, la précipitation par le zinc tend à faire place depuis quelques mois à un procédé électrolytique dû à la maison Siemens et Halske.

Plusieurs articles ont déjà été publiés (1) dans le but d'exposer la marche suivie et les appareils usités dans les principales usines du Rand. Un ouvrage récemment paru, et écrit par un ingénieur, M. Eissler, qu'un séjour de plusieurs années sur les lieux a mis au courant des méthodes les plus récentes, nous a semblé présenter, en même temps qu'une heureuse synthèse des notes éparses déjà publiées sur ce sujet, une série d'observations personnelles d'une haute valeur, non seulement sur l'application actuelle de la cyanuration au Transvaal, mais encore sur son application possible à des minerais de natures diverses tels que ceux qui se

(1) Voir : *Engineering and Mining Journal*, 22 et 29 octobre 1892, et 4 et 11 août 1894.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rencontrent en d'autres points du globe. Dans cet opuscule, court mais très clair et très précis, l'auteur passe en revue successivement l'aménagement général d'une usine de cyanuration et la marche adoptée pour les opérations du traitement; un chapitre est consacré au procédé électrolytique; puis viennent quelques détails sur les points particuliers par lesquels diffèrent les usines les plus importantes. Enfin, une dernière partie est consacrée à l'exposé des réactions principales et accessoires auxquelles donne lieu l'emploi de la cyanuration avec les minerais du Transvaal et avec quelques autres minerais. Nous ne pouvons mieux faire, pour mettre le lecteur au courant d'un procédé qui paraît appelé à un si grand avenir, que de rendre compte de l'ouvrage en question; c'est ce que nous allons essayer de faire.

I

La disposition générale d'un atelier de cyanuration dépend avant tout du point où l'on prend les produits à traiter et du relief du sol. Il faut, en effet, manier un tonnage très élevé, et par conséquent tirer parti de la pesanteur toutes les fois que la chose sera possible. Comme les tailings arrivent généralement des batteries de bocards à une cote très basse, ou sont accumulés dans des bassins de dépôt situés également en contre-bas, on les relève soit par wagons, s'il s'agit de stocks anciens, soit au moyen de grandes roues à augets, s'ils sont amenés directement des bocards par un courant d'eau. M. Eissler estime à 14 mètres environ la hauteur à laquelle il faut les relever au-dessus du sol naturel si la gravité doit ensuite suffire à tous les transports.

Le lavage au cyanure étant entravé par la présence des schlammes qui empêchent la filtration et retiennent la solution de cyanure, il est indispensable de faire une première séparation et de ne traiter que des tailings sableux, ne descendant pas au-dessous de ce qui passe au tamis de 120 mailles par pouce linéaire. S'il s'agit de tailings anciens, la séparation s'est généralement faite dans les bassins de dépôt, et il suffit de faire un choix dans les parties des dépôts que l'on mène à l'usine. Pour les tailings récents, il est nécessaire d'effectuer la séparation. Deux procédés — on pourrait plutôt dire : un procédé et un expédient — sont en usage. Dans le premier (*intermediate filling*) on accepte franchement la nécessité d'un dépôt préalable : on conduit le courant qui amène les tailings à des cuves de 6 à 7 mètres de diamètre et de 3 mètres de profondeur, maintenues constamment pleines d'eau; on le distribue aussi également que possible sur la surface supérieure de l'eau contenue dans la cuve, parfois avec un distributeur rotatif à réaction : la profondeur de la cuve étant dans un rapport convenable avec le débit du courant, les schlammes sont emportés par le trop-plein et les sables se déposent dans la cuve.

L'autre procédé (*direct filling*) consiste à déposer, à la sortie de la batterie,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des bacs en forme de spitz-kasten ; le courant s'y divise en deux : la partie supérieure, contenant la majeure partie des schlammes et quelques sables, est rejetée ; le reste, s'écoulant par le fond des bacs, contenant les sables et une certaine proportion de schlammes, est conduit directement aux cuves de cyanuration, où des manœuvres kafirs le répandent aussi uniformément que possible au moyen de conduites en caoutchouc.

Le premier procédé réalise une meilleure séparation, surtout lorsqu'on se sert de distributeurs rotatifs ; les sables, débarrassés des schlammes, se prêtent beaucoup mieux aux opérations de filtration et d'égouttage qui doivent suivre : avantage qui se traduit par une économie de cyanure qui peut compenser largement les frais supplémentaires d'installation. On lui reproche seulement de favoriser plus que le second l'oxydation des parties pyriteuses et par suite la formation d'acide sulfurique qui décompose le cyanure.

Après ce premier traitement, les sables sont prêts à subir l'action du cyanure. Pour cela, on les entasse dans des cuves dites cuves de lavage ou de filtration. Ces cuves ont partout une très grande capacité. Le plus généralement, elles sont circulaires, formées de douves en bois dur, très exactement taillées de manière que les joints soient concourants vers le centre, et assemblées au moyen de cercles de fer forgé serrés avec des boulons. L'épaisseur des douves, ainsi que celle du fond, varie de $0^m,09$ à $0^m,12$; les joints sont garnis de céruse ou de litharge. Le diamètre de ces cuves est de 6 mètres au moins, il atteint parfois 14 mètres ; la profondeur varie de $2^m,50$ à $4^m,50$. Enfin, le tout est porté sur un plancher de forts madriers, parfaitement horizontal, reposant sur des murs de maçonnerie très solides, laissant entre eux deux ou trois couloirs dans lesquels peuvent circuler les wagons de déchargement.

A la base de ces cuves est placé le filtre. C'est un quadrillage en bois formé de deux couches superposées de lattes de 3 centimètres sur 3, écartées de 3 centimètres. Au-dessous, est une couche de planches où sont ménagées des rainures pour permettre à la solution de s'écouler sur le fond. Le joint entre le pourtour du filtre et les parois de la cuve est réalisé au moyen d'un bourrage d'étoupe et de bourre de noix de coco serré par des coins de bois.

Le chargement des bacs se fait par des wagons circulant sur des voies supérieures dans le cas de l' « *intermediate filling* ». Si l'on procède par « *direct filling* », nous avons dit qu'il est réalisé au moyen de tuyaux en caoutchouc.

Au fond des cuves, se trouve une conduite qu'un jeu de vannes met à volonté en communication avec l'une ou l'autre des deux conduites générales destinées respectivement à la solution concentrée et à la solution diluée, comme nous l'expliquerons. — Quelquefois, pour permettre d'accélérer la filtration, on peut produire par ces conduites une aspiration artificielle ; ceci est particulièrement utile si les sables contiennent encore des schlammes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour évacuer les tailings traités, on peut, si l'on dispose d'une quantité d'eau suffisante, ménager dans les cuves des ouvertures latérales fermées par des vannes rectangulaires, et entraîner les tailings par un courant d'eau. Plus fréquemment, comme l'eau n'est pas très abondante, on pratique au fond des cuves des ouvertures circulaires fermées par des tampons, et on décharge les tailings dans des wagons par ces ouvertures, dont le nombre varie de 2 à 8 par cuve.

Enfin, d'autres cuves du même genre sont nécessaires pour compléter l'installation : ce sont les réservoirs destinés à contenir les solutions. Trois sont en général nécessaires : deux pour les solutions de cyanure ; un pour la lessive alcaline. Leur forme et leurs dimensions sont les mêmes que celles des cuves de filtration.

A l'effet d'obtenir ensuite l'or métallique, on fait passer la solution de cyanure double d'or et de potassium provenant des cuves de filtration dans une série de cuves rectangulaires étagées, placées en succession et séparées les unes des autres par deux cloisons en chicane disposées de manière que le courant marche toujours de bas en haut dans chaque compartiment. Le premier sert de bassin de dépôt et ne contient pas de zinc. Dans les suivants, sont placés des cadres en bois garnis d'une toile métallique sur laquelle sont étalés des copeaux de zinc filiformes. Le dernier compartiment renferme seulement des cristaux de cyanure de potassium destinés à ramener la teneur de la solution à un chiffre acceptable avant de l'envoyer aux réservoirs, et, de là, de nouveau aux cuves de filtration ; elle accomplit ainsi un parcours fermé.

Des pompes centrifuges destinées à produire la circulation de la solution complètent l'ensemble que nous venons de décrire. Examinons maintenant de quelle manière il est utilisé.

II

A l'origine, la cyanuration avait surtout pour but le traitement des anciens tailings, pour lesquels l'amalgamation avait été poussée aussi loin que possible. C'est dans ces conditions seulement qu'elle peut réussir. Des paillettes de dimension appréciable ne seraient attaquées, surtout par des solutions très diluées qu'on est obligé d'employer, qu'au bout d'un temps très long. Il est donc indispensable que le minerai, réduit en poudre fine (la plupart des batteries de bocards du Rand sont munies de tamis à mailles de 810e de millimètres), soit soumis à une amalgamation préalable, ne laissant subsister dans les tailings que des particules très petites.

En outre, les pyrites que contiennent les minerais traités subissent une oxydation très faible pour les tailings récents, très avancée pour les anciens ; l'acide sulfurique libre et les sulfates acides produits détruiraient le cyanure (on leur donne pour cette raison l'appellation imagée de « cyanicides ») et il est indis-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pensable de procéder, avant l'attaque par le cyanure, à un lavage alcalin qui a en outre l'avantage de détruire les matières organiques.

Par conséquent, après le broyage et l'amalgamation, le traitement comprend les opérations suivantes :

1° Les tailings accumulés dans la cuve de filtration sont soumis à l'action d'une solution à 0,15 p. 100 de cyanure de potassium et 0,015 p. 100 de soude caustique ;

2° La solution précédente étant évacuée, on traite par la solution de cyanure dite concentrée (*strong solution*), tenant 0,3 p. 100 à 0,5 p. 100, suivant la teneur des produits traités. L'addition peut se faire en deux fois : une certaine quantité, environ un tiers du poids total des tailings, est d'abord passée pour entraîner ce qui reste de lessive alcaline ; puis la cuve est remplie, et, après un contact de une à trois heures, on laisse s'écouler la solution ; un égouttage de trois ou quatre heures vient ensuite, afin de permettre à l'air de pénétrer dans la masse : sa présence est en effet nécessaire pour que l'attaque se produise ;

3° A la fin de l'égouttage, on admet que l'or est dissous entièrement, mais reste en grande partie dans la cuve. On fait passer alors dans cette dernière une solution diluée (*weak solution*), à 0,15 p. 100, destinée non à dissoudre l'or, mais à déplacer ce qui reste de la solution concentrée ;

4° Enfin, on termine par un lavage à l'eau, pour lequel on emploie environ 7 p. 100 du poids des tailings ;

5° Les solutions contenant l'or sont, suivant leur teneur, qui est examinée séance tenante, dirigées vers l'une ou l'autre des cuves de précipitation ; celles-ci sont au nombre de trois ou quatre. La précipitation y est complète, pourvu que l'écoulement soit lent et le zinc en quantité suffisante. La solution qui sort des cuves de précipitation ne doit pas tenir plus de 3 grammes d'or par tonne ;

6° L'or se dépose à l'état de poudre brune sur le zinc, où il adhère plus ou moins. On le recueille de temps à autre — en moyenne tous les mois — en lavant et brossant dans la cuve même les copeaux de zinc. Les particules d'or restent assez longtemps en suspension : un premier dépôt se fait de suite ; on décante ensuite au moyen de siphons qui conduisent l'eau, tenant encore une certaine quantité de métal précieux, dans des bassins de dépôt, où elle reste deux semaines.

Les boues recueillies tiennent, avec l'or, un peu de zinc et quelques impuretés. On les dessèche, puis on les grille au rouge sombre pour oxyder le zinc ; cette opération se fait quelquefois en présence d'un peu d'azotate de potasse (3 à 10 p. 100) qui active l'oxydation, et donne un zincate de potasse, moins réductible que l'oxyde de zinc.

Il ne reste plus qu'à faire subir au précipité ainsi grillé une fusion au creuset, avec un flux composé de 8 à 12 de borax, 15 à 20 de bicarbonate de soude, et un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

peu de sable ou de spath fluor, pour 30 de précipité. Cette fusion se fait au creuset de graphite, à température suffisante pour que la masse soit très liquide.

Les culots sont refondus en lingots tenant de 60 à 80 p. 100 d'or, de l'argent, du zinc, et un peu de plomb, qui provient du zinc employé. Les scories, très corrosives, retiennent encore un peu d'or; on a essayé de les fondre avec du minerai de cuivre, et de recueillir l'or dans la matte.

Le lavage alcalin dont nous avons parlé serait encore insuffisant pour traiter les tailings provenant des anciens stocks, ayant subi longtemps l'action des agents atmosphériques. Dans ce cas, on emploie, pour neutraliser le bain, de la chaux réduite en poudre fine au moyen d'un broyeur à boulets; on peut la répandre à la surface des cuves; il est préférable, lorsque le chargement se fait par wagons, de faire, sur chaque wagon envoyé aux cuves, un essai d'acidité rapide, et de lui ajouter la quantité de chaux nécessaire : le mélange est ainsi plus intime, et on évite les inconvénients d'un excès de chaux, qui détruirait le cyanure.

Les frais supplémentaires qu'entraîne l'acidité des tailings ont fait rechercher s'il ne serait pas possible de réaliser une économie en séparant, par une opération de préparation mécanique préalable, les parties les plus pyriteuses. A la Crown Reef Mine, des spitz-karten recueillent environ 2,5 p. 100 du total des tailings soumis au traitement. A la Langlaagte Estate C^{y}, 1 1/2 p. 100 est obtenu à part au moyen de Frue Vauners. La Robinson Mine traite également ses tailings au Frue Vauner. L'outillage de ces diverses mines est rudimentaire à ce point de vue; il serait probablement avantageux, dans nombre de cas, d'avoir des installations permettant un meilleur triage et un traitement spécial des pyrites, qui, une fois séparées et broyées au besoin, seraient lavées avec des solutions faibles de cyanure en présence de la chaux. C'est ce qui se fait à la Crown Reef Mine, où l'on extrait ainsi, en employant des solutions successives à 0,25 p. 100, 0,1 p. 100, et enfin 0,05 p. 100, environ 94 p. 100 de l'or contenu dans les pyrites séparées. On consomme pour cela 0^{k},500 de chaux et 0^{k},750 de cyanure par tonne traitée.

En dehors de l'action des acides, il faut mentionner l'effet particulier de la pyrite de cuivre, qui, pour des raisons encore mal établies, empêche l'attaque de l'or. Les minerais chargés de ce minéral n'ont pu jusqu'ici être traités économiquement. D'après M. Eissler, la raison de cet échec est que l'on a fait fausse route, en augmentant la teneur en cyanure des solutions, alors qu'il aurait mieux valu la réduire le plus possible. Il est à remarquer, en effet, que l'or, si difficilement attaqué par les réactifs, est, d'autre part, très sensible à des quantités infinitésimales de cyanure de potassium, et que des solutions d'un titre trop faible pour agir sur les composés de cuivre peuvent dissoudre l'or en agissant un temps suffisant. Ce fait est capital; l'emploi des solutions très diluées paraît

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

devoir, pour cette raison, rendre les plus grands services, aussi bien dans le traitement des minerais dits rebelles que dans celui des schammes, que M. Eissler propose de traiter en les agitant dans une solution très faible, et décantant par la suite. Grâce au procédé Siemens et Halske, auquel nous allons arriver, le métal précieux pourra être recueilli malgré des titres très bas, qui seraient un obstacle à la précipitation par le zinc.

Tel que nous venons de l'exposer, le procédé au cyanure comporte un ensemble d'opérations assez délicates, qui nécessitent des essais continuels et précis des liquides employés aussi bien que des tailings, d'un bout à l'autre de la série. Bien conduit, il permet, dans des cas très favorables, de porter à 80 et même à 85 parties la quantité d'or extraite d'un minerai tenant à l'origine 100 de métal précieux (1); 60 p. 100 sont retirés par l'amalgamation, 11 p. 100 restent dans les schammes, qu'on ne sait pas encore traiter, et, sur les 29 p. 100 qui restent, 20 à 25 sont donnés par la cyanuration.

Le prix de revient est très variable : il dépend des frais de premier établissement de l'usine et surtout de la consommation de cyanure, qui varie de $0^k,300$ à $0^k,600$ par tonne traitée; le zinc, contrairement à ce qu'on pourrait croire, ne représente guère plus de 1 p. 100 du prix de revient total, tandis que le cyanure entre à peu près pour 25 p. 100.

III

Le procédé Siemens et Halske, introduit à la Worcester Mine en 1894, semble appelé à remplacer avec avantage la précipitation par le zinc toutes les fois que l'or se trouvera en solution très diluée. — Il consiste à déposer l'or métallique au moyen d'un courant. La condition essentielle de l'opération étant une teneur parfaitement uniforme et homogène, on ménage un écoulement très lent, mais continu, de la solution dans les cuves de précipitation. Toujours à cause de la faible teneur, il est nécessaire d'employer un courant très faible, afin d'éviter une décomposition trop active de l'eau, décomposition qui accompagne forcément le dépôt d'or. Pour cette raison, les électrodes devront présenter une très grande surface, ce qui exclut tout d'abord le mercure. — Les anodes sont en fer, très peu attaqué par le bain; quant aux cathodes, on les forme de feuilles minces de plomb, sur lesquelles l'or se dépose en adhérant solidement; on a recours à la coupellation pour le recueillir. Dans ces conditions, les cuves de précipitation sont des bassins rectangulaires allongés, où les anodes et les cathodes forment des chicanes; les dimensions des cathodes sont de $0^m,60$ sur $0^m,90$, et il y a

(1) La moyenne des minerais du Witwatersrand tient 26 grammes d'or par tonne ; 16 grammes environ sont obtenus par amalgamation; 10 grammes par tonne subsistent par conséquent dans les tailings repris par le cyanure.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

261 feuilles de cette dimension par cuve, formant une surface totale de 145 mètres carrés. On fait passer un courant de 940 ampères, soit 6,5 ampères par mètre carré de cathode, à 7 volts. Avec un semblable courant, il suffit d'une puissance de 3 chevaux et demi pour une usine traitant 3000 tonnes de tailings par mois.

Outre l'avantage que ce procédé présente au point de vue de la limite très basse que peut atteindre la teneur des solutions traitées, avantage sur lequel on ne saurait trop insister à cause de l'économie qui résulte de cette faible teneur, on peut remarquer que l'extraction de l'or après dépôt est beaucoup plus aisée; que les feuilles de plomb chargées d'or sont séance tenante remplacées par des feuilles nouvelles, ce qui évite un maniement coûteux et des pertes obligées, et, qu'en résumé, le prix de revient, toutes choses égales d'ailleurs, est notablement moins élevé que dans la précipitation par le zinc. La méthode électrolytique paraît donc devoir recevoir son application dans le cas de produits plus pauvres encore que ceux traités jusqu'à ce jour.

IV

Suivant les mines, l'importance des quantités traitées, le relief du sol, etc., de légères variantes se sont introduites dans l'aménagement et l'emploi des installations créées pour traiter ces tailings.

A la Crown Reef Mine, les cuves de filtration sont des bassins rectangulaires en maçonnerie de briques et de chaux hydraulique, creusés dans le sol, et établis sur une aire de béton de ciment. Leur capacité est de 500 tonnes. Des rigoles ménagées sous le filtre, qui est garni de pierre cassée, conduisent le liquide à un puits central d'où part la conduite d'évacuation. Trois portes latérales en fer, à guillotine, servent au déchargement, tandis que des vannes, relevées à mesure que le remplissage s'effectue, laissent passer le trop-plein entraînant les schlammes.

Le traitement total des 500 tonnes qui constituent une charge dure six jours et emploie 400 tonnes de solutions de diverses teneurs, variant de 0,03 à 0,05 p. 100.

L'usine Simmer and Jack comporte cinq cuves en bois circulaires, de 600 tonnes chacune. Le traitement dure cinq jours.

A la Langlaagte Estate C^{y}, les bassins sont, comme pour la Simmer and Jack Mine, rectangulaires et creusés dans le sol. Pour les vider, on emploie des grues roulantes au moyen desquelles on replace sur leur châssis les caisses des wagons, qui sont auparavant déposées vides dans la cuve où des kafirs les remplissent à la pelle. Dans ces conditions, la vidange dure six heures.

En terminant, citons une variante du traitement récemment introduite et qui peut prendre un certain développement, surtout dans les contrées où l'eau est rare, comme dans l'Australie occidentale : c'est le *broyage à sec des minerais.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Effectuée au moyen d'une série de concasseurs Blake, et terminée avec des meules, cette opération a l'avantage de réduire la proportion des poussières impalpables : si l'on tamise soigneusement les produits après chaque broyage partiel, on trouve finalement que la proportion qui passe au tamis de 32 mailles au cmq. ne dépasse pas 10 p. 100 : la totalité étant amenée à passer au tamis de 4 mailles.

V

Quelles sont maintenant les réactions qui se produisent dans la série d'opérations qui viennent d'être sommairement résumées?

La réaction fondamentale sur laquelle repose la cyanuration peut s'écrire :

$$2Au + 4KCy + O + H^2O = 2K\,Au\,Cy^2 + 2KHO.$$

Le cyanure double ainsi formé est bien défini et susceptible de cristalliser nettement. L'or est ensuite déplacé de sa solution par le zinc, avec formation de cyanure double de zinc et de potassium.

Ces réactions sont anciennement connues. Le brevet de la Cie Mac-Arthur-Forrest vise spécialement trois perfectionnemects qui sont : l'emploi de solutions très diluées; — l'emploi de copeaux de zinc filiformes pour la précipitation; — enfin le lessivage préalable à l'aide d'un alcali.

La présence de l'oxygène paraît indispensable à la formation du cyanure double, ce qui justifie la formule.

L'action des acides décompose le cyanure de potassium et donne de l'acide cyanhydrique. D'après M. Feldtmann, ce composé attaque l'or en donnant le sel $AuHCy^4$, mais ce dernier corps est beaucoup plus difficile à précipiter par le zinc.

Le zinc, le fer, le cuivre et le nickel sont dissous par le cyanure; le cadmium et l'argent de même. L'étain, le mercure et le platine ne sont pas attaqués. Les sels d'argent, les oxydes et sulfures de cuivre sont dissous. Le fer métallique est attaqué à la longue. L'oxyde ferreux donne du ferrocyanure de potassuim.

La connaissance de ces réactions est nécessaire pour déterminer si tel minerai peut être ou non traité à bon compte par le cyanure. Tous les corps qui sont attaqués par le cyanure de potassium nuisent au traitement, parce qu'ils sont cause d'une consommation inutile.

Ainsi, les minerais d'argent chlorurés ou oxygénés, s'ils sont exempts de plomb, de cuivre et de fer, peuvent être traités. La majorité des minerais d'or et d'argent ne se prêterait pas à la cyanuration, à cause des divers composés métalliques qui les accompagnent.

La pyrite de fer correspond toujours à une perte. Nous avons dit que l'acide

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sulfurique formé devait être neutralisé par un lavage alcalin; presque toujours même, on procède à un premier lavage à l'eau. Il reste néanmoins dans la masse des sulfates fereux et ferrique et des hydrates de fer. L'hydrate ferrique reste inattaqué; l'hydrate ferreux donne du ferrocyanure de potassium. Quant aux sulfates, ils donnent lieu à une production de bleu de Prusse qui indique, à la seule inspection des cuves, que le lavage alcalin a été mal fait. Une partie de sulfate ferreux détruit deux parties et demie de cyanure; une partie de sulfate ferrique détruit une partie de cyanure.

Si nous passons à la précipitation par le zinc, elle semble devoir s'écrire :

$$2\,K\,Au\,Cy^2 + Zn = 2\,Au + K^2\,Zn\,Cy^2.$$

Mais elle est en réalité accompagnée de réactions bien plus complexes; il est probable qu'il se produit de l'oxyde de zinc :

$$Zn + 2\,H^2\,O = 2\,H + Zn\,H^2O^2$$

qui donne :

$$Zn\,H^2O^2\,4\,K\,Cy = Zn\,K^2\,Cy^4 + 2\,KH\,O,$$

Ce qui explique à la fois le dégagement d'hydrogène et le degré d'alcalinité croissant de la solution. Il se produit aussi du gaz ammoniac.

L'oxyde de zinc se combine en partie avec les alcalis pour donner des zincates. M. Feldtmann ajoute que le zinc contenu dans la solution après précipitation est, lui-même, précipité à l'état de sulfure par les sulfures alcalins que le cyanure donne en présence des sulfures métalliques. Ce fait expliquerait pourquoi le zinc n'augmente pas indéfiniment dans la solution, bien que ce soit toujours la même, qui, ramenée au titre voulu, repasse indéfiniment aux cuves de filtration.

En résumé, les causes de destruction du cyanure de potassium sont nombreuses : l'acidité des tailings, les métaux qui accompagnent l'or, le zinc et l'oxyde de zinc, — sans parler de l'oxygène de l'air, qui donne des cyanates —, sont autant de causes qui concourent à augmenter la consommation du réactif, dont le prix d'achat est l'élément principal des frais de traitement. Il convient donc, avant de traiter un minerai, de se rendre compte, par un essai spécial, de la proportion de cyanure qu'il consomme, et particulièrement de son degré d'acidité. Le titrage des solutions de cyanure s'effectue très rapidement par l'azotate d'argent, qui donne un cyanure double insoluble, ou mieux par l'iode en présence de l'empois d'amidon. Quant aux acides, on les neutralise par la soude caustique, en se servant de la teinture de tournesol.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS CHIMIQUES

NOTICES SUR LA CÉRAMIQUE

Sur la dilatation des pates et couvertes céramiques, par M. **H. Le Chatelier**, *Membre du Conseil.*

L'un des problèmes les plus délicats de la céramique est l'obtention de pâtes et couvertes qui s'accordent entre elles. Faute de cet accord, les couvertes tressaillent ou se soulèvent, amenant ainsi soit une rupture complète par la prolongation des fissures de la couverte à travers la pâte, soit au moins une défectuosité des couvertes qui diminue considérablement la valeur des pièces ainsi altérées. Pénétrée de l'importance de cette question, la Chambre syndicale des fabricants

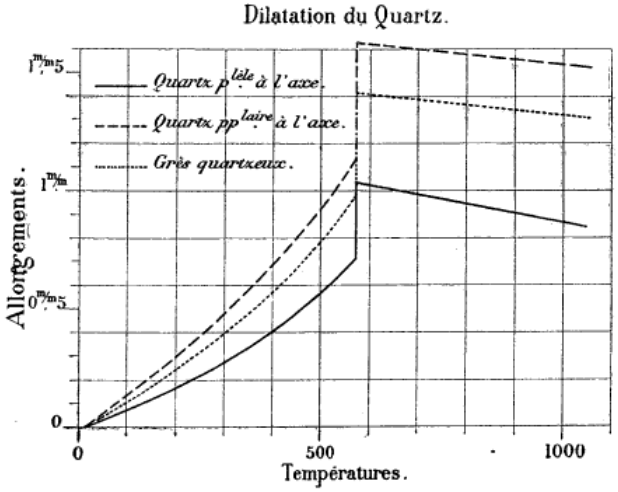


Fig. 1.

de porcelaine de Limoges a prié la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale de faire procéder à une étude scientifique des pâtes et couvertes céramiques au point de vue de leur dilatation sous l'action de la chaleur. C'est, en effet, de cette grandeur que dépend principalement l'accord ou le désaccord de ces pâtes et couvertes. Cette étude a été confiée à *M. Émilio Damour*, chef des travaux chimiques à l'École des mines et est actuellement en cours d'exécution.

J'ai eu incidemment l'occasion de m'occuper de la même question au sujet de recherches sur la constitution chimique des diverses variétés de la silice et de l'argile. Je n'avais pas jusqu'ici publié les résultats relatifs aux produits céramiques à cause du défaut de précision d'un certain nombre d'entre eux; peut-être ne sembleront-ils pas cependant dépourvus de tout intérêt en attendant la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

publication du travail de M. Damour, qui ne sera guère terminé avant un an. Le défaut de précision de mes recherches résulte de l'emploi de la méthode photographique qui, pour donner de bons résultats, exige la possibilité de faire les pointés sur les clichés au $\frac{1}{100}$ de millimètre. Or, souvent, mes clichés n'ont pas été assez nets pour se prêter à des mesures aussi précises. Pour le quartz seul, qui m'intéressait plus particulièrement, les expériences ont été recommencées autant de fois qu'il l'a fallu pour arriver à obtenir des clichés d'une netteté absolue.

Les résultats donnés ici sont rapportés à des tiges de 1 décimètre de longueur; les allongements sont exprimés en millimètres.

Silice. — Les expériences ont porté sur un certain nombre de variétés de

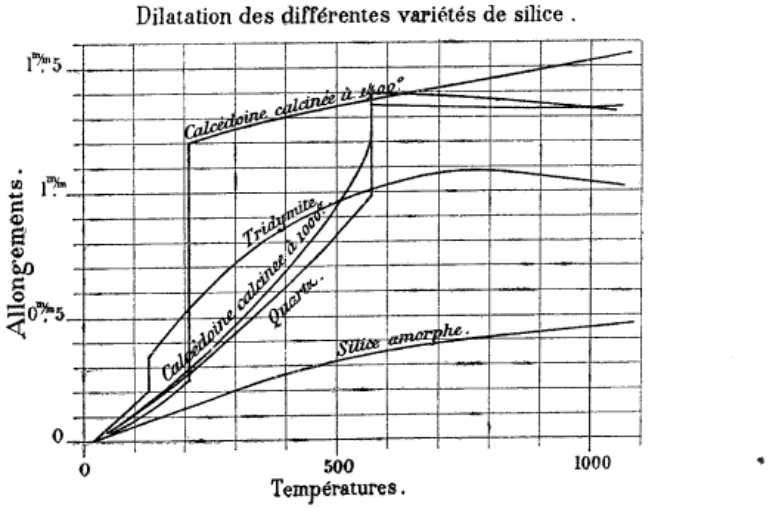


Fig. 2.

silice, et tout d'abord sur le quartz. Le graphique figure 1 donne la dilatation du quartz parallèlement à l'axe de son prisme hexagonal, perpendiculairement à cet axe, et enfin sa dilatation moyenne mesurée sur un grès quartzite dans lequel les cristaux très petits sont orientés dans tous les sens. Cette dilatation est identique à celle que l'on déduit par le calcul des deux précédentes.

Le graphique figure 2 donne la dilatation moyenne de différentes variétés de silice :

1° *Silex* chauffé plusieurs fois à 1000°, jusqu'à ce que la fissuration cesse d'augmenter de façon qu'après un nouveau chauffage, suivi de refroidissement, il reprenne sa longueur primitive. En dehors de cette condition les mesures d'allongement donneraient seulement la somme de la dilatation calorifique proprement dite et du gonflement permanent que prend le silex sous l'action de la chaleur. Ce gonflement permanent a varié, sur une tige de 1 décimètre, de 1 à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

4 millimètres suivant la nature du silex employé (agate, silex de la craie, bois fossile).

2° *Silex* chauffé dans un four de porcelaine à la température de cuisson de la porcelaine dure, soit 1 360°.

3° *Silice amorphe* obtenue en chauffant quelques heures à 1 500°, dans un creuset à acier, une brique de silice pour four à acier agglomérée avec 3 p. 100 de chaux.

4° *Tridymite*. Brique de même nature ayant séjourné un an dans un carneau

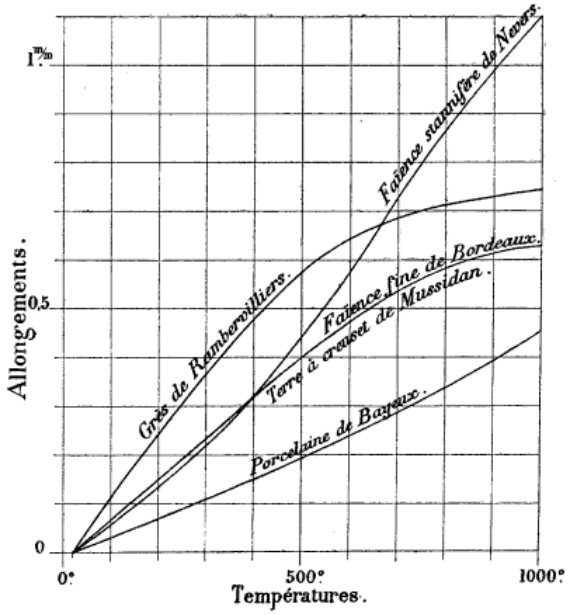


Fig. 3.

à oxyde de carbone d'un four Siemens. La transformation en tridymite était complète, et les cristaux très développés.

Toutes ces expériences ont été faites avec une assez grande précision; les dilatations relatives à la silice amorphe et à la tridymite présentent cependant encore une certaine incertitude par suite de la présence de la chaux employée comme agglomérant.

Le fait essentiel qui se dégage de ces mesures est que *toutes les variétés de la silice, autres que la silice amorphe présentent, à certaines températures, des changements brusques de dimensions qui devront se retrouver plus ou moins atténués dans les pâtes céramiques*, qui renferment toutes de la silice libre. Ces anomalies de dilatation sont la cause des difficultés que l'on rencontre pour obtenir l'accord des pâtes et couvertes. Celles-ci, étant des verres, ont toutes une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dilatation régulière croissant d'une façon continue avec la température et qui ne peut s'accorder avec la dilatation irrégulière des pâtes.

Le graphique figure 3 donne la dilatation d'un certain nombre de pâtes céramiques industrielles et de verres ou couvertes.

La *porcelaine* seule possède une dilatation croissant régulièrement avec la température; ce qui semble indiquer que la vitrification partielle de sa pâte a provoqué la transformation du quartz en silice amorphe. L'échantillon étudié provient de la tige d'un pyromètre fabriqué par la manufacture de Bayeux. La pâte était relativement peu cuite. Un échantillon de porcelaine de Saxe a donné une dilatation un peu plus faible : de 7 p. 100 environ.

Le *grès*, préparé avec de l'argile de Rambervillers (Vosges), avait été cuit au laboratoire. La température et surtout la durée de cuisson ont été inférieures à celles qui sont obtenues dans la cuisson industrielle. Il est probable que la majeure partie du quartz n'avait pas changé d'état; ce doit être là la raison principale de l'écart qui existe entre la dilatation de ce grès et celle de la porcelaine.

La *faïence* fine a été prise dans un fragment d'assiette provenant des usines de Bordeaux; l'argile à creuset était de l'argile de Mussidan (Dordogne), très pure, renfermant environ 10 p. 100 de quartz. Elle avait été cuite pendant trois heures dans un four à fondre l'acier à la température de 1 500°.

La *faïence* de Nevers a été préparée avec de la pâte provenant de l'usine Montandon à Nevers; elle a été cuite au laboratoire à 1 000° : température normale de cuisson de cette faïence. Sa dilatation élevée doit être attribuée à la présence de la chaux. La pâte de cette faïence renferme environ 1/4 de son poids de carbonate de chaux.

Les expériences faites sur ces diverses pâtes céramiques n'ont pas été exécutées avec une précision suffisante pour reconnaître les points anguleux qui doivent exister dans les courbes de dilatation des pâtes en raison de la présence du quartz dans la plupart d'entre elles. Ces données ne doivent donc être considérées que comme provisoires.

Les courbes de dilatation des *verres et couvertes* sont très régulières, et indiquent un faible accroissement du coefficient de dilatation avec la température, de telle sorte que les mesures de dilatation faites à la température ordinaire semblent devoir être suffisantes pour l'étude des couvertes, ce qui n'est pas le cas des pâtes.

Des expériences analogues sur les métaux ont montré que, pour la plupart d'entre eux, le coefficient de dilatation croissait avec la température, mais plus rapidement que pour les verres. C'est un fait dont il peut y avoir à tenir compte dans l'étude des émaux destinés à être appliqués sur métaux.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS CHIMIQUES

Les rouges de cuivre ou flambés sur porcelaine, par le professeur *Seger* (Extrait du *Sprechsaal*, n° 46 — 1890), par M. **G. Vogt.**

Bien que cette note ne soit pas absolument récente, les travaux publiés sur ce sujet sont si peu nombreux que je ne crois pas inutile d'en donner une traduction.

Le professeur Seger a entrepris ces recherches pour se rendre compte des conditions dans lesquelles se produit le rouge de cuivre sur la porcelaine.

La couverte qu'il a employée est composée du mélange de deux couvertes spéciales : 1° une couverte de faïence fine sans plomb, frittée, fusible à la température de fusion de l'argent, répondant à la formule $0{,}5\ Na^2O,\ 0{,}5CaO,\ 2\ SiO^2, 0{,}5\ Bo^2O^3$, faite en fondant au creuset :

Carbonate de soude pur	26,5
Marbre blanc	25,0
Quartz	75,0
Acide borique hydraté	31,0

2° Une couverte de porcelaine, que l'auteur considère comme la plus fusible qu'on puisse obtenir, de formule $0{,}3\ K^2O,\ 0{,}7\ CaO,\ 0{,}5\ Al^2O^3,\ 4\ SiO^2$, composée par simple mélange des matières suivantes finement pulvérisées.

Feldspath orthose	83,55
Marbre	35,00
Kaolin pur	25,90
Quartz	54,00

Si, à la couverte de faïence fine convenablement fondue, on ajoute 1 p. 100 d'oxyde de cuivre, qu'on broie intimement ce mélange et qu'on le porte au rouge naissant dans un creuset en porcelaine, placé lui-même dans un creuset en platine muni d'un couvercle à tubulure par laquelle on fait arriver dans l'appareil un courant d'hydrogène ou d'oxyde de carbone, l'oxyde de cuivre est réduit, la couverte n'arrive pas à fondre, elle ne fait que s'agglomérer, et prend une coloration rouge, due à la présence du cuivre qui a pris naissance.

Si, dans les mêmes conditions, on chauffe plus fort, par exemple jusqu'à la fusion de l'argent : maximum de ce que peut donner un bec Bunsen, la couleur rouge développée précédemment disparaît, et la couverte fondue alors a une couleur gris verdâtre. Si on refond dans un four d'essai spécial cette masse grise pulvérisée avec une certaine quantité de la même couverte additionnée d'un corps oxydant, soit 1 p. 100 de Fe^2O^3 ou SnO^2 ou d'un sulfate, le gypse par exemple, ou bien encore dans un courant d'air, on obtient un verre d'une belle couleur rouge.

Si l'on opère avec une couverte moins fusible que celle de faïence fine, par exemple avec une couverte faite de 25 de couverte de faïence contenant 1 p. 100 de CuO et 75 de la couverte de porcelaine indiquée ci-dessus, et qu'on la chauffe dans un courant de gaz réducteur à la température de fusion de l'argent, la masse se fritte à peine, et prend un ton gris. Chauffe-t-on plus fort sur un chalumeau à gaz, toujours en milieu réducteur, la masse fondue reste grise, et même, si on la chauffe ensuite en un milieu oxydant, elle

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ne se colore que légèrement en rougeâtre à la surface, l'intérieur restant gris.

Quand, à la place de l'hydrogène ou de l'oxyde de carbone, on emploie comme réducteur le gaz d'éclairage, les choses se passent différemment : les hydrocarbures se décomposent, et il se dépose sur les particules de couverte mise en expérience du charbon qui les enveloppe et qui les empêche de se réunir ensemble quand elles fondent. La couverte devient moins fusible, et reste poreuse à une température supérieure à son point de fusion ordinaire. Si l'on chauffe en courant d'air une masse réduite ainsi obtenue, le carbone déposé brûle, sa disparition lui permet d'entrer en fusion et la masse vitrifiée devient toujours dans ces conditions d'un beau rouge.

Après ces essais préliminaires, faits avec les appareils ordinaires des laboratoires, Seger en a entrepris d'autres dans un four spécial chauffé au gaz, présentant le dispositif général d'un four à porcelaine, et muni d'un récupérateur (1), il opère dans ce four sur de petites tasses en porcelaine, revêtue de la couverte faite de 25 p. 100 de couverte de faïence à 1 p. 100 de CuO et 75 de couverte de porcelaine. Quand on chauffe de ces porcelaines ainsi émaillées d'abord jusqu'au rouge naissant au plus, en un milieu oxydant, puis jusqu'à la fusion de l'or dans un milieu très réducteur contenant environ 10 p. 100 d'oxyde de carbone, si on tire alors du four un échantillon, on voit qu'il est totalement recouvert de charbon ; laisse-t-on à ce moment refroidir le four sans fermer le registre, pour y laisser passer pendant le refroidissement un courant d'air, la couche d'émail, qui n'est alors que frittée, devient rouge. Si l'on chauffe plus fort, dans les mêmes circonstances : par exemple, jusqu'à 1150° environ, la couverte fond, mais elle reste grise ; si on monte la température jusqu'à 1300° : température nécessaire pour bien cuire porcelaine et couverte, celle-ci devient plus ou moins rougeâtre ou brunâtre, mais jamais d'un beau rouge.

Quand on diminue la teneur en oxyde de carbone à 2 ou 3 p. 100, et qu'on opère comme précédemment, on n'obtient encore que du gris.

Mais si on cuit d'abord jusqu'à la fusion de l'argent en flamme fortement réductrice, puis jusqu'à demi-fusion de la couverte en alternant les feux oxydants et réducteurs : en faisant 5 minutes de réduction et 2 minutes d'oxydation, et, après être arrivé à cette semi-fusion de la couverte en feu oxydant, jusqu'à complète cuisson de la porcelaine, on obtient une belle couverte rouge.

Le feu oxydant, après que la couverte est entrée en fusion, peut durer 5 à 6 heures sans que la couleur rouge disparaisse. Pour bien réussir, la flamme doit pouvoir facilement pénétrer sur les pièces mises au four ; car il est nécessaire qu'elles se recouvrent de suie pour que le rouge se développe convenablement. Les combustibles comme le coke, qui ne donnent pas de suie par leur combustion, ne sont pas propres à l'obtention du rouge.

La nature de la couverte joue aussi un grand rôle dans la facilité plus ou moins grande de produire le rouge, et il est bon d'ajouter 2 p. 100, soit de Fe^2O^3 ou de SnO^2 à la couverte de faïence contenant déjà l'oxyde de cuivre.

Seger n'ajoute jamais plus de 0,5 à 1 p. 100 de Cu O dans les couvertes ; à la dose de 0,5 p. 100, la couverte donne un rouge opaque ; pour avoir de la transparence, il n'emploie plus que 0,10 à 0,15 p. 100 d'oxyde de cuivre.

Suivant la température de cuisson de la porcelaine avec laquelle on travaille, la couverte pour rouge doit contenir de 12 à 50 p. 100 de couverte de faïence fine.

(1) C'est ce four qui, légèrement modifié, est devenu en France le four Bigot, construit par la maison Wiessneg.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Plus la couverte est fusible, c'est-à-dire pauvre en silice, plus le rouge obtenu est beau; avec des couvertes riches en silice, il est difficile d'éviter les tons gris.

Les couvertes destinées à produire le rouge ne doivent pas être fondues avant leur emploi, parce que cette fusion leur enlève la porosité qui leur est nécessaire pour se bien recouvrir de charbon.

Mais, en tous cas, quelle que soit la composition de la couverte mise en œuvre, on ne produit le rouge qu'en suivant exactement la marche de cuisson indiquée ci-dessus.

Dans la fabrication en grand, voici comment l'auteur opère; lorsque les pièces ont été émaillées par immersion ou par insufflation, et qu'elles ont été mises dans leurs étuis disposés de façon à permettre l'accès de la fumée, il chauffe d'abord en feu oxydant; puis, quand le four s'éclaire, il fait produire aux foyers autant de fumée que possible, et cela jusqu'à ce que la couverte commence à se fritter; alors, à des intervalles rapprochés, mais toujours pendant un court espace de temps: par exemple tous les quarts d'heure, pendant 1 à 2 minutes, il rend le feu oxydant, puis il revient au feu franchement réducteur, et il alterne ainsi du réducteur à l'oxydant jusqu'à ce que la couverte se présente en une couche glacée et brillante; il continue ensuite jusqu'à parfaite cuisson en flamme qui peut être oxydante ou réductrice.

L'auteur ne voit pas cette marche applicable au four chauffé à la houille; mais, si l'on chauffe au bois, on peut toujours, en ouvrant les orifices de l'alandier, rendre la flamme oxydante, puis redevenir réducteur en les fermant; de plus, Seger estime que le bois, en brûlant, donne une fumée très propre à la fabrication des rouges de cuivre.

Porcelaine de *Seger* (Extrait du *Sprechsaal*, n° 26 — 1894), par M. **G. Vogt.**

M. Seger, en analysant des pâtes à porcelaines japonaises, a trouvé qu'elles contenaient plus de silice et moins d'alumine que les pâtes européennes. Malgré cela, la pâte japonaise est beaucoup plus plastique et plus solide après séchage que nos pâtes; ces propriétés ont amené l'auteur à conclure qu'elles contiennent une argile grasse plastique. Seger a pris, d'après ces vues, comme base de sa porcelaine, l'argile d'Ebernhahn (Hesse-Nassau) et a composé sa pâte de :

Argile de Ebernhahn	42
Feldspath de Norvège	27
Sable quartzeux	31

Cette pâte cuit à 1410° (1) (montre n° 10 Seger), cette température est basse si on la compare à celle qu'exigent les porcelaines ordinaires; soumise au feu de ces dernières, elle fond complètement. Si on le désire, on peut facilement durcir cette pâte en augmentant le sable et diminuant le feldspath. La couverte adoptée par Seger pour cette pâte répond à la formule $0{,}3\,K^2O,\ 0{,}7\,CaO,\ 0{,}5\,Al^2O^3,\ 4SiO^2$: elle est composée de :

Marbre blanc	17,7
Feldspath de Norvège	42,1
Kaolin pur de Zettlitz	13,0
Sable quartzeux	27,2

(1) Ou mieux 1300°, en se basant sur les recherches pyrométriques de M. Le Chatelier.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cette couverte se colore facilement en

Bleu foncé	par	3	p. 100	d'oxyde de cobalt.
Céladon foncé	—	2	—	d'oxyde de cuivre.
Brun	—	2	—	d'oxyde de nickel.
Brun jaune	—	5	—	de sesquioxyde de fer.
Vert	—	1	—	d'oxyde de chrome.
Jaune	—	5	—	d'oxyde d'urane.
Rouge Pinck	—	10	—	de Pinck n° 1.
Rose Pinck	—	6	—	de Pinck n° 2.

Il prépare ces pincks en calcinant en feu oxydant, au four à porcelaine :

	n° 1	n° 2
Oxyde d'étain calciné	50	50
Marbre blanc.	25	35
Quartz	8	»
Bichromate de potasse	8	4
Borax	4	4

C'est sur cette porcelaine, que M. Seger a fait les rouges de cuivre dont il est question dans le précédent article.

ARTS CHIMIQUES

Étude sur la trempe de l'acier, par M. *H. Howe* de boston (1).

(*Extrait* par M. **H. Le Chatelier**, *Membre du Conseil*).

L'acier au carbone éprouve sous l'action de la chaleur, aux environs de 700°, un changement brusque de toutes ses propriétés. Ce phénomène, découvert par Gore en 1869 et étudié avec plus de soins en 1873 par Barrett, est connu sous le nom de *Récalescence*. Le rôle de ces phénomènes dans la trempe de l'acier a été signalé en 1880 par Chernoff, et étudié avec plus de détails par Brinnel en 1885 et Osmond en 1888.

M. H. Howe s'est proposé de vérifier l'exactitude des faits avancés par ses devanciers, et surtout de préciser les relations existant entre les effets mécaniques de la trempe et la récalescence. Il donne une série de déterminations numériques qui viennent compléter les recherches plutôt qualitatives de ses prédécesseurs.

Ces expériences ont d'abord vérifié un fait déjà connu : que la récalescence est le résultat d'une transformation du carbure de fer, laquelle se produit dans un sens ou dans l'autre à l'échauffement et au refroidissement : c'est-à-dire, en gardant la notation de Brinnel, que la transformation au refroidissement V, ou récalescence, est exactement la réciproque d'une transformation W, qui s'est produite à l'échauffement, et qui se détruit par le refroidissement lent, tandis qu'elle est conservée à froid par la trempe.

Ces transformations se produisent, comme l'avait reconnu M. Osmond, dans un intervalle assez resserré de température, qui varie de 10 à 30° suivant la nature des aciers et les conditions du chauffage ; à chaque température, la transformation progresse avec une certaine vitesse définie, de telle sorte que la température moyenne de transforma-

(1) The Heat Treatment of Steel, by *Henry Howe*. Transactions of the American Institute of Mining Engineers. — 1893. — Chicago Meeting.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tion se déplace avec la rapidité des variations de température. Dans tous les cas, les points V et W sont situés de part et d'autre de la température de 700°, de sorte que cette température peut être considérée comme le point de transformation normale pour une variation de température infiniment lente.

Mais la partie la plus importante du mémoire de M. H. Howe est celle qui relate les essais mécaniques effectués sur des aciers trempés dans différentes conditions; les essais ont été faits sur des barreaux carrés de $0^m,008$ de côté.

Une première série, portant sur un acier très dur pour outils à 1,20 p. 100 de carbone, a eu pour objet de vérifier comment variait l'effet de la trempe avec l'avancement de la transformation de récalescence au moment de l'immersion dans l'eau. Les expériences ont été généralement faites au *refroidissement;* c'est-à-dire, qu'après avoir chauffé le métal à une température élevée, on le laissait refroidir jusqu'à la température de récalescence.

Estimation du degré d'avancement de la récalescence.	Angle de rupture.
Nul.	0°
Un quart.	0
Moitié.	2
Trois quarts.	5
Presque total.	10,5
Total.	58

Un essai semblable fait avec de l'acier à rail à 0,35 de carbone a donné des résultats analogues.

Température de trempe.	Angle de rupture.
670°	7°
657°	18°
635°	93°

La période de récalescence de cet acier était comprise entre 680 et 640° pour la vitesse de refroidissement considérée.

Dans le même ordre d'idées, le tableau suivant montre la rapidité avec laquelle croît la dureté de l'acier quand la température de trempe varie de quelques degrés seulement au voisinage de la période de récalescence maxima. Les expériences ont été faites ici au *chauffage.*

	Élévation de la température de trempe près de W.	Variation de l'angle de rupture.
Aciers durs : outils. .	5°	de 50 à 4°
Autre acier dur. . . .	5°	de 108 à 5°
Acier doux : outils. .	10°	de 85 à 12°
Acier à rail	5°	de 160 à 49°
Acier doux.	13°	de 197 à 36°

La température de trempe qui produit un effet déterminé n'est pas la même à l'échauffement et au refroidissement, en raison du retard à la transformation qui déplace celle-ci dans un sens ou dans l'autre suivant le sens de la variation de température.

	Angle de rupture après trempe à 707°.	
	Échauffement.	Refroidissement.
Acier dur : outils. . .	60°	0°
Acier doux : outils . .	50°	1°
Acier doux.	197°	18°

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En maintenant la température de trempe constante pendant un temps plus ou moins long, l'effet de la trempe varie au fur et à mesure que la transformation de récalescence devient plus complète, comme le montrent les expériences ci-dessous, faites sur un acier dur à outils, trempé pendant la période d'*échauffement :*

Température de trempe.	Durée du chauffage.	Angle de rupture.
707°	5′	60°
707°	30′	41°
714°	0′5″	34°
714°	0′30″	8°
714°	0′55″	4°

Les expériences suivantes ont été faites au refroidissement sur un acier à rail, chauffé primitivement à la température de 722° pendant un temps suffisant pour rendre la transformation de recalescence complète.

Température de trempe.	Durée du chauffage.	Angle de rupture.
670°	0′	7°
670°	30′	189°
657°	0′	18°
657°	3′	197°
635°	0′	96°
635°	5′	192°

En dehors de la période de récalescence, les résultats de la trempe semblent ne plus varier que très peu avec la température; au-dessous, la trempe serait nulle; au-dessus, elle serait complète, comme paraissent le montrer les expériences suivantes, faites par *échauffement* sur de l'acier à rail.

Température.	Angle de rupture.
1350°	0°
808°	1°
779°	2°
736°	3°
714°	de 10 à 60°
707°	de 40 à 180°
700°	180°
693°	180°
678°	180°

La conséquence de ces expériences serait donc : que *la trempe de l'acier dépend exclusivement de la transformation de récalescence*, qui se rattache aux changements d'état du carbure de fer. La trempe serait au contraire complètement indépendante des deux transformations qui ont été découvertes par M. Osmond, et qui se produisent l'une à 735°, l'autre à 850°.

Cela démontre l'inexactitude de la théorie de la trempe qui attribue la majeure partie des effets de celle-ci à la conservation de l'état du fer dit β, qui est normalement stable au-dessus de 850°.

Les expériences de M. Howe sont encore incomplètes sur bien des points; elles ont porté sur des aciers marchands quelconques, dont la composition n'est même pas indiquée; les séries d'expériences sont trop peu nombreuses. Une étude beaucoup

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plus complète a été faite récemment sur le même sujet au laboratoire de l'artillerie de marine, par M. Charpy, elle sera publiée dans un des prochains numéros du Bulletin de la Société d'encouragement.

ARTS CHIMIQUES

Sur l'acier au bore (*Note* de MM. H. Moissan et G. Charpy) (1).

L'étude d'une combinaison du fer avec de petites proportions de bore présente un grand intérêt au point de vue pratique et théorique. Les analogies qui existent en effet entre le carbone et le bore, et leur différence de volume atomique, rendaient en particulier ces expériences intéressantes en ce qui concerne les théories actuellement proposées sur la constitution des aciers.

M. Osmond (2) a étudié, par la méthode du refroidissement, un fragment de fer fondu dans le vide avec du bore adamantin, mais il ne donne pas l'analyse du métal ainsi obtenu; il conclut que le bore agit sur le fer comme le carbone en abaissant les points critiques, et, par suite, en facilitant la trempe. Au contraire, M. Arnold, reprenant cette question, n'a pu constater l'existence du bore dans du fer fondu en présence du bore adamantin; il estime que les deux corps ne sont pas susceptibles de se combiner dans les mêmes conditions que le fer et le carbone.

Nous avons pu préparer un alliage de fer avec une faible proportion de bore de de la façon suivante : du bore amorphe pur, chauffé avec du fer réduit dans un tube traversé par un courant d'hydrogène, a donné une fonte borée contenant environ 10 p. 100 de bore; ce borure de fer a été ajouté à de l'acier extra-doux préalablement fondu (1). Après une deuxième fusion, on a obtenu un lingot de plus de 2 kilogr. d'un alliage répondant à la composition suivante :

Bore	0,580
Carbone	0,17
Manganèse	0,30
Silicium, phosphore, soufre	traces.

Ce métal a pu être lanimé sous forme de barre cylindrique; il se forge aisément au rouge sombre, mais s'émiette sous le marteau s'il est trop fortement chauffé. D'une manière générale, il se travaille à peu près comme l'acier doux.

Essai par la méthode du refroidissement. — La courbe des vitesses de refroidissement aux différentes températures présente un point critique indiquant un dégagement de chaleur très marqué vers 1140°. On trouve également des points critiques, à peine indiqués, à 1040°, 830°, 730° et 660°. Ces trois derniers points semblent correspondre aux points a_1, a_2, a_3 que l'on rencontre d'ordinaire dans les aciers doux à des températures légèrement supérieures; mais ils sont beaucoup moins nets dans l'acier au bore.

« Le point de 1140° rappelle par son intensité le point correspondant à la récalescence dans les aciers durs; nous l'avons retrouvé d'ailleurs dans divers échantillons de

(1) Extrait des Comptes rendus de l'*Académie des Sciences* du 20 janvier 1895.

(2) Osmond. *Sur le rôle de certains corps étrangers dans les fers et les aciers* (*Comptes rendus*, t. CX; p. 242; 1890).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fonte au bore et de borure de fer tenant jusqu'à 10 p. 100 de bore. L'étude des courbes de refroidissement permet de constater nettement le déplacement du carbone par le bore, signalé par l'un de nous dans une note précédente. Le point de 670°, très accusé dans la fonte ordinaire au carbone, disparaît presque complètement après une fusion en présence du bore, et se trouve remplacé par le point de 1140°.

Essais mécaniques. — Des barrettes de 2 millim. d'épaisseur environ ont été découpées dans le métal et trempées à l'eau après avoir été chauffées à différentes températures. Dans ces barrettes, on a ensuite découpé des éprouvettes de traction de 4 millim. sur 2 millim. et 90 millim. de longueur entre repères. Ces éprouvettes ont été essayées sans subir aucun recuit. Le tableau suivant donne les résultats obtenus, ainsi que ceux relatifs à deux aciers au carbone traités d'une façon identique, et qui nous ont servi de termes de comparaison :

	Acier au bore.		Acier à 0,07 de C.		Acier à 0,37 de C.	
	Charge de rupture. kil. par m/m carré.	Allongement après rupture. p. 109.	Charge de rupture. kil.	Allongement après rupture. p. 100.	Charge de rupture. kil.	Allongement après rupture. p. 100.
Forgé et recuit. . .	46	11	33,4	22,7	55,3	16,1
Trempé à 800°. . .	85,6	5,1	34,8	15,2	92,4	2,7
— à 900°. . .	120	2,7	42,5	13,5	117,4	1,7
— à 1100° . .	129,5	3,1	»	»	»	»
— à 1200° . .	92,3	0,9	»	»	»	»

On voit, qu'au point de vue de l'élévation de la charge de rupture par la trempe, l'acier au bore se comporte comme un acier au carbone notablement plus dur, et que la diminution de l'allongement est moins marquée qu'avec ce dernier.

Mais il est surtout remarquable que la dureté de l'acier au bore n'augmente pas sensiblement par la trempe; les éprouvettes, qui ont donné 120 kilogr. et 137 kilogr. par millimètre carré à la traction, ont pu être découpées à la lime aussi facilement que les éprouvettes non trempées; pour l'acier à 0,37 p. 100 de carbone, au contraire, les éprouvettes trempées n'ont pu être façonnées qu'à la meule d'émeri, la lime se trouvant impuissante à les attaquer (1).

Conclusions. — D'après ces essais, on voit que *le bore communique au fer la propriété de prendre la trempe, mais une trempe spéciale correspondant à une élévation de la charge de rupture sans augmentation sensible de la dureté.* Son rôle est donc nettement distinct de celui du carbone. Ces résultats démontrent aussi combien il est nécessaire, dans les théories relatives à la trempe, de définir d'une façon précise les transformations obtenues, au moyen d'essais mécaniques variés.

ARTS CHIMIQUES

ÉTUDE SUR LA CONSTITUTION DES ALLIAGES MÉTALLIQUES, D'APRÈS LES MESURES DE FORCE ÉLECTROMOTRICE, par M. *Laurie*

(*Extrait* par M. **H. Le Chatelier**, *Membre du Conseil*).

M. Laurie, dans une série de mémoires (2) publiés par le *Journal de la Société chimique de Londres*, a cherché à déterminer la constitution chimique des alliages en

(1) Cette opération a été effectuée à l'usine Saint-Jacques de Montluçon, grâce à l'obligeance de M. Léon Lévy, directeur des forges de Châtillon et Commentry, auquel nous sommes heureux d'adresser nos remerciements.

(2) M. Laurie, *Journal de la Société chimique de Londres*, 1888, page 88; 1889, page 677; 1894, page 1030.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

utilisant la mesure de la force électromotrice qu'ils développent quand ils sont placés, dans une solution conductrice, en regard de celui des métaux constituant l'alliage qui est le moins attaquable aux acides. Nos connaissances sur les alliages sont encore tellement rudimentaires qu'il faut donner une grande attention à toute méthode scientifique nouvelle qui semble capable de fournir quelques données précises à leur endroit; et c'est précisément le cas de la méthode qui va être exposée ici. Si elle ne donne pas encore la solution complète pour tous les cas du problème de la constitution chimique des alliages, elle le fait, au moins dans quelques cas, d'une façon beaucoup plus précise que n'avaient permis de le faire jusqu'ici les autres méthodes employées dans le même but (détermination des résistances électriques, des densités, des fusibilités, des chaleurs de formation).

Le principe de la méthode est le suivant : deux métaux différents A et B, placés dans une solution conductrice, sont le siège d'une différence de force électromotrice déterminée, dont la mesure peut, par les méthodes usuelles de la physique, être faite avec une très grande précision. Si l'on vient à souder sur le métal le plus attaquable A un fragment plus ou moins considérable du métal B, qui constitue la seconde électrode, le couple formé par cette électrode complexe AB et le métal B aura, au début, une force électromotrice un peu moindre qu'avec le métal isolé ; mais il se produira entre les deux métaux soudés entre eux un courant local qui amènera la dissolution d'une certaine quantité du métal A le plus attaquable, et, en même temps, la polarisation du second métal. En même temps, aussi, la force électromotrice reprendra sa valeur primitive, ou, tout au moins, une valeur infiniment voisine. L'égalité rigoureuse n'est pas possible à cause de la dépolarisation spontanée qui se produit toujours quoique très lentement; cette égalité sera d'autant plus parfaite que le rapport de la surface du métal attaquable à l'autre est plus grand dans l'électrode complexe employée.

Ce fait a été vérifié par M. Laurie sur un couple zinc-cuivre dans une solution de chlorure de sodium, le cuivre étant enveloppé dans une pâte d'iodure cuivreux. Les deux métaux, pris isolément et opposés l'un à l'autre, donnaient une force électromotrice de $0^v,6$. En soudant au zinc une lame de cuivre d'une surface deux mille fois plus grande, la force électromotrice au début a été de $0^v,5$, et s'est élevée progressivement jusqu'à $0^v,57$. En même temps, une quantité notable du zinc s'est dissoute. Pour un rapport de surface de 1 à 100, la force électromotrice n'eût pas différé de celle du zinc seul d'une quantité supérieure aux erreurs d'expériences.

Au lieu d'employer deux lames soudées l'une à l'autre, on pourrait employer, comme électrode, un mélange de poudres métalliques des deux métaux; le résultat serait le même; c'est-à-dire, qu'il suffirait de mêler une très petite quantité de poudre de zinc à un excès de poudre de cuivre pour avoir la force électromotrice du zinc.

Si donc un alliage est constitué, comme cela arrive pour un grand nombre de mélanges de corps fondus ensemble, par la juxtaposition des cristaux de chacun des deux métaux alliés, la force électromotrice de ces alliages devra être la même que celle du métal le plus attaquable, autant du moins que la proportion de ce métal dans l'alliage ne sera pas trop faible.

Si, au contraire, il se forme une combinaison définie, cette force électromotrice ne deviendra égale à celle du métal pur que lorsque la proportion de ce métal dans l'alliage sera supérieure à celle qui correspond à la combinaison définie.

Si enfin les deux métaux fournissent des mélanges homogènes de composition variable, comme cela arrive dans les dissolutions, les verres, les mélanges isomorphes,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la force électromotrice variera vraisemblablement d'une façon continue avec la composition de l'alliage.

En théorie, cette méthode d'étude des alliages est très simple ; en pratique, son application présente certaines difficultés, dont la plus importante provient de ce que le phénomène observé dépend exclusivement de la composition de la couche superficielle de l'alliage qui est en contact avec le liquide, et non de la composition moyenne du fragment d'alliage employé. Les alliages ne sont pas homogènes, et surtout il se produit rapidement une altération considérable de la surface par la dissolution du métal le plus attaquable : dissolution indispensable d'ailleurs pour provoquer la polarisation du second métal. Il en résulte que, pour les alliages pauvres, la force électromotrice décroît avec le temps, et peut même, pour les teneurs inférieures à quelques centièmes, ne jamais présenter, même au début, la force électromotrice du métal pur. Il résulte de cette incertitude que, dans certains cas, on ne peut tirer des expériences aucune conclusion certaine. Enfin, il ne faut pas oublier que, pendant la solidification d'un alliage, il peut se former successivement des combinaisons ou mélanges très variés, et cette méthode ne peut donner que des indications relatives à l'existence des éléments les plus attaquables de l'alliage, sans rien indiquer sur leur proportion. On ne saurait donc, par l'emploi exclusif de cette méthode, prétendre résoudre d'une façon complète le problème de la constitution chimique des alliages.

Ces réserves faites, voici les résultats numériques des expériences de M. Laurie. Ils conduisent à classer les alliages en trois catégories :

Alliages à force électromotrice indépendante de la composition chimique.

Alliages à force électromotrice variant d'une façon continue.

Alliages à force électromotrice variant d'une façon discontinue.

Le passage de la première à la seconde catégorie laisse d'ailleurs place à une certaine incertitude pour les motifs donnés plus haut.

1re *Catégorie.* — Alliages à force électromotrice E constante :

		volts.
Étain-Bismuth.	Sn 0/0 = 100	E = 0,119
	= 50	= 0,119
	= 5	= 0,119

L'alliage étant plongé dans une solution de chlorure stanneux et le bismuth dans une solution de chlorure de sodium.

		volts.
Plomb-Bismuth.	Pb 0/0 = 100	E = 0,139
	= 5	= 0,134

L'alliage étant plongé dans une pâte de chlorure de plomb et le bismuth dans une solution de chlorure de sodium.

		volts.
Étain-Plomb.	Sn 0/0 = 100	E = 0,035
	= 99	= 0,015
	= 30	= 0,015

L'alliage étant plongé dans une solution de chlorure stanneux et le plomb dans une pâte de chlorure de plomb.

		volts.
Bismuth-Or.	Bi 0/0 = 100	E = 0,415
	= 5 une solution	= 0,412

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les deux métaux dans du chlorure de sodium.

		volts.
Argent-Or.	Ag 0/0 = 100	E = 0,117
	= 5	= 0,119

A la même catégorie, se rattachent sans doute les alliages suivants, qui ont donné, entre le métal pur et l'alliage à 5 p. 100, une différence de force électromotrice inférieure à 0v,03, c'est-à-dire, non pas nulle, mais encore assez faible : zinc-bismuth, zinc-cadmium, bismuth-argent, étain-antimoine, cadmium-plomb, cadmium-étain.

Il est vraisemblable que la majeure partie de ces alliages sont, à l'état solide, constitués par la juxtaposition de cristaux infiniment petits des métaux constituants. Pour certains d'entre eux, d'ailleurs, cette conclusion est conforme à celle que Matthiesen avait déduite antérieurement de ses recherches sur la conductibilité des alliages. Il y a pourtant un des alliages étudiés par M. Laurie pour lequel cette conclusion serait certainement inexacte : c'est l'alliage argent-or, dont la conductibilité électrique n'est nullement celle d'un mélange mécanique, et dont la fusibilité indique au contraire un mélange homogène de l'espèce des mélanges isomorphes.

2e *Catégorie.* — Alliages à force électromotrice variant d'une façon continue.

Cette manière de se comporter a été observée pour les alliages plomb-antimoine, plomb-argent et plomb-or. On serait conduit, dans ce cas, à supposer l'existence de mélanges homogènes.

3e *Catégorie.* — Alliages à force électromotrice variant brusquement.

Zinc-cuivre. — L'électrode de cuivre pur était noyée dans une pâte d'iodure cuivreux.

La force électromotrice est restée sensiblement constante, et égale à 0v,6, pour les alliages dont la teneur en zinc était comprise entre 100 p. 100 et 64 p. 100. En passant par cette dernière teneur, la force électromotrice est tombée brusquement de 0v,58 à 0v,09.

Si l'on remarque que la teneur de 64 p. 100 en zinc correspond exactement à la formule chimique simple $CuZn^2$, on peut, de ces expériences, conclure avec certitude à l'existence de la combinaison définie correspondante.

Étain-Cuivre. — Les alliages de ces deux métaux se comportent d'une façon analogue. Un couple constitué par un morceau d'alliage immergé dans une solution de chlorure stanneux et un morceau de cuivre dans du chlorure de sodium a donné une force électromotrice sensiblement constante et égale à 0v,56 pour toutes les teneurs en étain comprises entre 100 p. 100 et 39 p. 100. Pour cette teneur, qui correspond à la formule Cu^3Sn, la force électro-motrice est tombée brusquement de 0v,56 à 0v,12. Ces expériences prouvent d'une façon certaine l'existence, dans les bronzes, de la combinaison Cu^3Sn, qui avait été soupçonnée antérieurement, à la suite de recherches sur la densité, la conductibilité électrique et la fusibilité de ces alliages.

Étain-Or. — Cet alliage donne un changement brusque de force électromotrice : de 0v,1 pour la teneur en étain de 37 p. 100, qui correspond à la formule AuSn. L'existence de cette combinaison résulte également des recherches de conductibilité électrique de Matthiesen.

C'est pour les cas semblables de combinaisons définies que la méthode des forces électromotrices appliquée aux alliages donne les résultats les plus précis. Elle permettrait sans doute également de définir la composition exacte des combinaisons dont

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'existence semble bien certaine dans les alliages du nickel et de l'aluminium avec le cuivre.

Mais les déterminations expérimentales que nécessite ce mode d'étude des alliages ne peuvent guère être faites que dans des laboratoires scientifiques, par les soins des personnes familiarisées avec les recherches de précision. Malheureusement aujourd'hui, dans ces laboratoires, surtout en France, on affecte de dédaigner les recherches qui peuvent entraîner des conséquences pratiques; on est trop souvent tenté de mesurer la valeur scientifique d'un travail à son inutilité. Ce n'est pas ainsi que la science était comprise au début de ce siècle par Lavoisier, Berthollet, Chevreul et tant d'autres savants, dont les travaux ont eu une répercussion directe et immédiate sur les progrès de notre industrie nationale.

ARTS MÉCANIQUES

POSE MÉCANIQUE DES VOIES DE CHEMINS DE FER AUX ÉTATS-UNIS (1)

La pose mécanique des voies aux États-Unis (*Tracklaying by Machinery*) se fait en général de la manière suivante : on envoie les traverses et les rails de la voie en pose un peu en avant du train qui suit cette voie, et cela au moyen de transbordeurs portés par les wagons mêmes de ce train, au bout desquels ces traverses et ces rails sont livrés à l'équipe des poseurs de la voie, sans cesse suivie par le train et par les transbordeurs, à mesure que la voie avance.

On suit, dans cette opération, deux méthodes générales consistant : l'une à poser immédiatement toutes les traverses, l'autre à n'en poser que la moitié, la seconde moitié étant posée derrière le train par une équipe qui le suit. Cette dernière méthode, plus expéditive, donne en général de mauvais résultats, parce que le train dérange, à moins que l'on ne soit sur un terrain excellent, la voie à demi posée.

La machine à poser les voies de *Holman* se compose de deux séries de transbordeurs, en sections de 9 mètres de long sur $0^m,50$ de large, sur galets en fonte, attachés en encorbellement aux plates-formes du train, et disposés de manière à former deux voies continues de roulement tout le long et de chaque côté du train. Ces transbordeurs amènent les rails d'un côté de la voie, et les traverses de l'autre, sur un plan incliné suspendu par un câble, qui les avance à $0^m,50$ de l'avant du train, de sorte que l'équipe des poseurs de traverses se trouve d'un rail en avant de celle des poseurs de rails. Les rails se posent sur les traverses par une équipe qui les glisse à bout sur les rails précedents : une autre équipe fait l'éclissage.

Le wagon de tête du train, ou *pilote*, porte un châssis élevé, auquel sont suspendus les plans inclinés ou *chutes*, qui terminent les transbordeurs; et, sur ce châssis, se trouve le garde-frein qui commande les mouvemeents de la locomotive en arrière du train. Ce pilote porte aussi les pinces, boulons, éclisses, crampons, crics, etc., nécessaires aux équipes. Un train de 10 wagons : 6 pour les traverses, 3 pour les rails, 1 pour l'outillage, suffit pour porter le matériel d'une demi-journée de travail, nécessaire pour poser 1 200 mètres de voie. On peut, avec cette machine, poser de 2000 à 2400 mètres de voie

(1) D'après l'*Engineering News* du 3 janvier 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

par jour, et même 3 600 mètres avec 40 à 60 hommes, pourvu que l'on amène les traverses et les rails à l'avant du train assez vite et en bon état de pose. Cette pose comprend l'éclissage à deux boulons et la fixation des crampons, de manière que la voie ne puisse souffrir aucun dommage du passage immédiat du train de pose. Ce train suit le travail en avançant de 9 mètres à chaque pose d'un rail, et ne laisse rien derrière lui. Ce système permettrait d'économiser, sur les frais ordinaires de pose, de 150 à 600 francs par kilomètre de voie simple.

Comme exemples de voies posées avec cette machine, on peut citer les suivants :

Sur le Northern Pacific, en mars 1886 : 2 520 mètres posés complètement en 8 heures, avec 1 surveillant et 66 hommes distribués : 1° En avant de la machine, 1 chef pour l'équipe des traverses, 8 porteurs, 2 éclisseurs, 4 cloueurs, 1 préposé au plan incliné, 6 porteurs de rails, 2 niveleurs. 2° Sur le train : 2 hommes déchargeant les rails, 2 pour les pousser, 16 pour manœuvrer les traverses. 3° Derrière le train : 2 forgeurs, 8 cloueurs, 3 éclisseurs, 4 hommes pour bourrer les traverses, 4 pour les niveler, 1 pour porter les tirefonds. Avec une plate-forme parfaitement nivelée, on pouvait gagner 450 mètres par jour, et poser jusqu'à 100 sections par journée de 10 heures.

Avec une autre de ces machines, on a posé, sur le prolongement du Great Northern Railway vers le Pacifique, pendant les courtes journées de l'hiver de 1890-1891, en 82 jours, en moyenne 2 500 mètres par jour, puis 90 kilomètres en 25 jours. Dans les contrées boisées et incultes, la machine Holman peut, d'après M. Miller, ingénieur en chef du Great Northern Railway, poser 2 500 à 3 000 mètres de voie par jour, avec une équipe de 112 hommes et un train composé de six wagons de rails et neuf de traverses. Sur le Burlington and Missouri Railroad, une machine Holman posait 2 500 mètres de voie par jour avec 85 hommes, au prix d'environ 300 francs par kilomètre, et, d'après M. Wecks, on pourrait aller jusqu'à 5 kilomètres avec deux équipes de 41 hommes à l'avant de la machine et 44 à l'arrière.

La seconde machine, celle de *Harris*, se compose d'un train de wagons plates-formes ordinaires, de $10^{m},20$ de long, avec traverses sur lesquelles on pose, dans l'axe du train, une voie ordinaire, en franchissant les intervalles entre les wagons par des bouts de rails de $0^{m},45$ à $0^{m},50$ de long, éclissés sur les longs rails de manière à constituer dans l'axe du train une voie pratiquement continue. De chaque côté de l'axe des wagons à rails, se trouvent disposés des galets de 90 millim. sur 250 millim. de long, disposés de manière à constituer une petite voie de roulement de 610 millim. de large, de chaque côté de laquelle sont empilés les rails. Les transbordeurs pour traverses s'étendent, comme précédemment, tout le long du train, dont le pilote porte un avant-bec, ou plan incliné, à 6 mètres environ en avant du train et soutenu par des galets. Un train comprend, pour 1 600 mètres de voie, un pilote, 5 plates-formes, portant 72 rails chacunes, 5 plates-formes de 300 traverses chacunes, et 7 ou 8 wagons portant en tout 1 500 traverses. La manœuvre s'opère comme il suit : un homme, avec une pince, rejette sur les galets de la voie de $0^{m},60$ deux rails de chacune des deux plates-formes à rails ; 4 hommes les roulent jusqu'au pilote, où deux hommes les éclissent à deux boulons seulement, avec coins de dilatation entre leurs extrémités, puis s'écartent pour laisser filer sur l'avant-bec les 16 à 18 traverses accumulées pendant ce temps sur le transbordeur. Ces traverses sont ensuite disposées sur une longueur d'environ 18 mètres en avant du train. Après quoi, on roule sur l'avant-bec les quatre rails éclissés, que l'on pose ensuite sur les traverses, en les réunissant aux derniers rails déjà posés par un éclissage à un seul boulon ; huit hommes fixent et jaugent ces rails à 3 ou 4 crampons par rail, deux hommes

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

posent les coins de dilatation, deux autres posent les éclisses d'attente au bout des nouveaux rails, puis l'on reporte en avant les galets supports de l'avant-bec : après quoi, sur un signal du pilote, le train avance de 18 mètres, amenant l'avant du pilote à 2 mètres environ du bout des rails qui viennent d'être posés. Une équipe achève la pose de la voie ainsi que son alignement exact, etc., à l'arrière du train.

D'après M. Sweeney, ingénieur du Chicago Rhode Island Railway, qui a posé avec cette machine plus de 2000 kilomètres de voie, son emploi comporte une équipe d'au moins 100 hommes pour pouvoir poser au moins 3000 mètres par jour. Les éclisseurs de l'avant doivent pouvoir faire un éclissage à deux boulons en moins de 2 minutes 1/2, sous peine de tout ralentir. Le prix de la pose de 3000 mètres de voie par jour se décompose alors comme il suit :

Un chef d'équipe principal.	25 fr.	TOTAL : 1 245 fr.
Deux sous-chefs	30 —	
109 manœuvres à 10 fr..	1090 —	
Mécanicien et conducteurs du train.. . .	100 —	

soit environ 415 francs par kilomètre, où, en tenant compte de l'amortissement de la machine et des frais de manutention, chargement du train, etc., environ 420 francs par kilomètre : ce qui est d'un bon marché extraordinaire, surtout en tenant compte des prix, on le voit, très élevés de la main-d'œuvre américaine.

Ce même chemin de fer a posé 320 kilomètres avec la machine Holman, par petites sections qui n'auraient pas justifié l'emploi du système Harris : le travail lui est revenu à 515 francs par kilomètre ; mais il serait revenu au moins aussi cher par le procédé Harris, qui n'est guère applicable qu'aux longues sections d'au moins 160 kilomètres, posées sans arrêt d'approvisionnement. Les deux systèmes sont, partout où le terrain s'y prête (il faut un terrain peu accidenté, sans grandes courbes), plus économiques que le procédé ordinaire de pose, lequel reviendrait, en Amérique, et toutes choses égales, à environ 1 350 francs le kilomètre.

Dans la machine *Roberts*, les galets des transbordeurs disposés de chaque côté du train en section de $9^m,60$ de long, sont cemmandés, au moyen d'un moteur à vapeur monté sur le pilote, par des transmissions articulées et à embrayages de friction, qui préviennent tout accident en cas d'une résistance imprévue. L'équipe du train se compose de 7 hommes : 4 pour charger les traverses, 2 pour les rails, 1 pour manœuvrer le moteur. Sur le Northern Pacific, on a pu, avec cette machine et des équipes de 28 à 32 hommes en plus de celle du train, poser jusqu'à 2700 mètres en 6 heures. Sur le Chicago-Memphis, on arrive à 3200 mètres par jour, avec des rails de 30 kilogrammes au mètre et 1700 traverses par kilomètre. L'équipe est de 80 hommes, dont 36 en avant du train et 44 en arrière.

On voit que l'on arrive, par ces procédés mécaniques, toutes les fois que le terrain s'y prête, comme presque toujours en grande plaine, à poser les voies avec une rapidité très remarquable et une très faible dépense, G. R.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS MÉCANIQUES

LES ACCIDENTS DE MACHINES (1)

(Bibliographie)

On n'arrivera jamais à supprimer complètement les accidents de machines : il faut, en effet, toujours compter sur quelques causes réellement accidentelles, c'est-à-dire pratiquement impossibles à prévoir, et surtout sur l'imprudence presque fatale des hommes familiarisés par une longue habitude avec un danger toujours le même. Néanmoins, on peut affirmer que le domaine jadis si vaste des causes accidentelles se rétrécit de plus en plus, grâce à la meilleure installation générale des ateliers, moins encombrés et mieux éclairés, et aussi à l'emploi de plus en plus répandu des précautions recommandées par les publications des associations instituées pour prévenir ces accidents.

Parmi ces publications, l'une des plus complètes est celle de l'*Association de Mulhouse*, dont nous venons de recevoir la seconde édition pour 1895, et qui constitue une véritable encyclopédie de la matière. Nous allons passer rapidement en revue les six chapitres de cet important ouvrage.

Le premier chapitre s'occupe des *moteurs à vapeur hydrauliques et à gaz*. Après avoir exposé les précautions à prendre pour la mise en marche et pour se garer des pièces mobiles : régulateur, volant, balancier, etc., l'ouvrage indique la nécessité de *caler le volant après l'arrêt* du moteur, pour éviter le danger de voir la machine, principalement les machines à condensation, faire, sous l'action du poids de la bielle et de la manivelle, un demi ou trois quarts de tour, et occasionner ainsi des accidents aux ouvriers occupés dans l'atelier au nettoyage et au graissage des machines et des transmissions. Quant à l'arrêt même du moteur, il doit pouvoir se commander rapidement d'un point quelconque de l'atelier où se produit un accident; on y arrive facilement au moyen d'appareils électriques commandant à distance, par des électro-aimants, la fermeture de l'admission et du condenseur, ainsi que le frein à vapeur du volant.

Les moteurs à gaz exigent les mêmes précautions générales que les machines à vapeur, et certaines précautions spéciales pour la mise en train à la main. L'ouvrage indique l'un de ces appareils, assurément efficace; mais l'on construit aujourd'hui des mises en train automatiques, qui dispensent de tourner au volant, et qui rendent absolument inoffensif le départ des moteurs à gaz les plus puissants.

Le chapitre II, consacré aux *transmissions*, décrit en détail les précautions à prendre pour l'entretien, l'inspection, le graissage des arbres de couche. Quand la transmission est à plus de 4 mètres au-dessus du sol, le maniement des courroies devient dangereux; il faut employer des galeries, mais disposées de manière à ne pas obliger à se rapprocher trop des courroies en marche. Les échelles d'accès aux transmissions doivent être l'objet de détails spéciaux, énumérés et clairement illustrés dans ce chapitre. Quant au maniement des courroies, il ne peut, aux vitesses ordinaires de la plupart des transmissions, s'effectuer sûrement qu'au moyen de *monte-courroies*, par-

(1) *Collection de dispositions et d'appareils destinés à éviter les accidents de machines*. 1 vol. grand in-4 avec texte en français, en anglais et en allemand, et un atlas de 37 planches Paris, Gauthier-Villars, 1895; prix, 15 francs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mi les meilleurs desquels on peut recommnder ceux de *Biederman* et de *Baudoin*, dont la manœuvre est expliquée dans les plus grands détails. Il va sans dire que, partout où l'ouvrier doit en approcher, les arbres, manchons d'accouplement, etc., doivent, non seulement ne présenter aucune partie saillante, mais être enveloppés de gardes évitant tout contact. Il en est de même, *a fortiori*, pour les engrenages, qu'il faut entourer aussi complètement que possible. Quant aux *embrayages*, la condition essentielle, au point de vue de la sécurité, est que leur débrayage se fasse vite et complètement, dès l'origine de la manœuvre : les *embrayages électro-magnétiques* satisfont pleinement à cette condition; ils se desserrent complètement dès la rupture du courant, et peuvent en outre se manœuvrer à toute distance.

Les *appareils de levage :* treuils, tire-sacs, monte-charges, etc., donnent chaque année lieu à de nombreux accidents; parmi les nombreuses dispositions préventives indiquées au chapitre III, nous citerons les *freins automoteurs*, dont celui de *Mégy* est l'un des meilleurs; les douilles à graissage continu, empêchant le calage des poulies folles; l'emploi de commandes par transmissions hélicoïdales naturellement irréversibles; l'emploi de poulies ou tambours à gorge, moins brutaux que les roues à empreintes, l'emploi de manœuvres arrêtant automatiquement la cage aux fonds de courses et tant que les portes des étages ne sont pas fermées (*Schlumberger*), et celui de portes fermées automatiquement tant que la cage n'est pas devant elles. Les *parachutes* sont l'objet d'une étude particulièrement détaillée et intéressante. Les plus employés et les plus sûrs, bien qu'encore imparfaits, sont les parachutes à force centrifuge (*Heller*, *Otis*, etc.) que l'ouvrage décrit en indiquant minutieusement les précautions à prendre pour leur installation, leur manœuvre et leur entretien.

Le chapitre IV est consacré aux *machines* à *travailler le bois*, dont le danger est souvent très grand en raison de la rapidité de leurs outils et de la nécessité d'en approcher la main d'assez près. Ces machines doivent toujours être installées dans des ateliers bien clairs, sans encombrement, chauffés de manière que l'ouvrier n'ait jamais les mains engourdies par le froid : interdiction absolue d'habits flottants, blouses, etc., et de sabots, pouvant glisser sur le sol. La *scie circulaire*, particulièrement dangereuse, doit être solidement et exactement montée ainsi que son arbre, couverte entièrement en dessous de la table et en partie au-dessus, par des chapeaux à hauteur réglable à la main ou automatiquement suivant l'épaisseur du bois, et, dans les cas du sciage en travers, pourvue de pinces empêchant tout accident par retournement des blocs en travail. L'emploi de la scie à ruban, que l'on doit substituer toutes les fois qu'on le peut à la scie circulaire, est beaucoup moins dangereux : l'une des précautions essentielles à prendre est de recouvrir entièrement la poulie inférieure. Les raboteuses pour bois de faibles dimensions, ou *à blanchir les bois*, sont particulièrement dangereuses par la tendance du rabot à soulever le bois dès qu'on l'y force trop, et à le rejeter de manière que la main de l'ouvrier qui appuyait la planche retombe sur le rabot. On évite en partie ce danger en réduisant au minimum l'ouverture de la table au-dessus du rabot, et par l'emploi, qui n'est malheureusement pas toujours commode, de pinces ou de poussoirs dispensant de passer la main au-dessus du rabot. Les machines à moulurer, à rainer, etc., doivent également être l'objet de précautions nombreuses, fort bien expliquées dans ce chapitre.

Le chapitre V a trait aux *machines de l'industrie textile:* batteuses, ouvreuses, cardes, happeuses, peigneuses, bobineuses, bancs à broches, métiers renvideurs, métiers à tisser. Il décrit avec une clarté parfaite et un grand détail les appareils de sécurité

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

propres à chacune de ces machines, dont il serait impossible, en raison même de leur spécialité, de donner une idée suffisamment exacte sans le secours de figures.

Enfin, au chapitre VI, se trouvent décrits, sous le titre de *dispositions diverses*, un grand nombre d'appareils préservatifs d'ordre général, applicables dans tous les ateliers : comme les *couvre-engrenages*, les *garde-burins* pour les tours, les *garde-meules*, les *lunettes* et *masques de sûreté*, auxquels on pourrait ajouter les *masques respirateurs* contre les poussières, puis quelques appareils spéciaux pour les *hache-paille*, les *machines à papier*, le *maniement des liquides corrosifs*, les *épurateurs à gaz*, etc.

Le texte de cet ouvrage est complété par des planches extrêmement claires, où les appareils de sécurité sont indiqués en couleurs, de sorte que l'inspection seule des dessins suffit presque toujours à en faire comprendre le fonctionnement.

Il est incontestable que cet ouvrage est appelé à rendre les plus grands services : il devrait être constamment à la disposition de tous les chefs d'atelier.

G. R.

PROCÈS-VERBAUX

Séance du 25 janvier 1895.

Présidence de *M. Mascart*, Président.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

MM. Collignon et *Aimé Girard*, secrétaires, font le dépouillement de la correspondance.

M. Martin (Gilbert), rue Genin, 20, à Saint-Denis, propose un candidat pour les médailles d'ouvriers et de contremaîtres.

M. Guillot, 203, faubourg Saint-Martin, *Appareils pour remplacer les fers à repasser*, sollicite l'appui de la *Société d'Encouragement*. (Arts économiques.)

M. Le Maître (A.), 130, rue Saint-Maur, *Tableau pour salles de récréation*, demande un encouragement. (Construction et Beaux-Arts.)

M. Coret (Aug.), à Neuilly-sur-Seine, envoie sous pli un mémoire qu'il désire faire examiner par un électricien. (Arts économiques.)

M. Cotet, maréchal-ferrant au 3e escadron de la Garde républicaine, soumet à l'appréciation de la Société une sauterelle à détachement automatique pour longes d'écurie. (Comité d'Agriculture.)

M. le Président de la *Compagnie générale des Laits purs*, 47, rue Le Peletier, envoie une réclamation relative à la communication de M. Lezé, sur le lait concentré (séance du 11 janvier). (Renvoyée au Comité d'Agriculture.)

NOMINATION DE MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ. — Sont nommés membres de la Société :

Présentés par *MM. Haton de la Goupillière* et *M. Le Chatelier :*

M. Aguillon, inspecteur général des mines, professeur à l'École des Mines, 71, rue du Faubourg Saint-Honoré.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Le Verrier, ingénieur en chef des mines, professeur à l'École des Mines et au Conservatoire des arts et métiers, 12, avenue Bugeaud.

M. Chesneau, ingénieur au corps des mines, professeur à l'École des Mines, 18, rue des Pyramides.

M. Walkenaer, ingénieur au corps des mines, professeur à l'École des Mines, 218, boulevard Saint-Germain.

M. Roberts-Austen, professeur à l'École des Mines, et chimiste à la Monnaie royale de Londres.

M. Dumont, professeur d'exploitation de mines et de physique industrielle à l'Université de Louvain (Belgique).

M. Richet (Charles), professeur à la Faculté de médecine, 15, rue de l'Université.

M. Vogt, directeur des services techniques de la manufacture nationale de Sèvres.

M. Olry, ingénieur en chef des mines, 23, rue Clapeyron.

M. Oppermann, ingénieur en chef des mines, 2, rue des Arcades (Marseille).

M. Solacroup, ingénieur des ponts et chaussées, 56, boulevard Malesherbes.

M. Damour (J.), ingénieur conseil de la verrerie de Folembray, 11, rue Moncey.

M. Nicolas, maître de forges, à Conflans-Varigny (Haute-Saône).

M. Charpy, ingénieur au laboratoire de l'artillerie de marine, 16 *bis*, boulevard Morland.

M. Rolland-Gosselin, 30, avenue de Messine.

Société anonyme des hauts fourneaux, forges et aciéries de Denain et Anzin, à Denain.

Présentés par *MM. Carpentier* et *Le Chatelier :*

M. Harlé, ingénieur des ponts et chaussées, 12, rue Pierre-Charron.

M. Bovet (de), directeur de la C^ie^ de touage de la basse Seine, 33, quai Voltaire.

M. Blondel, ingénieur des ponts et chaussées, professeur à l'École des ponts et chaussées, 2, boulevard Raspail.

M. Le Chatelier, ingénieur en chef des ponts et chaussées, 95, rue de Rennes.

M. Le Chatelier, ingénieur des constructions navales, à Toulon.

Présentés par *M. Appert* :

M. Magnard (Émile), administrateur-directeur de la Société nouvelle des ateliers de construction de Fourchambault et Lapique, à Fourchambault (Nièvre).

M. Geoffroy, de l'usine Geoffroy et Delori, constructeurs de câbles électriques, 92, rue des Chasses, à Clichy (Seine).

Présenté par *M. Gustave Richard.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Bidermann (Jacques), ingénieur civil des mines, ingénieur de la maison Menier, arbitre près le tribunal de commerce, 4, rue du Bac.

Communications. — *M. C. Charpy*, docteur ès sciences, fait la communication suivante :

La trempe de l'acier. — *M. Charpy* rappelle succinctement les travaux les plus importants relatifs à la question de la trempe, et les résultats obtenus par Tchernoff, Gore, Barrett, Pionchon, Le Chatelier, Osmond, etc. Il montre la nécessité d'expériences nouvelles en vue d'éclaircir deux points en particulier : 1° Quelle relation y a-t-il entre le phénomène physico-chimique appelé *recalescence* et la variation des propriétés mécaniques de l'acier par la trempe; 2° Quelle importance présentent les dégagements de chaleur appelés par M. Osmond points critiques a_2 a_3, et qui se produisent, dans le fer, à des températures voisines de 745° et 860°?

Il décrit les essais effectués en vue d'élucider ces deux points. Ces essais comprennent l'étude mécanique de différents aciers trempés dans des conditions très variées, et que l'on s'est attaché à définir d'une façon aussi précise que possible.

1° *Métaux employés.* — Les métaux étudiés sont au nombre de 16. Ils comprennent :

1° Quatre aciers Martin, contenant respectivement 0,11, 0,35, 0,45, 0,75 p. 100 de carbone.

2° Douze aciers préparés spécialement pour ces recherches à l'usine Saint-Jacques à Montluçon avec des matériaux très purs, et formant trois groupes.

a. Aciers au carbone, nos 1, 2, 3, 4, contenant respectivement 0,09 0,06, 0,37, 0,65 p. 100 de carbone.

b. Aciers extra-doux, nos 5, 6, 7, 8, contenant environ 0,12 p. 100 de carbone, et respectivement 1 p. 100 environ de chrome, de manganèse, de nickel, de tungstène.

c. Aciers à 0,45 p. 100 de carbone, contenant respectivement environ 1 p. 100 de chrome, de manganèse, de nickel, de tungstène.

Ces métaux ont été soigneusement analysés et étudiés par la méthode du refroidissement; on a employé pour cela un appareil spécial donnant automatiquement, par enregistrement photographique, les courbes d'échauffement et de refroidissement.

Des projections montrent la disposition de cet appareil ainsi que des exemples des courbes obtenues dans différents cas.

2° *Appareil de trempe.* — Des éprouvettes d'essai découpées dans les différents métaux ont été trempées soit à l'huile soit à l'eau, après avoir été chauffées à des températures variables au moyen d'un four spécial. Ce four est chauffé par

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le passage d'un courant électrique dans des fils de platine; il est animé d'un mouvement de rotation autour de son axe pour chauffer également toutes les parties du barreau; la température est indiquée par un pyromètre Le Chatelier, et on la maintient constante en réglant le courant électrique au moyen d'un rhéostat. Quand le barreau est à la température voulue, on redresse le four verticalement, et le barreau tombe de lui-même dans le bain de trempe. Cet appareil fonctionne devant la Société.

3° *Appareils d'essai.* — Les qualités mécaniques des aciers diversement trempés sont définies au moyen d'essais de traction, de flexion et de choc. Les appareils de traction et de flexion ont été munis d'enregistreurs donnant automatiquement un diagramme de l'essai. L'appareil de choc est muni d'un dispositif qui permet de relever facilement l'angle de ployage après chaque choc.

Des projections montrent l'installation des différents appareils d'essai et des exemples des diagrammes représentatifs.

4° *Résultats obtenus.* — Ces appareils ont été appliqués à l'étude de barreaux pris dans les divers aciers et trempés soit à l'huile soit à l'eau, après chauffage pendant des temps variables à des températures variant de 600° à 1 000°. Le nombre considérable de chiffres qui résument ces essais empêche qu'on puisse les présenter en entier. Des projections montrent des graphiques interprétant quelques-unes des séries d'essai, notamment : l'influence de la température de trempe sur la charge de rupture à la traction, sur l'allongement à la traction, sur la charge qui produit une flèche déterminée à la flexion, sur l'angle de rupture à la flexion, sur l'angle de ployage au choc, etc. Tous ces graphiques mettent en évidence ce résultat très simple : que *la variation des propriétés mécaniques se produit toujours, d'une façon presque complète, dans un intervalle très étroit, autour de 700°*. Cela a lieu en particulier pour les aciers extra-doux, dans lesquels les points critiques a_2 et a_3 se produisent à des températures de 745° et 860°. Les transformations qui se produisent à ces températures n'ont donc pas d'influence sensible sur les propriétés mécaniques, qui varient principalement par suite de la transformation du carbone de recuit en carbone de trempe, laquelle se produit au point a_1.

Une série d'expériences spéciales conduit à considérer le point a_2 comme correspondant à une transformation du fer qui serait caractérisée par la présence ou l'absence d'une portion rectiligne dans les diagrammes d'essais mécaniques. D'autre part, des expériences dues à M. Curie conduiraient à admettre que le point a_2 correspond à une transformation qui influe surtout sur les propriétés magnétiques du métal.

5° *Conclusions.* — Pour tous les aciers étudiés, la trempe produit des modifications analogues : *augmentation de la charge de rupture, diminution de l'allongement, augmentation de la résistance à la flexion et au choc.* La grandeur de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ces modifications varie notablement avec la composition chimique du métal et avec la nature du bain de trempe; mais, dans tous les cas, elles se produisent presque complètement dans un étroit intervalle de température autour de 700°. D'une manière générale, on peut dire que, si le métal est chauffé au-dessous de 700°, on risque de ne pas le tremper, et que, en le chauffant au-dessus de 750°, ou au moins de 800°, on n'a plus grand'chose à gagner.

Ce résultat est important au point de vue pratique. Il montre que le phénomène élémentaire de la trempe est très simple, et que les difficultés à vaincre proviendront surtout des dimensions des pièces à tremper, qui font que les transformations restent souvent incomplètes.

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

Séance du 8 février 1895.

Présidence de *M. Mascart*, Président. — Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

MM. les Secrétaires font le dépouillement de la correspondance.

Une Société vient de se constituer à Paris sous le titre de *Société des Ingénieurs coloniaux;* elle a pour but de créer des relations techniques et amicales entre les ingénieurs français établis soit dans les colonies françaises, soit à l'étranger. *M. Courau*, ancien élève de l'École polytechnique, président de cette Société, en adresse les statuts à la Société d'Encouragement, en la priant de bien vouloir faire connaître aux lecteurs du *Bulletin* la Société nouvelle. (*Bulletin.*)

M. de Sales, auquel la Société d'Encouragement a accordé en 1894 un secours de 500 francs pour ses travaux sur l'éclairage aux huiles minérales, fait de nouveau appel à la générosité de la Société. (Arts chimiques.)

M. Bouvial, rue de Créteil, 7, à Alfort (Seine), sollicite de la Société le paiement d'une première annuité de brevet pour une forme métallique à élargir la chaussure. (Arts économiques.)

Nomination de membres de la Société. — Sont élus membres de la Société:

M. Bruneau, ingénieur des poudres et salpêtres, à Paris, présenté par *MM. le général Sebert* et *Fontaine.*

M. Pourcel, ingénieur civil des mines, présenté par *MM. Aimé Girard* et *Gustave Richard.*

M. Baclé, ingénieur civil des mines, présenté par *MM. Haton de la Goupillière* et *Gustave Richard.*

Le *Président du Comité central des houillères de France*, présenté par *MM. Bordet* et *Gruner.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Heilmann, ingénieur électricien, présenté par *M. Bordet*.

COMMUNICATIONS. — *M. Dybowski*, professeur de culture coloniale à l'Institut national agronomique, fait la communication suivante sur le *Caoutchouc, sa culture, sa production spontanée, sa diminution, sa culture au Congo*.

Parmi les nombreux produits que nos industries tirent des régions équatoriales, un des plus indispensables, à cause de la multiplicité de ses applications, est assurément le caoutchouc.

Toutes les régions chaudes du globe renferment dans leurs forêts des arbres d'essences très diverses, appartenant souvent à des familles végétales très éloignées les unes des autres, mais donnant tous un lait dont, par la coagulation, on extrait le caoutchouc.

Le commerce de cette matière première, qui ne s'est développé que depuis la seconde moitié de ce siècle, a pris de nos jours une extension considérable. Et la demande devenant chaque jour plus grande, les recherches dans les forêts sont devenues plus multipliées et plus âpres aussi. Tandis que, au début, on se contentait de saigner arbres ou lianes donnant le précieux produit, de nos jours, les indigènes, insouciants de l'avenir, abattent les plantes pour en extraire de suite tout ce qu'elles contiennent.

Si l'on n'y prend garde, rapidement on verra toutes les forêts d'arbres à caoutchouc disparaître. Déjà, aux Indes, la production spontanée a diminué d'une façon effrayante : déjà, dans toutes les forêts des régions facilement accessibles de la côte d'Afrique, les lianes ont été détruites, et il faut s'enfoncer chaque jour davantage pour trouver le précieux produit.

Il est temps d'assurer l'avenir d'une production devenue indispensable. Or, il n'y a pas à songer à édicter des interdictions ou des pénalités s'appliquant à la destruction des arbres des forêts difficilement pénétrables et affranchies de tout contrôle. Un seul moyen peut être préconisé : la plantation d'arbres produisant un caoutchouc qui, coagulé méthodiquement, fournira une substance pure, exempte de toutes les fraudes pratiquées par les indigènes des diverses régions.

On vient d'essayer au Congo la culture d'un arbuste qui donne de rapides et brillants résultats. Le caoutchoutier de Céara peut, en effet, dans ces régions, quand il est cultivé par une méthode spéciale, fournir dès les premières années un produit considérable et de première qualité.

M. Dybowski demande que les méthodes qu'il indique soient propagées ; que des jardins d'essai soient créés dans chaque colonie, et que des semences et des plants soient distribués à tous les colons qui veulent se livrer à cette importante production.

M. le Président remercie *M. Dybowski* de sa très intéressante communication qui sera renvoyée au Comité d'Agriculture.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LIVRES ET OUVRAGES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE

EN FÉVRIER 1895

Le service chronométrique à l'Observatoire de Genève et les concours de réglage, par L. GAUTIER, directeur de cet Observatoire. 1 vol. in-18 de 168 pp. A Genève, chez A. Schuchart. (Arts mécaniques.)

Recueil des publications de la Société havraise d'études diverses, 2e, 3e et 4e trimestres de 1894. Le Havre, imprimerie Micaux.

L'Électro-Aimant, par S. P. THOMSON, traduction de E. *Boistel*. 1 vol. in-8 de 570 pp. Paris, J. Fritsch.

Étude historique et statistique sur les moyens de transport dans Paris, par M. A. MARTIN, *ministère de l'Instruction publique et des Beaux-Arts*. Imprimerie nationale, 1894. 1 vol. in-8 de 460 pp.

Neuvième rapport annuel du « Commissioner of Labor » : **Sur les associations de construction et de location aux États-Unis.** 1 vol. in-8 de 700 pp. Washington.

Les assurances ouvrières en Allemagne, par M. MAURICE BLOCK. 1 brochure in-8 de 130 pp. Ch. Guillaumin, 1895.

Traité des machines-outils, par GUSTAVE RICHARD. 1 vol. grand in-4 de 550 pp. et 3 000 gravures. Paris, Baudry, 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LITTÉRATURE

DES

PÉRIODIQUES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIÉTÉ

Du 15 Janvier au 15 Février 1895.

DÉSIGNATIONS ABRÉGÉES DES PUBLICATIONS CITÉES (1)

D., Décembre. *Janv.*, Janvier. *Fév.*, Février.

Ag. . . . Journal de l'Agriculture.
Ac.. . . . Annales de la Construction.
Acp. . . . Annales de Chimie et de Physique.
Ai.. . . . Annales industrielles.
AM. . . . Annales des Mines.
Ap. . . . Journal d'Agriculture pratique.
APC . . . Annales des Ponts et Chaussées.
At. . . . Annales télégraphiques.
Bam . . . Bulletin technologique des anciens élèves des écoles des arts et métiers.
Btp. . . . Bulletin du ministère des Travaux publics (statistiques).
Ci. . . . Chronique industrielle.
Co.. . . . Cosmos.
CN. . . . Chimical News (London).
Cs.. . . . Journal of the Chemical Society (London).
CR. . . . Comptes rendus de l'Académie des Sciences.
Dp. . . . Dingler's Polytechnisches Journal.
E. . . . . Engineering.
EaM. . . . Engineering and Mining Journal.
EE.. . . . Eclairage Électrique.
El.. . . . Electrician (London).
Elé. . . . L'Électricien.
Eg. . . . Journal de l'Éclairage au gaz.
Ef.. . . . Économiste français.
Es.. . . . Engineers and Shipbuilders in Scotland (Proceedings).
Fi . . . . Journal of the Franklin Institut (Philadelphie).
Gc. . . . Génie civil.
Gh. . . . Bulletin de Géographie historique.
Ic, ... Ingénieurs civils de France (Bulletin).
Ie. . . . Industrie électrique.
Im.. . . . Industrie minérale de Saint-Étienne.
IME. . . . Institutions of Mechanical Engineers (Proceedings).
In. . . . Inventions nouvelles.
Ln. . . . La Nature.
MoC. . . Moniteur officiel du Commerce.
Ms. . . . Moniteur scientifique.
N. . . . Nature (anglais).
Pc. . . . Journal de Pharmacie et de Chimie.
Pm . . . *Portefeuille* économique des *machines*.
Rgc.. . . Revue générale des chemins de fer.
Rgds. . . Revue générale des Sciences.
Ri. . . . Revue industrielle.
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 (Bulletin).
Sfp . . . Société française de photographie (Bulletin).
Si. . . . La Science illustrée.
Sic. . . . Société internationale des Électriciens (Bulletin).
Sg. . . . Bulletin de la Société de géographie.
SL. . . . Bulletin de statistique et de législation.
USR. . . Consular Reports to the United States Government.

(1) Exemple, Ri 22 *D.* 505 doit se lire *Revue Industrielle*, 22 Décembre 1894, page 505.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

Alumine. Présence et répartition dans les plantes (André). *CR.* 11 *Fév.* 289.

Betteraves annuelles (Les). (Grandeau). *Ag.* 2 *Fév.* 173.

Bétail (Aliments concentrés du) (Grandeau). *Ap.* 7 *Fév.* 199.

— (Engraissement et élevage du) en Illinois. *Ap.*, 17 *Janv.* 86.

Céréales. La culture du blé. (Chassant). *Ag.* 9 *Fév.* 213.

Cultures dérobées d'automne (Sagnier). *Ag.* 19 *Janv.* 81.

Engrais. Valeur agricole du phosphate d'alumine du Grand-Connétable *CR.* 11 *Fév.* 337.

Fourrages. L'Atriplex Semibaccatum (Grandeau). *Ap.* 24 *Janv.* 123.

— Le Tac Fu. (E. Martin). *Rs.* 2 *Fév.* 144.

— Graines du Coula (Soudan Français.) *CR.* 28 *Janv.*, 200.

Lait, Beurre et *Fromage.* Conservation des beurres. *Ln.* 16 *Fév.*, 181.

— Approvisionnement en lait de quelques villes suisses et allemandes (Saillard). *Ap.* 24 *Janv.*, 139.

Labourage électrique (Essais de). *Elé,* 9 *Fév.* 89.

— (Le) (Ringelmann). *Ap.* 17 *Janv.* 89.

Mécanique agricole. Essais des machines agricoles (Debain). *Ap.* 24 *Fév.*, 133.

— Les brise-tourteaux (Ringelmann). *Ap.* 31 *Janv.*, 7 *Fév.*, 176, 213.

— Soutireuse rotative Borel. *Ln.* 9 *Fév.*, 173.

— Les machines agricoles au Concours de Paris. *Ag.* 16 *Fév.*, 255.

Mûrier. Maladies du (Prunet). *CR.*, 28 *Janv.*, 222.

Pomme de terre. (Essai sur la culture de). *Ag.* 9 *Fév.*, 219.

Semences. Contrôle du pouvoir germinatif des plantes produites à la ferme (Dumas). *Ap.* 31 *Janv.*, 182.

Vigne. Les vins de Californie jugés par des experts français. *USR. Janv.*, 120.

— Installation électrique de l'établissement vinicole Puech et Baudouin. *Elé.* 2 *Fév.*, 65.

— Traitement du mildew par le lisotage (Sipière). *CR.* 28. *Janv.*, 220.

CHEMINS DE FER

Accidents, en Angleterre 1894. *E.* 18 *Janv.*, 87.

Acier. Emploi de l'acier dans le matériel des chemins de fer (Andri). *Rgc. Fév.* 57.

Combustible dépensé par les chemins de fer français. *Rt.* 10 *Janv.*, 17.

Construction de la ligne d'Argentan à Mantes. *Rgc. Fév.* 14.

Essieux. Résistance des essieux en acier. *E.* 15 *Fév.* 202.

Locomotives Express Worsdell du North Eastern. *E.* 2 *Fév.* 147.

— Méthode nouvelle pour déterminer le rendement des (Serron). *Co.* 2 *Fév.* 304.

Monographies. Chemin du Djelling (Inde). *Co.* 9 *Fév.* 333.

Signaux. Manœuvres électriques des (Dumont et Baignères). *Elé.* 19 *Janv.*, 33.

Statistiques des chemins algériens et tunisiens en 92. *Rgc. Fév.*, 68.

— Recettes des chemins français en 93. *S. L. Janv.*, 47.

— Les subventions fédérales aux États-Unis. *Ef.* 16 *Fév.*, 202.

Voitures nouvelles du Paris-Orléans (Polonceau). *Rgc., Janv.* 3.

Voie étroite. Chemins à (Acworth) *JA.* 15 *Fév.*, 291.

TRANSPORTS DIVERS

Cableways Brunot-Heurschen. *Ri.* 19 *Janv.*, 25.

Tramways électriques et au câble de Burgenstock. *E.* 1 *Fév.*, 137.

— A canalisation souterraine en Amérique. *EE.* 26 *Janv.*, 145.

— De Buda-Pesth. *Gc.* 26 *Janv.*, 204. *APC. Déc.*, 617.

— Les tramways électriques (Dawson). *E.* 8 *Fév.* 167.

— Essais des stations centrales de. *EE.* 12 *Janv.*, 70.

— Flèches dans les lignes à Trolly. *EE.* 12 *Janv.*, 76.

— *De la Seine.* Résultats d'exploitation 1892. *S. L. Oct.*, 201.

Vélocipèdes. Étude sur les (Borane) *Bam. Janv.*, 53.

— Salon du Cycle. *In.* 20 *Janv.*, 69.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Voitures électriques Janteau. L'énergie électrique. 16 *Janv.*, 101.
— A pétrole Tentig. *Co.* 19 *Janv.*, 231.

CHIMIE ET PHYSIQUE

Argon. Nouveau constituant de l'atmosphère. *CR.* 4 *F.* 235. *CN.* 1, 8 et 13, *Fév.* 51, 67 et 79. *Rs.* 16 *Fév.*, 193. *N.* 7 *Fév.*, 337, 347, 355. *Rgds.* 15 *Fév.*, 92.
Acides azotique et azoteux. Dosage des quantités très faibles, Lunge et Linoff. *Ms. Fév.*, 117. *Cs.* 31 *Janv.*, 67.
— Les azotates mercuriques (Varet) *ScP. Janv.*, 65.
— phosphorique. (Utilisation des résidus du molybdène et dosage de l'). (Borntrayer). *Ms. Fév.*, 122.
— Estimation de l'acide phosphorique soluble dans une dissolution de citrate dans les scories de déphosphoration. *Cs. Janv.*, 69, 70.
Analyses et **laboratoire**. Méthode pour la recherche systématique des métaux de Koning. *Ms. Fév.*, 89.
— Appareil de laboratoire pour distillations fractionnées. *ScP.* 5 *Fév.*, 108.
— Soupape de sûreté pour trompe à eau. (Berlemast). *ScP.* 20 *Janv.*, 33.
— Application des vibrations sonores à l'analyse de deux gaz de densités différentes (Hardy). *CR.* 11 *Fév.*, 300.
Bismuth. (Sulfate de). Préparation (Ditte). *CR.* 28 *Janv.*, 186.
Borure de fer Préparation du (Moissan). *CR.* 28 *Janv.*, 173.
Brasserie et Malterie. Perfectionnements apportés par MM. Broch et C°. Bulletin de la Société de Mulhouse. *Janv.*, 23.
— Mousses des houblons. *Cs.* 31 *Janv.* 52.
— Les levures hautes et basses. *Cs.* 31 *Janv.*, 53.
— La raffinose dans les bières. *Cs.* 31 *Janv.*, 54.
— Brasserie de 4 000 hectolitres par an. *Gc.* 19 *Janv.*, 24.
Céramique. Four à émailler. Kegler. *E.* 1 *Fév.*, 110.
— Moufle Furbunger. *E.* 1 *Fev.*, 163.
Chaux, Ciments et **Mortiers.** Le ciment de Portland. *E.* 25 *Janv.*, 123. 6 et 8 *Fév.*, 157, 186.
Chaux. Coefficient de dilatation des ciments (Keller). *Cs.* 31 *Janv.*, 37.
— Évaluation du marle pour les ciments hydrauliques (Lunge). *Cs.* 31 *Janv.*, 37.
Chrome (Dosage du) (Stead). *MS. Fév.*, 110.
Caoutchouc. Préparation dans l'Afrique orientale. *Cs.* 31 *Janv.*, 81.
Crème de tartre et ses substitués (Wadman). *Cs.* 31 *Janv.*, 61.
Distillerie agricole du Ceffo (Barbet). *Rt.* 25 *Janv.* 31.
— (Progrès de la). *Dp.* 5 *Fév.*, 115.
Électro-Chimie. État actuel de l'industrie, électro-chimique. *Elé.* 9 *Fév.*, 90.
L'État naissant (Andrews). *CN.* 16 *Fév.*, 80.
Explosifs. Progrès récents. Fabrication et emploi (Wekzham). *MS. Fév.*, 143.
— Recherches sur les explosifs modernes. Machab et Ristori. *MS. Fév.*, 148.
— Sans fumée. *E.* 18 *Janv.*, 84.
— Caractère explosif des dérivés sodiques. et potassiques de la nitrométhane. *N.* 31 *Janv.* 328.
Fermentations. Assymétrie et. (Fischer). *Rgds.* 30 *Janv.*, 53.
Ferrocyanures (Fabrication des) (Readman). *Cs.* 31 *Janv.*, 36.
Fusion (Détermination des points de) à la température incandescente. (Riddle et Lomb). *Ms. Fév.*, 82.
Gaz. Synthèse industrielle des hydrocarbures éclairants (Lewes). *CN.* 18 *Janv.*, 27.
— Appareils au gaz et au pétrole de l'American Oil and Gaz Furnace C°. *Rt.* 10 *Janv.*, 15.
— Aux États-Unis. *Rs.* 2 *Fév.* 517.
— Bec incandescent Welsbach. *Cs.* 31 *Janv.*, 16.
— Distillation des Coaltars (Kohln). *Cs.* 31 *Janv.*, 23.
Graisses. Les graisses et les corps gras (Thorn). *Cs.* 31 *Janv.*, 42.
— Les graisses alimentaires (Fintz). *Cs.* 31 *Janv.*, 79.
Glycérophosphates (Essais des). *Cs.* 31 *Janv.*, 60.
Liquéfaction des gaz (Dewar). *N.* 14 *Fév.*, 364.
Nickel et cobalt. Détermination dans les solutions de chlorures (Oettel). *Cs.* 31 *Janv.*, 69.
Noir animal Analyse rapide du (Horne). *CN.* 25 *Janv.*, 42.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Noir animal. Séparation quantitative du (Villiers). *Pa.*, 15 *Fév.*, 175.

Papier. Fabrication du parchemin (Lotter). *Cs.* 31 *Janv.*, 51.

— Effet de la pression sur la résistance à la rupture et le clivage (C. Beadle). *ScP. Janv.*, 83.

— Applications de la cellulose Little. *Cs.* 31 *Janv.*, 59.

— Fabrication au Japon. *Si.* 2 *Fév.*, 151.

Phosphates (Dosages du fer et de l'alumine dans les). *Acp.* 1er *Fév.*, 99.

— Superphosphates. Industrie des. (Leval). *Am. Janv. Fév.*

Poids moléculaires des liquides. Application aux hydrocarbures (Guye). *ScP. Janv.*, 34.

Pyromètres pneumatiques (les). *E.* 15 *Fév.*, 208.

— Karlonder. *Cs.* 31 *Janv.*, 66.

Peptones (Falsification des) du commerce. (Hugounencq), *Pc. Fév.*, 178.

Soude. Lacs sodés du Wyoming. *Cs.* 31 *Janv.*, 3.

— (Fabrication des bicarbonates de). (Carthaus). *Ms. Fév.*, 17.

— Raffinés, *Cs.* 31 *Janv.*, 36.

— Abaissement du point de congélation des dissolutions étendues de chlorure de sodium (Ponsot). *CR.* 11 *Fév.*, 317.

Sucrerie (État actuel de la) (Horsin Deon). *ScP. Janv.*, 85.

— Industrie du sucre à Cuba. *USR. Janv.*, 111.

— Une sucrerie péruvienne. *USR. Janv.*, 80.

— Essoreuse continue Stewart. *Cs.* 31 *Janv.*, 14.

— Organismes producteurs du sucre et de l'alcool. *Cs.* 31 *Janv.*, 47.

— Purification des jus par l'électrolyse (Javaux). *Cs.* 31 *Janv.*, 51.

— Évaluation de la richesse des gommes (Dalen). *Cs.* 31 *Janv.*, 48.

Teinturerie. Action de la lumière sur les couleurs. *ScP. Janv.*, 85.

— Les ocres (Gin). *Bam. Fév.*, 122.

— Recherches des matières colorantes naturelles et artificielles dans les tissus (Lehn et Rusterholtz). *Cs.* 31 *Janv.*, 74.

— Mordançage de la laine par le chrome. *Ms. Fév.*, 94.

Teinturerie. Matières colorantes. Brevets divers. *Cs.* 31 *Janv.*, 25.

— Magenta (Formation du) dans le développement du noir d'aniline sur le coton. *Cs.* 31 *Janv.*, 7.

Titane. Préparation et propriétés (Moissan). *CR.* 11 *Fév.*, 290.

Vernis (Analyse des). *Cs.* 31 *Janv.*, 78.

Zinc Dosage volumétrique des sels de zinc. (Barthe). *ScP. Janv.*, 82.

COMMERCE ET ÉCONOMIE POLITIQUE

Assurance. Formes nouvelles (Fix). *Rs.* 9 *Fév.*, 170.

Cartels en Allemagne (Blondel). *RSo.* 1er *Fév.*, 256.

Chambres de commerce (les). *Ef.* 16 *Fév.*, 200.

Crise monétaire aux États-Unis. *Ef.* 2 *Fév.*, 129.

Commerce extérieur de la France en 1894. *SL. Janv.*, 28.

Génération (Durée d'une). *Ef.* 2 *Fév.*, 131.

Homestead (le) en France. (Levasseur). *RSo.* 1er *Fév.*, 226.

Main-d'œuvre (la) aux colonies françaises. *Ef.* 2 *Fév.*, 133.

Mines (les) et la petite épargne (Delacroix et Rambaud). *RSo.* 1er *Fév.*, 251.

Monnaies fabriquées en France depuis 1883 à 1895. *SL. Janv.*, 33.

Population de France. Mouvement intérieur de la (Turquan). *RSo.* 16 *Janv.*, 150; 16 *Fév.*, 308.

Socialisme (*Le*). (P.-L. Beaulieu). *RSo.* 1er *Fév.*, 201.

— La liberté et le devoir social (Picot). *RSo.* 1er *Fév.*, 214.

— Syndicats industriels pour limiter la production en France (Claudio Jannet). *RSo.* 16 *Janv.*, 121.

— Le progrès social par l'initiative privée (Rostand). *RSo.* 16 *Fév.*, 278.

— La question du travail en Amérique et aux colonies (G. Draye). *SA.* 8 *Fév.*, 234.

CONSTRUCTIONS

Ateliers : lavoirs en ciment (Monier). *Ac. Janv.*, 5.

Détermination des forces intérieurs d'un pan de charpente par la méthode statique de Reuther. *Ac. Fév.*, 30.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Fer (Protection du). *E.* 18 *Janv.*, 73.
Ponts de la Tamise. *E.* 18 *Janv.*, 75.
Tunnel de Blackwell. *E.* 8 *Fév.*, 167.
Vent (Action du) sur les fermes et les ponts. *Ac. Janv.*, 9.
Voûtes. Tension des tirants. *Ic. Déc.*, 878.

ÉLECTRICITÉ

Accumulateur. au chlorure de plomb. *EE.* 12 *Janv.*, 74.
— Brevets expirant en 1895. *El.* 18 *Janv.* 339.
— Étude (des Darriens). *Elé.* 9 *Fév.*, 81.
Canalisations Doulton. *EE.* 2 *Fév.*, 217.
Décharge au travers du gaz (J. Thomson). *N.* 31 *Janv.*, 330.
Distribution. Les transmissions électriques (Siemens). *Rgds.* 30 *Janv.*, 75.
— Transport et distribution de l'électricité à grande distance par courants continus (Dumont, Baignères et Lencauchez). *Ic. D.*, 760.
— Transmission électrique (Jervier). *Rs.* 10 *Janv.*, 4.
Dynamos. Théorie et calcul des moteurs asynchrones à champ tournant (Legrand). *EE.* 12-19 *Janv.*, 56, 99.
— Les moteurs synchrones (Blondel). *Ic.* 10 *Fév.*, 45.
— Dynamo Riordon, 25 *Janv.*, 133.
— Détermination des courbes des alternateurs inaccessibles (Fleeming). *El.* 15 *Fév.*, 461.
— Continues de la maison Cail. *Ic.* 10 *Fév.* 34.
Éclairage. Projecteurs (pouvoir éclairant des) (Tchikoleff). *EE.* 12 *Janv.*, 2 *Fév.*, 149. 193.
— Température de l'arc et du soleil (Wilson et Gray). *RSL.* 22 *Nov.*, 32.
— Diffusion de la lumière des arcs. *El.* 19 *Janv.*, 41.
— L'arc électrique (Ayrton). *El.* 19 *Janv.*, 15 *Fév.* 335, 471.
— Lampe à arc (Mountaine et Carew). *E.* 25 *Janv.*, 133.
— Lampe à arc Doubrava. *E.* 1er *Fév.*, 153.
— Éclairage public par les lampes à arc (Blondel). *Gc.* 2, 9 et 16 *Fév.*, 212, 228, 244.
Électrolyseurs. (Circulation dans les). *EE.* 2 *Fév.*, 221.
Galvanomètre extra-sensible Thomson. *EE.* 19 *Janv.*, 136.
Magnétisme. Table des valeurs magnétiques (Rossen). *Ic.* 25 *Janv.*
Piles (Sur les). *EE.* 2 *Fév.*, 225.
Rayons cathodiques. (Détermination des) (Kowalsky). *CR.* 14 *Janv.*, 82.
Relais polarisé Lloyd. *EE.* 12 *Janv.*, 71.
Résistances spécif. du cuivre et de l'argen (Fitzpatrice). *EE.* 12 *Janv.*, 90.
Stations centrales en France, au 1er *Janv.*, 95. *Ic.* 25 *Janv.*
— Canalisations électriques de Paris. *EE.* 19 *Janv.*, 97.
— Amsterdam. *E.* 1er *Fév.*, 145.
— Utilisation du vent pour la production de l'électricité. *Elé.* 2 *Fév.*, 74.
— Triphasée de Chemnitz. *El.* 15 *Fév.*, 464.
Télégraphie. Attaque des lignes télégraphiques et des canalisations d'eau et de gaz dans les lignes de tramways électriques (G. Servier). *Ri.* 10 *Janv.*, 4.
— Mission télégraphique à El Goléa (Voisenat). *At. Sept.*, 379.
Téléphonie. Perturbations aux environs des courants variables (Piérard). *EE.* 19 *Janv.*, 121.
— Evolution du tableau téléphonique. *E.* 1 *Fév.*, 153.
— Protecteur pour bureaux centraux. *Elé.* 2 *Fév.*, 67.
— (La) aux États-Unis (de la Touanne). *At. Sept.*, 421.
Transformateur. (Pertes dans les) à courants continus (Wilson). *El.* 15 *Fév.*, 462.
— (Chambres de). *El.* 15 *Fév.*, 476.

GÉOGRAPHIE

L'Arménie russe et le commerce anglais. *SA.* 8 *Fév.*, 225.
Novobrosky. *Bulletin de la Société de géographie commerciale. Janv.*, 25.
Pekin (Child) *SA.* 2 *Fév.*, 207.

GUERRE

Nouveau matériel Turpin. *Gc.* 19 *Janv.*, 187.
Transformation de la fortification par les progrès de l'artillerie. *Rt.* 10 *Janv.*, 19.
Canons Nordenfeldt. *E.* 15 *Fév.*, 203.
Perforation des plaques de blindage (Valtier). *CR.* 21 *Janv.*, 136.
Cartouches Maxim. *E.* 15 *Fév.*, 229.
Les armes à feu américaines en Allemagne. *USR. Janv.*, 93.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

HYDRAULIQUE

Aménagement des chutes de l'Avre à Servoz. *Gc.* 26 *Janv.*, 195.
Barrages-Réservoirs aux Indes. *Gc.* 26 *Janv.*. 201.
Compteurs d'eau Kant. *In.* 5 *Fév.*, 114.
Distributions d'eau de Yokahama. *Gc.* 2 *Fév.* 215.
— Système Emig. *Eam.* 26 *Janv.*, 81.
— De Scutari. *Ac. Fév.*, 18.
Drainage du Zuydersee. *E.* 18 *Janv.*, 67.
Siphon automatique Miller. *E.* 1er *Fév.*, 159.
— De Clichy-Asnières. *Ac. Janv.*, 2.

HYGIÈNE

Assainissement électrique des maisons (Hermite). *Elé.* 9 *Fév.* 85.
Combustion des gadoues. *Gc.* 9 *Fév.*, 231.
— Fours Schneider et Healy. *E.* 9 *Fév.* 196.
Collecteur de poussières Jouanny. *Gc.* 19 *Janv.* 187.
Désinfection des locaux Laveran et Vaillard. *Pc.* 1er *Fév.*, 113.
Épuration des eaux spontanée. *Pc.* 15 *Janv.*, 74.
Procédé Hening. *Fi. Fév.*, 125.
Étuves Le Blanc pour désinfection par vapeur sous pression. *Rs.* 10 *Janv.* 19.
Lavoir public à Brescia. *Ln.* 26 *Janv.*, 131.

MARINE. NAVIGATION

Aubes propulsives à pénétration tangentielle Goujon. *CR.* 4 *Fév.*, 243.
Batellerie. Bateaux à moteur à gaz comprimé Mather. *Rt.* 25 *Janv.*, 25.
— Amélioration du matériel (Mas). *Gc.* 19 *Fév.*, 177.
— Touage de Bovet, canal souterrain de Pouilly. *Apc. D.*, 577.
— Canal de Chicago au bassin de l'Illinois. *Gc.* 16 *Fév.*, 246.
Gouvernail Harfield. *E.* 18 *Janv.*, 100.
Marine de guerre. Marine française. *E.* 1er *Fév.*, 155.
— Cuirassé russe *Amiral Oushakoff*. *E.* 23 *Janv.*, 116.
— des États-Unis. *Rs.* 26 *Janv.*, 108.
Pêcheries. Industrie française des pêches maritimes (Roché). *Rgds.* 15 *Fév.*, 109.
Sauvetage (bateau de) à vapeur *City of Glasgow*. *E.* 18 *Janv.*, 75.
Steamers du London and South Western Ry (Havre à Southampton). *E.* 15 *Fév.*,209.
Transatlantiques (Les premiers). *E.* 1 *Fév.*, 175.
— Les passagers. *E.* 1 *Fév.*, 155.

MÉCANIQUE

Accouplements élastiques Desrosiers Guillaume Arnoux. *Sie. Janv.* 18, *Ie.* 10 *Fév.*, 49.
Aérostats. Aéroplane Maxim. *Ri.* 16 *Fév.*, 61.
— Exp. sur les cerf-volants (Hargrave). *E.* 15 *Fév.*, 221.
— Nouvelles expériences d'Otto Lilienthal. l'Aéronaute. *Fév.*, 27.
Bielles (dissimétrie des). *Bam. Janv.*, 50.
Butée à billes. Alder. *E.* 15 *Fév.*, 229.
Chaudières *tubulées* Hamilton. *E.* 9 *Fév.*, 95.
— marines. *E.* 15 *Fév.*, 222.
— *tubulaire* à surchauffeur Badère. *Bam. Janv.*, 44.
— *Express* Simpson. Mackie. *E.* 25 *Janv.*, 134.
— Donald. *E.* 18 *Janv.*, 100.
— *mi-tubulaires* (Chauffage des). *Bam. Fév.*, 105.
— *Calorifuges.* Emploi du liège. *Bam. Fév.*, 113.
— *Essais* de Thomson. *E.* 9, 16 *Fév.*, 193.
— de l'Exposition de Francfort. *EE.* 2 *Fév.*, 207.
— *Explosions* des chaudières domestiques. *E.* 15 *Fév.*, 213.
— *Explosions* de chaudières. *E. Fév.*, 157.
— *Fumivorité* pour les feux interrompus, industries chimiques (Foster). *Cs.* 31 *Janv.*, 9.
— Foyer fumivore Kossuth. *E.* 1 *Fév.*, 164.
— Essai de 2 fumivores. *Bulletin de la Société de Mulhouse. Nov.*, 415.
— Concours de Berlin. *Ri.* 2, 9, 16 *Fév.*, 42, 54.
— *Foyers gazogènes* Pinkney. *E.* 1 *Fév.*,160.
— à pétrole. Tyers. Peacock Trapp. *Cs.* 31 *Janv.*, 17, 18, 21.
— *Écumeur* et circulateur d'eau Geddes. *E.* 1 *Fév.*, 147.
— *Entretien* des chaudières Lefebvre. *Bam. Janv.*, 1.
— *Injecteur* Meurchin. *E.* 18 *Janv.*, 99.
— *Soupape de sûreté* Fowler. *E.* 25 *Janv.*, 125.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Compresseur à air direct Evans. *E.* 18 *Janv.*, 94.
Déformation des métaux Hartmann. *Ln.* 2 *Fév.*, 155.
Embrayages à friction (les) (Biderman). *Pm. Janv.* 1 *Fév.* 26.
— (Étude des). *Dp.* 18 *Janv.*, 49.
Essoreuses électriques (Boistel). *Elé.* 16 *Fév.*, 97.
Graisseurs pour bielles Bangs. *E.* 15 *Fév.*, 217.
— Wilcox. *Rc.* 19 *Janv.*, 29.
— Dorian. *Pm. Janv.*, 10.
Horlogerie. La montre américaine (Duncan). *Fi. Fév.*, 81.
Humidité de la vapeur. Sa détermination (Unwin). *E.* 15 *Fév.*, 225.
Levage. Palan Carr. *E.* 15 *Fév.*, 229.
— Cric à billes. Robinson et Norton. *E.* 18 *Janv.*, 91.
— Élévateurs pour navires Thomson. *E.* 15 *Fév.*, 229.
— Monte-charge hydraulique de la gare Montparnasse. *Pm. Fév.*, 18.
Machines-outils. Emboutisseuses Fox. *E.* 25 *Janv.*, 133.
— Fabrication des chaînes. Klatte. *Ri.* 26 *Janv.*, 33.
— Fraiseuse Huré. *Ci.* 10 *Fév.*, 66.
— Raboteuse pour lames de jalousies Robinson. *E.* 8 *Fév.*, 189.
— Riveuse Pigott. *E.* 18 *Janv.*, 99.
— Presses à mouler. *Dp.* 8 *Fév.*, 125.
Paliers Von Pitler. *E.* 15 *Fév.*, 229.
Moteurs à gaz Scott. Bellamy. *E.* 25 *Janv.*, 128, 133.
— Bilbault. *Ci.* 27 *Janv.*, 42. Dawson. *E.* 18 *Janv.*, 79.
— Pour bateaux Mather. *Gc.* 26 *Janv.*, 194.
— Utilisation du gaz de hauts fourneaux Thwaites. *Ri.* 9 *Fév.*, 57.
— *A pétrole* Jahn. Wagnitz. Konig. Kappel. Otto. List. Neukirsh. Richardson et Norris Moosdorf. *Dp.* 18, 25 *Janv.*, 82, 56, 1er *Fév.*, 108. Capitaine. *Ri.* 2 *Fév.*, 41.
— *Animés* (Thurston). *Fi. Fév.*, 100.
Moteurs à vapeur.
— *Cylindre isolant* Thurston. *Gc.* 26 *Janv.*, 200.
— *Distribution* Robinson. *E.* 15 *Fév.*, 230.
— Maschall et Joy (Girard). *Bam. Fév.*, 156.
— Porter. *E.* 18 *Janv.*, 71.
Moteurs à vapeur.
— Espace nuisible : influence sur le rendement (Bissell). *R.t.* 25 *Janv.*, 42.
— *Purgeur* d'eau de condensation Turnbull. *Ri.* 2 *Fév.*, 48.
— (*Régularisation* des) (Sankey). *E.* 8, 15 *Fév.*, 189, 197.
— Richardson, *E.* 15 *Fév.*, 207.
— Calcul des régulateurs (Consentius). *Bulletin de la Société d'encouragement de Berlin.* 7 *Janv.*, 23.
— Adler, Mac Evan, Dalis. Cooper, Conrady, Proell. *Dp.* 8 *Fév.*, 121.
— *Stuffing-box* métalliques Manuel. *E.* 1 *Fév.*, 164.
— *Surchauffée* Schmit. *E.* 25 *Janv.*, 113.
Parallélogrammes. Description de la ligne droite par tiges articulées (Bricard). *Gc.* 26 *Janv.*, 205.
Transmission à courroies Von Pitler. *E.* 15 *Fév.*, 229.
Tissage (métiers de). *Dp.* 1er *Fév.*, 97.
Travail des pièces prismatiques soumises à une traction excentrique (Mesnager). *Gc.* 16 *Fév.*, 253.

MÉTALLURGIE

Bronzage (le). *En.* 5 *Fév.*, 123.
Coke (Fours à), à récupération des sous-produits. Smeet-Solvay. *Ri.* 21 *Janv.*, 19.
— (Fabrication du). *Dp.* 1er *Fév.*, 112.
Cuivre. Production en 1894. *Eam.* 19 *Janv.*, 50.
Fer et acier. Fonderie d'acier Hadfield. *E.* 8 *Fév.*, 165.
— L'acier au bore (Moissan et Charpy). *CR.* 21 *Janv.*, 125.
— Les pièces de forge en acier (Keep). *E.* 15 *Fév.*, 202.
— Tableau de l'analyse des minerais de fer (Morgan). *Ms. Fév.*, 123.
— État du carbone dans l'acier (Mathewman). *Eam.* 26 *Janv.*, 80.
— Expériences sur un ferro-tungstène (de Bennevale). *Cs.* 31 *Janv.*, 39.
— Fabrication du fer aux États-Unis. *In.* 5 *Fév.*, 100.
— Aciers pour outils de l'usine Pouteloff. *Ru. D.*, 305.
— Utilisation des gaz de hauts fourneaux (Arth). *Scl.* 5 *Fév.*, 154.
— Corrosion du fer et de l'acier. *E.* 8 *Fév.*, 182.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Fer et acier. Solubilité des scories basiques. *NC.* 15 *Fév.*,82.
— *Fontes* (Essais des). (Keep). *E.* 25 *Janv.*, 1er *Fév.*, 131, 161.
— (Mélangeur de). *Rc.* 16 *Fév.*, 68.
Or. Procédés au cyanure du Witwatersrand (Eissel). *Cs.* 31 *Janv.*, 38. *Gc.* (P. Willems). 16 *Fév.*, 225, 241.
— Électrolyse des sels d'or au Transwaal (Andréoli). *Elé.* 19 *Janv.*, 38.
— Exploitations de Cripple Creek (Colorado) et de Katie (Californie). *Eam.* 2 *Fév.*, 101, 102, 103.
— des hautes terres du Brésil, *Eam.* 19 *Janv.*, 55; de Bendego (Australie). *Eam.*, 12 *Janv.* 29; de Leadville et d'Isabella (Colorado). *Eam.* 26 *Janv.*, 77, 79.
Platine (le) à l'Exposition d'Anvers. *Rc.* 2 *Fév.*, 43.

MINES

Électricité (Application de l') aux mines. Nouveau dynamoteur (Mavoz). *Es.* 18 *Déc.*, 3.
— (Lavergne). *Rgds.* 15 *Janv.*, 8.
— Les pompes (Berthou). *Elé.* 16 *Fév.*, 104.
Évite-molette Humble. *Ri.* 25 *Janv.*, 36.
Gisements métalliques du Katanga (Congo). *Ru. D.* 218.
Lampe indicatrice de grisou Stokes. *Rs.* 25 *Janv.*, 35.
Transport des menus. Gc. 12 *Janv.*, 179.

PHOTOGRAPHIE

Amplificateur Marco Mendoza. *Sfp.* 1er *Janv.*, 32.
Brevets divers. *Cs.* 31 *Janv.*, 65.
En couleurs. Châssis à mercure Contamine. *Ln.* 16 *Fév.*, 179.
— Cuve pour le procédé Lipmann (Makenstein). *Sfp.* 1er *Janv.*, 66.
— Matériel pour le procédé Lipman (Richard). *Sfp.* 1er *Janv.*, 27.
Chambre à magasin automatique de Giraudy. *Ln.* 7 *Fév.*, 172.
Châssis à répétition Hanam et Richard. *Sfp.* 1er *Fév.*, 73.
Obturateur à lames multiples pour poses et instantanés (Krauss). *Sfp.* 1er *Fév.* 78.
La pyrocatéchine de synthèse comme révélateur (Poulenc). *Sfp.* 1er *Fév.*, 81.
Redressement des photographies déformées (Richard). *Sfp.* 15 *Janv.*, 63.
Papier pellicule sans report (Balagny). *Sfp.* 1er *Janv.*, 44.
Réaction engendrée par la décomposition de l'hyposulfite de soude dans le fixage (Segwitz et Chicandard). *Sfp.* 15 *Janv.*, 63.
Succédané des alcalis dans les développements alcalins (Lumière). *Sfp.* 1er *Janv.*, 32.

Le Gérant : Gustave Richard.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

A. Mise en carte par procédé ordinaire.

Comme il est facile de le constater par l'inspection du dessin ci-contre, les fils de chaîne juxtaposés (*ourdis*) dans l'ordre le mieux approprié aux besoins de la fabrication, n'en coupent pas moins les parties symétriques et semblables par des nuances différentes.

D'autre part, le motif central, obtenu sur toute la hauteur à l'aide des mêmes fils, ne présente aucune dégradation de lumière ni d'ombre.



Direction de la chaîne ou longueur du tissu.

Direction des trames ou largeur du tissu

B. Mise en carte par procédé Duquesne, breveté, s. g. d. g.

La mise en carte s'effectuant ici transversalement au sens de la *chaîne*, les parties symétriques et semblables du dessin sont rendues à l'aide des mêmes fils, et, conséquemment, présentent les mêmes colorations; de plus, le dessinateur trouve successivement, dans la largeur du tissu, toutes les nuances de l'ourdissage, qui lui permettent d'ombrer ou d'éclairer comme il convient le modelé des motifs décoratifs.



Direction de la chaîne ou longueur du tissu.

Direction des trames ou largeur du tissu

Imp. Deabben et Lemercier, Paris

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

94e ANNÉE. Quatrième Série, Tome X. MARS 1895.

BULLETIN

DE

LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

ARTS MÉCANIQUES

RAPPORT *fait par* **M. E. Sauvage**, *au nom du Comité des Arts mécaniques*, SUR UN SYSTÈME DE MODÉRATEUR POUR FREIN A AIR COMPRIMÉ, *par* M. CHAPSAL, *ancien élève de l'École polytechnique, sous-chef du mouvement de la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest.*

Les *freins continus* sont montés sous les divers véhicules qui constituent un train, et disposés de telle sorte que le conducteur de la locomotive puisse les serrer tous. Un frein continu est *automatique*, quand la rupture d'un attelage l'applique spontanément; il est *modérable* lorsqu'on peut aisément faire varier la pression sur les sabots, de manière à bien régler les arrêts et à produire un serrage léger et permanent pour la descente des pentes.

En général, les systèmes très modérables ne transmettent leur action qu'assez lentement dans les trains de grande longueur : en cas de nécessité, les arrêts ne sont pas assez rapides, et l'inégalité du serrage des freins peut produire des réactions fâcheuses entre les véhicules. Ces réactions se produisent aussi lorsqu'un même train réunit des systèmes de freins différents, qui fonctionnent ensemble mais d'une manière inégale, tels que les appareils Westinghouse et Wenger.

Le frein Westinghouse agit rapidement, mais il faut beaucoup d'adresse pour bien le modérer, car un abaissement minime de la pression qui règne dans la conduite générale suffit pour produire un serrage énergique; au contraire, l'action du frein Wenger, très modérable, est lente, car le serrage

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

complet exige la vidange totale de l'air comprimé dans la conduite générale.

M. Chapsal, par l'addition d'un *modérateur*, rend le frein Westinghouse moins sensible à l'action d'une légère dépression dans la conduite, et par suite plus *modérable;* pour produire le serrage complet, une dépression

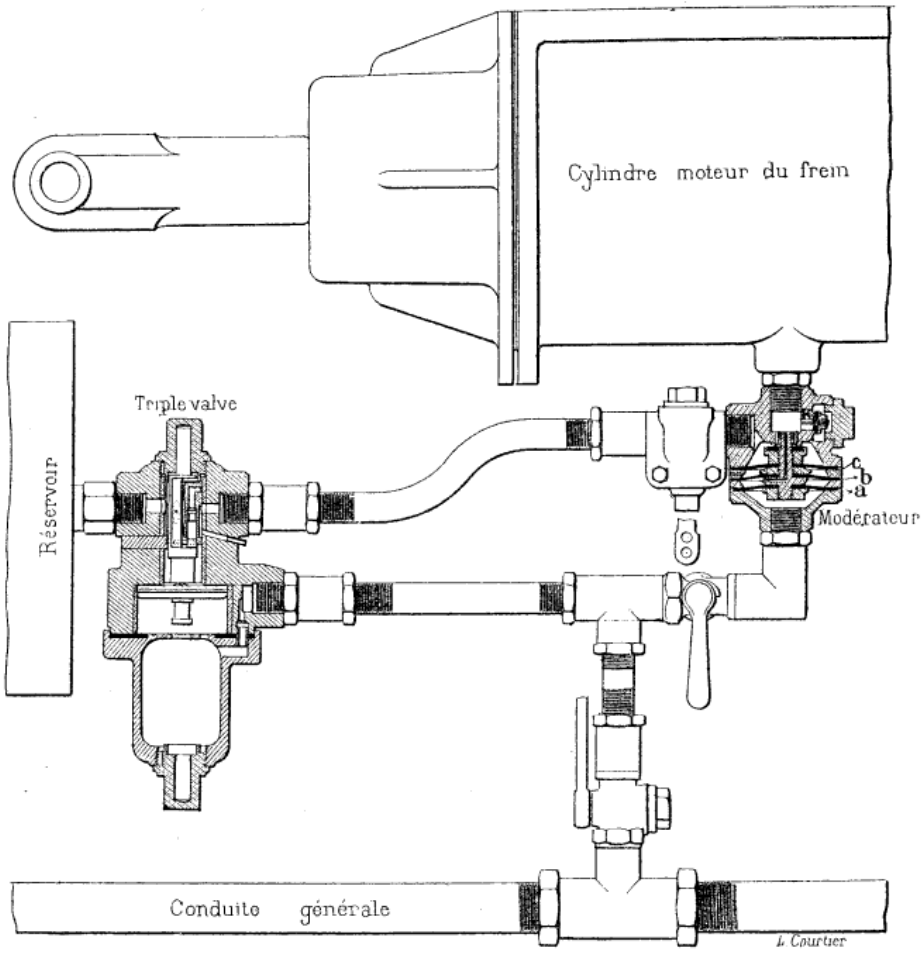


Fig. 1. — Application du modérateur *Chapsal* à un frein Westinghouse.

plus forte devient nécessaire. Toutefois, il était important de ne pas augmenter outre mesure l'abaissement de pression nécessaire pour le serrage complet, afin de ne pas trop allonger la durée des arrêts rapides.

La fig. 1 représente le modérateur Chapsal ajouté au frein Westinghouse d'une voiture et la fig. 2 le détail de ce modérateur en vraie gran-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

deur. Les trois diaphragmes, *a b* et *c*, agissent comme des pistons différentiels à faible course; *a* et *c* sont égaux, *b* est plus grand. En dessous du diaphragme *a* s'exerce la pression *p* de la conduite générale; entre les diaphragmes *a* et *b*, l'air est maintenu, par *d*, à la même pression que dans

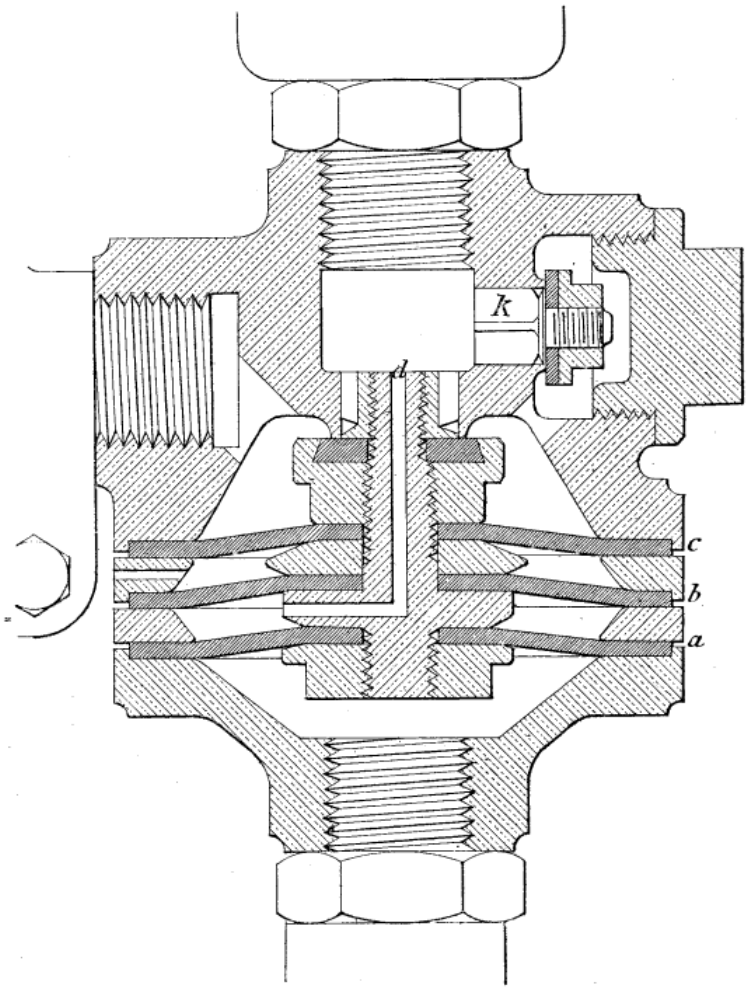


Fig. 2. — Modérateur *Chapsal*, grandeur d'exécution.

le cylindre à freins; entre *b* et *c* règne la pression atmosphérique; enfin l'espace au-dessus de *c* communique avec le conduit qui va de la triple valve au cylindre moteur du frein. Le système des diaphragmes ouvre et ferme l'entrée de ce cylindre; la soupape latérale *k*, en s'ouvrant, permet l'échappement de l'air comprimé dans le cylindre à freins, pour le desserrage.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Lorsque la pression baisse dans la conduite principale, la triple valve du frein Westinghouse interrompt la communication du réservoir d'air comprimé avec le cylindre moteur du frein ; mais l'air ne peut y pénétrer qu'en passant par le modérateur.

Avant le serrage des freins, la pression de l'air de la conduite principale agissant seule sur le diaphragme du modérateur, le clapet qui ferme la communication sur le cylindre à frein reste appliqué sur son siège. Si l'on produit une dépression dans la conduite principale (suffisante toutefois pour mettre en mouvement le piston de la triple valve) l'air du réservoir auxiliaire arrive au-dessus du diaphragme a; le système s'abaisse alors, puisque la pression de l'air du réservoir auxiliaire est à ce moment supérieure à celle de l'air de la conduite principale, et le clapet s'ouvre en livrant passage à l'air du réservoir auxiliaire. Une certaine quantité d'air passe alors à la fois dans le cylindre à frein et, par la partie centrale d de la tige portant le clapet, dans la chambre comprise entre les diaphragmes a et b.

Si l'on désigne par S la surface active des diaphragmes a et c, par S′ celle du diaphragme b, par S″ celle du clapet de d, et si l'on appelle n le rapport S′ : (S-S′-S″), on démontre aisément que la pression dans le cylindre à frein sera égale à n fois la dépression produite dans la conduite principale, jusqu'à ce que la pression dans le cylindre à frein soit égale à la pression qui correspond à la détente de l'air du réservoir auxiliaire, lorsqu'il remplit à la fois ce réservoir et le cylindre à frein.

En donnant au rapport n une valeur convenable, on peut obtenir un frein plus facilement modérable, moins sensible aux légères dépressions produites dans la conduite d'air comprimé ; en n'exagérant pas cette valeur, on obtient cet effet sans allonger d'une manière notable la durée des arrêts rapides.

On peut d'ailleurs interrompre, si on le désire, le fonctionnement du modérateur, en fermant un robinet d'isolement placé sur le tuyau qui va à la conduite principale. Ce robinet porte dans le boisseau un petit trou d'évacuation d'air qui permet l'échappement de l'air restant au-dessus du diaphragme du modérateur, lorsqu'on veut en supprimer le fonctionnement. Dans ce dernier cas, l'air du réservoir auxiliaire passera directement au cylindre à frein ; car, pendant le serrage des freins, le clapet sera toujours ouvert, aucune pression n'existant sur le diaphragme du modérateur pour équilibrer celle de l'air du réservoir auxiliaire.

La manœuvre du robinet d'isolement permet ainsi d'augmenter ou de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

réduire la modérabilité du frein, suivant que la voiture est placée dans un train muni d'un frein modérable sur une grande ou sur une faible étendue de la pression initiale (freins Wenger et Westinghouse).

En outre, si quelques valves de distribution, plus sensibles que les autres, mettent en action les freins des voitures sur lesquelles elles sont montées pour une faible dépression produite en vue d'un serrage modéré des freins, il n'en résultera pas de réaction désagréable entre les voitures qui ne sont pas encore serrées et celles qui le sont déjà, car l'énergie du frein, sur ces dernières, sera proportionnelle à la dépression produite dans la conduite principale.

Comme le modérateur n'agit qu'au moment de l'application des freins, les joints des pistons différentiels peuvent être assurés par des segments métalliques.

Le tableau qui suit indique le fonctionnement de trois types de modérateurs.

Échelles des pressions obtenues à l'aide du modérateur

MODÉRATEUR 1er Type APPLICABLE Au Frein Westinghouse ordinaire — Serrage maximum pour 1kg 1/2 de dépression		MODÉRATEUR 2e Type APPLICABLE Au Frein Westinghouse ordinaire OU PLUS SPÉCIALEMENT Au Frein à action rapide — Serrage maximum pour 2kg 1/3 de dépression		MODÉRATEUR 3e Type APPLICABLE Aux machines des trains de marchandises et aux freins du type Wenger — Serrage maximum pour 3kg de dépression	
Dépression dans la conduite générale	Pression au cylindre à frein	Dépression dans la conduite générale	Pression au cylindre à frein.	Dépression dans la conduite générale	Pression au cylindre à frein.
0kg,500	0kg,400	0kg,500	0kg,400	0kg,500	0kg,250
0kg,750	0kg,900	0kg,750	0kg,800	1kg,000	0kg,700
1kg,000	1kg,900	1kg,000	1kg,250	1kg,500	1kg,200
1kg,250	2kg,300	1kg,500	1kg,750	2kg,000	1kg,700
1kg,500	2kg,700	2kg,000	2kg,500	2kg,500	2kg,200
		2kg,330	2kg,750	3kg,000	2kg,750

La pression initiale admise étant de 4kg dans la conduite générale.

Le modérateur a été l'objet d'essais sur les lignes de la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest.

Le train d'expérience était composé d'une locomotive pesant, avec le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tender, 65 tonnes, et de 18 voitures pesant 158 tonnes; le poids total était donc de 223 tonnes. Le train a circulé entre Paris et Évreux; la figure 3

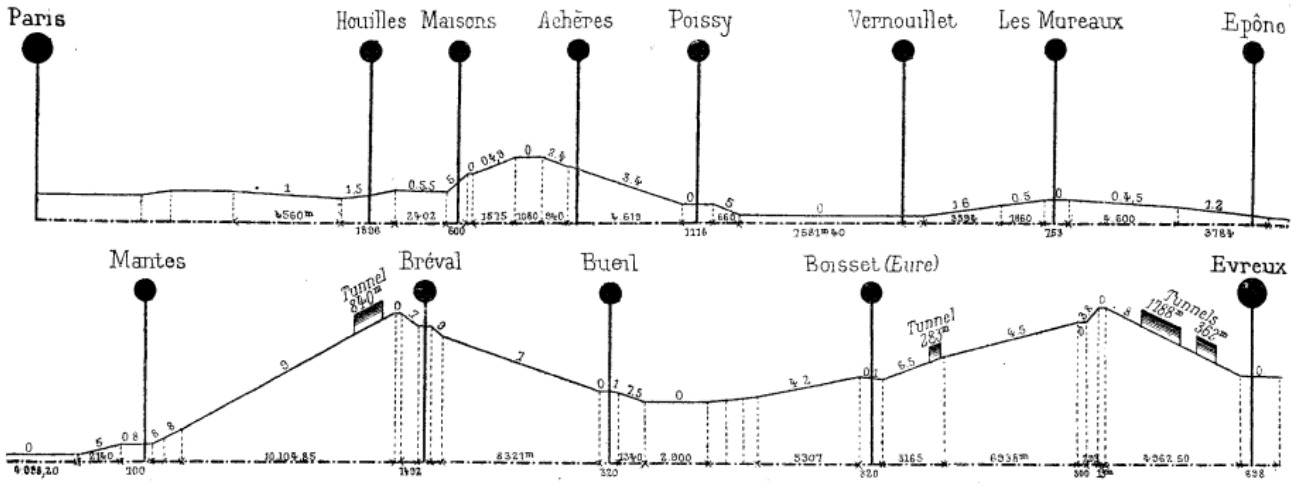


Fig. 3. — Profil de la voie de Paris à Évreux.

donne le profil de la voie, avec l'indication des pentes en millimètres par mètre.

Le programme des expériences était tracé de la manière suivante :

Aller. — Départ de Paris (Saint-Lazare).

STATIONS	DISTANCE entre LES GARES.	VITESSE APPROXIMATIVE à l'arrivée.	MODE D'ARRÊT
	Kilomètres	Km. à l'heure	
Houilles.	»	50	Arrêt de service dans les conditions ordinaires.
Maisons-Laffitte. .	4	60	Arrêt de service rapide.
Achères.	4,3	40	Arrêt de service dans les conditions ordinaires.
Poissy.	4,9	80	Arrêt de sécurité.
Vernouillet. . . .	8,2	80	Arrêt de sécurité.
Les Mureaux. . . .	6,3	70	Arrêt de sécurité.
Épône.	8,1	70	Arrêt de sécurité.
Mantes.	7,5	40	Arrêt de service dans les conditions ordinaires.
Bueil	22,8	40	Arrêt de service (Poteau de limitation de vitesse à 40).
Boisset (Eure). . .	11,3	60	Arrêt de sécurité.
Évreux	15,9	50	Arrêt de service dans les conditions ordinaires.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Retour. — Départ d'Évreux.

STATIONS	DISTANCE entre LES GARES.	VITESSE APPROXIMATIVE à l'arrivée.	MODE D'ARRÊT
	Kilomètres	Km. à l'heure	
Boisset (Eure). . .	»	50	Arrêt de sécurité.
Bueil	1,13	40	Arrêt de service (Poteau de limitation de vitesse à 40).
Mantes	22,8	40	Arrêt de service dans les conditions ordinaires.
Épône.	7,5	70	Arrêt de sécurité.
Les Mureaux. . .	8,1	70	Arrêt de sécurité.
Vernouillet.	6,3	80	Arrêt de sécurité.
Poissy.	8,2	70	Arrêt de sécurité.
Achères.	4,9	40	Arrêt de service dans les conditions ordinaires.
Maisons-Laffitte. .	4,3	80	Arrêt de sécurité sans desserrage avant l'arrêt complet et sans le frein du tender.
Houilles.	4 »	60	Arrêt de service dans les conditions ordinaires.
Paris.	12,8	»	Arrêt de service dans les conditions ordinaires.

Observations. — Dans tous les arrêts de sécurité, le régulateur sera fermé le plus près possible du quai de la station, de manière que le robinet du frein soit toujours manœuvré au droit de la bordure du quai; on mesurera ensuite la longueur dans laquelle l'arrêt aura été effectué.

Aux trains de retour, l'arrêt de sécurité de Maisons-Laffitte sera obtenu sans faire usage du frein du tender et sans desserrage du frein continu jusqu'à l'arrêt complet du train.

Aux trains d'aller, dans la pente de Bréval à Bueil, on devra maintenir, au moyen du frein continu seul, une vitesse de 40 kilomètres à l'heure.

Aux trains de retour, on fera usage du frein continu pour maintenir une vitesse de 50 kilomètres à l'heure dans la pente de Saint-Aubin à Boisset, et une vitesse de 60 kilomètres à l'heure dans la pente de Bréval à Mantes. Dans tous les cas, on devra serrer les freins dès que la vitesse atteindra 20 kilomètres en plus de la vitesse fixée pour la descente des pentes.

Le premier jour, on fera usage du frein Westinghouse ordinaire à l'aller et du frein avec modérateur au retour; le second jour, on emploiera le modérateur à l'aller et le frein Westinghouse ordinaire au retour. A chaque train d'expérience, on devra noter l'état du temps.

Les tableaux qui suivent donnent le résultat des essais.

1° Trains d'aller (A) 13 et 15 Octobre 1894.

STATIONS	NATURE de L'ARRÊT	FREIN WESTINGHOUSE — ARRÊT			FREIN AVEC MODÉRATEUR — ARRÊT		
		VITESSE	LONGUEUR	TEMPS	VITESSE	LONGUEUR	TEMPS
		Kilomètres	Mètres.	Secondes	Kilomètres	Mètres	Secondes
Houilles	Service	26	115	»	26	139	22
Maisons-Laffitte. .	Sce rapide	35	98	15	41	102	11
Achères.	Service	48	217	20	40	182	17
Poissy	Sécurité	85	358	23	80	272	18
Vernouillet. . . .	Id.	82	333	21	82	284	20
Les Mureaux . . .	Id.	80	256	20	84	282	20
Épône	Id.	90	344	20	92	342	24
Mantes.	Service	35	215	46	30	215	55
Bueil.	Id.	24	140	24	36	137	13
Boisset (Eure). . .	Sécurité	72	216	20	64	179	14
Évreux.	Service	40	192	45	35	203	37

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2° Trains de retour (B) 13 et 15 Octobre 1894.

STATIONS	NATURE de L'ARRÊT	FREIN WESTINGHOUSE — ARRÊT			FREIN AVEC MODÉRATEUR — ARRÊT		
		VITESSE	LONGUEUR	TEMPS	VITESSE	LONGUEUR	TEMPS
		Kilomètres	Mètres	Secondes	Kilomètres	Mètres	Secondes
Boisset (Eure). . .	Sécurité	62	196	19	66	240	15
Bueil.	Service	45	146	32	42	195	19
Mantes.	Id.	21	226	23	35	214	30
Épône	Sécurité	80	226	16	80	250	20
Les Mureaux. . .	Id.	70	177	16	75	187	15
Vernouillet. . . .	Id.	85	314	23	75	257	16
Poissy	Id.	88	292	29	80	217	17
Achères.	Service	37	96	17	24	84	14
Maisons-Laffitte. .	Sécurité	76	247	20	75	287	23
Houilles.	Service	75	252	20	69	264	23
Paris.	Id.	»	»	»	»	»	»

État du temps : { Beau, très sec, aux trains A et B du 13 octobre.
Beau, très sec, sauf au train B, à partir de Mantes, léger brouillard, le 15 octobre.

La figure 4 montre comment la vitesse variait sur les pentes les plus

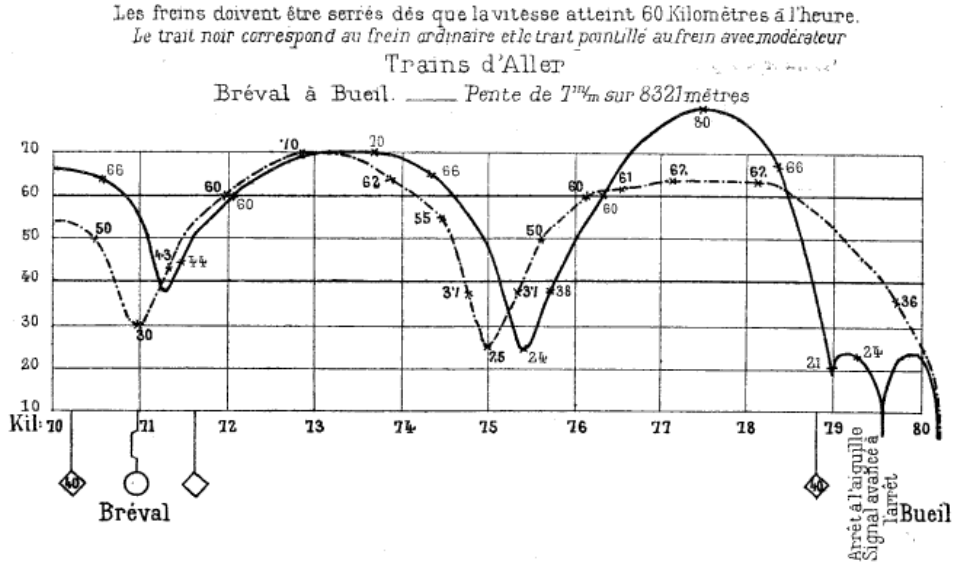


Fig. 4. — Vitesses à la descente de la pente de Bréval à Paris.

longues; elle s'est maintenue d'une manière plus uniforme pour le train muni des modérateurs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour bien apprécier la disposition imaginée par M. Chapsal, il serait nécessaire de la suivre dans un service prolongé. Dès aujourd'hui, on peut dire que l'idée de M. Chapsal est ingénieuse et qu'elle a été réalisée d'une manière satisfaisante et relativement simple.

Le Comité vous propose donc d'insérer le présent rapport au *Bulletin* avec les figures qui l'accompagnent, et de remercier M. Chapsal de son intéressante communication.

SAUVAGE.

Approuvé en séance le 22 *février* 1895.

ARTS CHIMIQUES

UN NOUVEAU PROCÉDÉ POUR L'ÉPURATION D'UN GRAND NOMBRE DE SUBSTANCES ORGANIQUES, ALIMENTAIRES OU AUTRES, EN PARTICULIER DES SUCRES, DES ALCOOLS, DES EAUX POTABLES, ETC., PAR M. **E. Maumené**, *membre de la Société* (1).

I. — ÉPURATION DES SUCRES

On sait combien il est difficile, même impossible sans un raffinage coûteux, d'obtenir les sucres purs, c'est-à-dire exempts d'un mélange dont l'odeur et la saveur, ordinairement désagréables, rappellent nettement l'origine. Les sucres en grains, obtenus dans les fabriques avec des betteraves, au degré de pureté des poudres blanches n° 3, sont inacceptables pour les ménages. Presque tous les mets sucrés avec ces demi-raffinés présentent, surtout les boissons chaudes, une odeur et un goût dont personne ne se contente. On les tolère tout au plus dans les légumes, les confitures et divers gâteaux, où leur odeur et leur saveur sont dissimulées par celles des végétaux, des liquides alcooliques, etc.

La canne l'emporte sur la betterave pour la production du sucre comestible parce que les substances nombreuses mêlées au sucre normal dans le jus de canne n'offrent pas, comme les analogues du jus de betterave, une saveur et une odeur fâcheuses. Ordinairement même la mélasse, dont les sucres de canne restent imprégnés avant le raffinage, par exemple dans les vergeoises, est recherchée par beaucoup de personnes et non des moins éclairées. Je me suis trouvé dans une épicerie en même temps que notre illustre Gay-Lussac, le grand chimiste doublé d'un grand physicien. C'était en 1836; il se rendait à la Chambre des députés dont il était membre et faisait une petite provision de sucre candi; ce ne fut pas une surprise peu vive, pour moi, de voir cet éminent connaisseur ne

(1) Communication présentée dans la séance du 11 janvier 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

point accepter du candi tout à fait incolore et demander du candi jaune-brun, *sentant bien la canne.*

Plus tard, dans mes études du sucre, j'ai pu m'expliquer la supériorité très réelle du sucre inverti *récemment*. Dès les premières années du siècle plusieurs chimistes, entre autres le premier Thénard (collaborateur de Gay-Lussac et célèbre par sa découverte de l'eau oxygénée), avait remarqué le bon goût des vergeoises de canne. Plus tard, Dubrunfaut rappela très expressément l'attention sur ce sujet. Plus récemment, l'auteur du présent *Mémoire* a pu donner une explication précise de la supériorité de goût du sucre inverti préparé, suivant ses indications, avec l'eau pure ou chargée seulement de quelques dix millièmes d'acide (1). Ce sucre a beaucoup plus de saveur que le sucre normal; une mesure exacte serait difficile, mais certainement elle est presque double.

Ces indications un peu brèves sont nécessaires pour comprendre l'amélioration des sucres par les oxydants.

Avant d'aller plus loin, disons combien la proportion d'eau employée pour dissoudre le sucre a d'influence sur l'action avec le permanganate. J'ai préparé 5 flacons renfermant :

N° 1.	1	poids	de sucre	et	1	poids d'eau
2.	1	—	—		2	— —
3.	1	—	—		3	— —
4.	1	—	—		4	— —
5.	1	—	—		5	— —

dans chacun de ces flacons on a versé de la solution du permanganate (à $15^{gr},8$ par litre) en proportion assez faible pour ne pas dépasser 1/5000 du poids du sucre.

Les dissolutions du sucre (n° 3) ainsi préparées, laissées à elles-mêmes, présentent en même temps la décoloration, c'est-à-dire la réduction du permanganate en sesquioxyde. Mais tandis que ce sesquioxyde se dépose tout entier dans les flacons 5, 4 et 3, il ne se sépare qu'à moitié dans le flacon 2, et pas du tout dans le flacon 1.

Les flacons 5, 4, 3 présentent leur solution parfaitement incolore; les deux flacons 2 et 1 présentent :

Celle du n° 2	brun pâle
Celle du n° 1	brun foncé.

Le sesquioxyde reste en dissolution

Partielle, à moitié presque,	dans le n° 2
Totale	dans le n° 1

et la dissolution est bien réelle, car la filtration retient

A peu près moitié du sesquioxyde	dans 2
Mais absolument rien	dans 1

(1) *Traité du sucre*, t. I, p. 124, 1876 (Dunod).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le sesquioxyde est dissous par l'acide hexépique $C^{12}H^{12}O^{16}$ provenant de l'oxydation du sucre par le *poids égal* du permanganate employé. Il ne l'est pas par le deuxième acide formé dans la même action, comme je l'ai montré en 1872 (1).

Le premier, l'acide hexépique, diffère de l'hexélose (glucose) par O^4 et du sucre normal par O^5 et H ou $O^4 + HO$. Il conserve plusieurs propriétés très voisines de celles du dernier : le pouvoir rotatoire et la faculté de tenir en dissolution avec la potasse dont il est formé des oxydes tels que le sesquioxyde de manganèse, etc.

De là, cette solution brune, formée par les solutions de sucre assez concentrées soit à une fois ou une fois et demie le poids du sucre en eau.

Le chauffage de ces dissolutions détermine une réduction du sesquioxyde en protoxyde, et les sels de protoxyde de manganèse n'offrant, même à l'état d'isolement, qu'une couleur rose peu intense, paraissent incolores quand on les a mis en dissolution dans une grande quantité d'eau pure ou sucrée, comme c'est le cas dans les solutions de sucre épurées par des dix millièmes de permanganate.

Le même effet se produit, et même largement, dans les dissolutions de sucre normal conservant des proportions plus ou moins grandes de mélasse, comme les sucres blonds ou bruns de betterave, les vergeoises de canne, et les analogues. Pour ces dissolutions, on peut faire usage de plusieurs millièmes de permanganate sans occasionner aucun dépôt de sesquioxyde de manganèse ; tout cet oxyde reste en dissolution.

Il se forme presque toujours un dépôt, mais d'une tout autre nature : celui-ci est presque blanc ; j'y ai trouvé de l'alumine, du sulfate de chaux et d'autres sels calcaires, mais l'ensemble reste presque toujours en proportion minime.

La couleur brune de ces dissolutions est double : sa partie principale est due à la mélasse, — notamment à l'altération de l'hexépate d'ammoniaque, sel instable même au-dessous de 100°. Cette partie se maintient pendant la concentration des sirops. La seconde, celle du sesquioxyde de manganèse dissous, disparaît comme toujours, mais il faut une attention extrême et de bons yeux pour distinguer l'affaiblissement de nuance dû à sa décoloration.

Par l'évaporation des sirops presque incolores gardant l'oxyde de manganèse MnO en dissolution, il se produit, au degré de concentration où le refroidissement n'amènerait pas la cristallisation immédiate du sucre, de petits cristaux prismatiques groupés autour d'un centre et rappelant la structure de plusieurs minéraux ; de diallage entre autres ; ces cristaux très nets m'ont paru clinorhombiques, ce que j'indique sous réserve, n'en ayant pas encore obtenu d'assez grandes quantités. Ce sont bien des cristaux d'hexépate de potasse et de manganèse. Ils pré-

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. LXXV, p. 85 et 128. *Bulletin de la Société chimique*, t. XVIII, p. 169.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cipitent en blanc par l'addition de phosphate de soude, et, d'un autre côté, chauffés avec un peu d'azotate de potasse mêlé de potasse caustique, ils reproduisent du permanganate colorant l'eau de sa belle nuance violette si connue.

Les solutions dont le manganèse a été déposé donnent seulement de l'hexépate de potasse, plus difficile à isoler du sucre. On est assuré de la présence de ce sel par le dépôt blanc qui se forme en versant du dièdate (acétate) neutre de plomb dans les sirops épurés.

La question de l'*innocuité du manganèse* trouve ici sa place, et elle mérite une grande attention, car il suffirait de la moindre action délétère des oxydes ou des sels de ce métal pour ne pas permettre l'emploi du procédé nouveau, quelle que soit son efficacité.

Cette question est résolue depuis longtemps. L'auteur du présent *Mémoire* a montré, en 1884 (1), la présence du manganèse dans presque tous nos aliments. La quantité totale du manganèse absorbée chaque jour est notable et supérieure à celle dont serait chargé le sucre, même au cas de non-séparation des oxydes. D'ailleurs le manganèse, dans les aliments, s'y trouve à l'état de sel soluble (tartrate de manganèse et potassium). On a la preuve pour le thé, le café, dont les solutions le contiennent presque en entier, sinon tout entier (2), tous les autres aliments sont dans le même cas, et la proportion seule du manganèse varie.

Le manganèse n'est donc nullement à redouter.

Il faut cependant faire observer que ce manganèse des aliments n'entre jamais dans la circulation : il est rejeté d'une manière absolue et incessante par une seule voie : celle de l'intestin. On le trouve en entier dans l'excrément demi-solide (qui peut être ainsi considéré relativement comme une petite mine de manganèse).

Ce rejet, en dehors de la circulation, a fait ressortir deux erreurs : la première, celle des hypothèses chimiques de classification des métaux en vue de diriger les emplois de ces métaux eux-mêmes ou de leurs composés d'après les analogies plus ou moins fondées prises comme bases de la classification. Le manganèse était envisagé comme voisin du fer par ses propriétés chimiques. Remplacer le fer par le manganèse dans tous les composés, dans toutes les actions chimiques paraissait une certitude de leur voir *jouer le même rôle :* jamais ces analogies prétendues ne sont réellement d'accord avec l'expérience, et la médecine en a donné une preuve des plus fortes.

C'est elle qui a commis la seconde erreur en accordant trop de confiance aux indications beaucoup trop péremptoires de la chimie officielle. Dans le but

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. XCVIII, p. 1056 et 1416. *Bulletin de la Société chimique*, t. XLI, p. 451. *Journal de Pharmacie*. Octobre 1884 : Cosmos.

(2) D'un kilogramme de thé Sou-chong on peut extraire une petite aiguille de manganèse métallique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

louable d'éviter les malaises exaspérants causés par les sels de fer aux jeunes gens anémiques, surtout aux jeunes filles affligées des pâles couleurs, etc., la médecine, croyant pouvoir compter sur le manganèse pour jouer le rôle du fer, sans avoir comme lui ce goût d'encre d'où résultait à la longue une répugnance invincible, administra entre autres sels du carbonate de manganèse avec la conviction de faire entrer dans le sang un remplaçant du fer capable de constituer comme lui l'hémoglobine nécessaire... Mais le carbonate de manganèse n'introduit dans le sang aucun atome du métal, et si les malades se trouvaient délivrés de tous les inconvénients du fer, ils ne recevaient plus le moindre avantage de son remplaçant, que notre évolution vitale rejette avec une sorte d'horreur, on peut le dire après les nombreuses et minutieuses expériences qui viennent d'être rappelées.

Mais si le manganèse n'a rien d'un médicament magistral, nous ne pouvons déduire de cette action négative aucune conclusion défavorable à son emploi. S'il avait le plus petit défaut anti-hygiénique, nous ne supporterions longtemps aucun des aliments les plus tolérés, les plus aimés, et nous ne tarderions pas à périr.

L'auteur du présent article a voulu pousser les choses plus loin. Du sucre chargé de manganèse par l'action du permanganate, et des dissolutions concentrées de divers sucres normal ou tenant plus ou moins d'oxydes en dissolution, ont été consommés par lui-même (et lui seul) pendant plusieurs semaines. Le sucre mêlé de plusieurs millièmes de protoxyde — jusqu'à sept millièmes, presque un centième, — n'occasionne aucune indisposition après une consommation quotidienne d'environ $0^{gr},322$ de protoxyde de manganèse pendant vingt-six jours; l'excellent goût du sucre n'est pas le moins du monde faussé par cette consommation.

Il faut même remarquer cette nullité d'action contre l'hygiène évidemment offerte par le sucre manganésé, ou, si l'on veut plus d'exactitude, par l'hexépate de manganèse et potasse dont le sucre est mêlé. Aucun autre métal n'aurait peut-être une action si faible, ce qui peut mériter une attention spéciale des médecins et des chimistes.

La dissolution du manganèse (de ses oxydes) n'a pas lieu seulement par le sucre pur : elle est produite par les sucres plus ou moins impurs, par les sucres blonds et roux, plus ou moins chargés de mélasse par conséquent.

Ces sucres, même en dissolution dans trois et même quatre ou cinq fois leur poids d'eau, peuvent réduire des proportions relativement fortes de permanganate — plus de deux centièmes — sans laisser déposer aucun atome d'oxyde. Les solutions évaporées donnent une masse cuite dont le goût n'est certainement pas, à beaucoup près, aussi mauvais que celui des sucres eux-mêmes et devient très supportable en forçant la dose de permanganate (1).

(1) Il n'est pas inutile de faire observer que, même aujourd'hui, les sucres blonds ou roux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Aujourd'hui, grâce au travail par la chaux, universellement adopté depuis les études de l'auteur de la présente communication, il est très rare d'assister à des morts causées par un aliment aussi perfide; mais ce n'est pas absolument impossible, et le permanganate n'y serait évidemment pour rien.

Par lui-même, il est très dangereux; mais sa décomposition par le sucre est très rapide, et, par conséquent, inévitable, les oxydes résultant de cette décomposition sont aussi peu nuisibles qu'il est lui-même vénéneux; on ne peut jamais être exposé, dans la pratique la moins attentive, à l'absorber en nature.

Il est impossible, d'après M. Maumené, de dissimuler un résultat économique des plus importants de la découverte qui nous occupe.

Ce résultat, c'est l'achèvement de la production du sucre pur dans les fabriques et la *suppression des raffineries*.

Les fabriques marchent comme à plaisir dans un chemin où elles laissent accumuler contre elles toutes les difficultés. Ce n'est pas ici la place d'une discussion complète : mais il est permis de faire observer, au moins pour la base essentielle d'une bonne administration, pour la *conservation* (ou mieux la *préservation*) des betteraves ou des cannes, combien est vicieuse la méthode suivie depuis le commencement du siècle en vue de ce point capital.

Au lieu d'utiliser les râperies en versant les jus chaulés dans les caves proposées par M. Maumené depuis 1856 (1), on s'obstine à garder les betteraves en silos, etc.; et pour compenser ou éviter les désastres infailliblement causés par les fermentations naturelles, les variations de température, etc., on réduit, à grands frais, la durée de la fabrication, à deux mois par exemple, en ne reculant devant aucune dépense, ni devant des entraves pécuniaires de toute sorte.

C'est absolument le contraire de ce que nécessite une sage administration.

Sans nous étendre sur ce sujet, observons uniquement le défaut primordial de ce système en vue du nouveau procédé de l'épuration des sucres.

Avec des betteraves plus saines, d'une composition uniforme, on arriverait bien plus aisément à des sucres 18 ou 19, dont la proportion serait plus grande. Sans aller plus loin, sans commencer *inutilement* le demi-raffinage, c'est-à-dire

provenant de la canne, les *vergeoises*, pourraient exposer le consommateur à un danger sérieux dont le permanganate ne serait la cause d'aucune manière. Autrefois l'épuration (?) des sirops de canne était cherchée dans l'emploi des cendres de bagasse ou de bois, toute la partie alcaline des cendres était dissoute par les jus et le carbonate de potasse, l'élément principal, agissant avec la chaux des cendres, devenait potasse caustique, dont les sirops cristallisables retenaient longuement l'alcali dans cet état. Les nègres employés dans les fabriques recevaient à discrétion les mélasses où la potasse, même concentrée, se trouvait masquée par la bonne saveur du sucre. On en a vu plusieurs mourir de cette consommation si trompeuse.

(1) *Annales de chimie et de physique* (3e série, XLVIII, p. 23) et dans toutes les publications relatives au sucre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la production des granulés 1, 2, 3, les sucres bruns traités par le permanganate seraient débarrassés de l'odeur et du mauvais goût de mélasse, les cuites seraient on ne peut plus faciles à turbiner ; elles donneraient sans peine des grains incolores absolument purs de tout ce qui nuit à la consommation immédiate. Ces grains pourraient être transformés en pains d'une qualité certainement égale à celle des meilleurs raffinés.

Les mélasses, inodores et insipides comme les cristaux, seraient plus ou moins parfaitement comestibles; on les rechercherait avec au moins autant d'avidité que les vergeoises de canne ; elles seraient très supérieures aux vergeoises actuelles et, de betteraves ou de cannes, elles deviendraient plus identiques.

La suppression des raffineries serait l'inévitable conséquence de cette grande amélioration.

De ces nouvelles mélasses, on tirerait un autre avantage : leur fermentation, conduite avec les soins nécessaires, ne donnerait jamais d'alcool mauvais goût ; nous le verrons plus loin.

II. — ÉPURATION DES ALCOOLS

Les alcools du commerce tirés des vins ou des produits analogues par la fermentation présentent entre eux des différences bien plus grandes que les sucres.

Tous ont le même élément principal : l'alcool diénique (éthylique), l'esprit-de-vin $C^4H^4(HO)^2$ formule classique, dont je ne puis corriger ici le défaut de précision.

Mais, avec l'alcool diénique proprement dit, on y trouve, suivant les diverses origines, des quantités variables, très petites, de nombreuses substances volatiles.

1° Des alcools dits supérieurs, c'est-à-dire $C^mH^m(HO)^2$, où m est supérieur 4, 6, 8... 16, 32...

2° Des aldéhydes, ou acétones $C^mH^mO^2$.

3° Des éthers $C^mH^m(HO)$ ou C^mH^m, A. A est un acide hydraté, par exemple $C^4H^4O^4$ acide diédique (acétique).

4° Des substances d'une autre composition.

Longtemps on a cru devoir attribuer la saveur et l'odeur, le *mauvais goût* des alcools à ces substances. Mais récemment, ce qu'on aurait dû reconnaître plus tôt, l'inexactitude de cette hypothèse faite sur des corps dont les odeurs et les saveurs n'ont rien du mauvais goût lorsqu'ils sont purs, a été démontrée par des expériences faites avec soin dues à plusieurs chimistes (1).

Ce n'est pas à des substances de cette nature qu'on peut attribuer le mauvais goût; c'est à des substances sulfurées, azotées (cyaniques, etc.), phosphorées, etc.

(1) Ordonneau, Claudon et Morin, etc.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Maumené l'avait montré depuis longtemps pour les corps sulfurés; l'emploi de l'argent dans les vins, conseillé par lui dès 1858 (1), ne laisse aucun doute à cet égard. Parmi les nombreuses épreuves faites à l'appui de cette vérité, si importante dans le cas actuel, voici l'une des plus catégoriques :

Appelé en Touraine pour donner son avis sur des vins destinés à la fabrication des mousseux, M. Maumené dit au propriétaire : « Tous les goûts désignés par des noms plus ou moins frappants, *goût de terroir*, *goût de pierre à fusil*, etc., tous ou presque tous dérivent du méchage; de composés sulfurés produits à la longue par l'acide sulfureux et les autres combinaisons du soufre volatilisé pendant la combustion des mèches. Et nous pouvons faire disparaître ces goûts par un seul et même moyen. » Le propriétaire, plus que sceptique, se fit apporter plusieurs bouteilles du vin à étudier, et, sans le moindre préambule, demanda brusquement à son chef de cave : « Ce vin-là n'est pas méché? » Pierre (le chef de cave) avec l'ironie d'un homme qu'on veut surprendre en faute, mais qui connaît son affaire et n'a rien négligé, répondit en riant : « Oh! si, Monsieur; oh oui! plutôt deux fois qu'une! » Le fait bien établi, le propriétaire fit venir douze bouteilles, six pour être mises telles quelles de côté comme témoins, et six pour être soumises au moyen d'épuration que M. Maumené conseillait depuis vingt-quatre ans.

On prit six pièces de cinquante centimes et, après un savonnage et un lavage absolument sérieux, on les suspendit par un fil très fin, une dans chacune des six bouteilles choisies pour l'expérience.

En dix ou quinze jours, disait M. Maumené, le goût spécial aura disparu. Vers le onzième jour, on tenta l'épreuve; elle était déjà complète; le vin n'avait plus que le goût pur d'un bon vin.

Une autre preuve où le doute n'est pas un instant possible, c'est l'effet du transvasement de plusieurs centaines de mille bouteilles dans une sphère en cuivre intérieurement revêtue d'un excellent doublé d'argent pur (1000/1000). Le vin était du vin de Champagne de très bonne qualité. Versé dans la sphère par un tube en argent pur, courbé suivant la paroi et s'ouvrant en biseau près du fond de la sphère, le vin, lancé par suite de cette disposition, cédait chaque fois à l'argent une proportion minuscule du soufre contenu dans ses impuretés (2).

Cette proportion minuscule, augmentée plusieurs centaines de mille fois, offre au moment de l'ouverture de la sphère une tache noire aux bords irisés, toute semblable à celle dont se couvre une cuiller d'argent.

Cependant le vin était d'excellente qualité; mais quand on garde les meilleurs vins de Champagne dans des bouteilles en cuivre argenté, pendant quatre, cinq,

(1) *Traité théorique et pratique du travail des vins*, 1re édition, p. 326; 2e édition, p. 166; 3e édition, p. 444.

(2) La lie est une matière albumineuse contenant de 1,5 à 2 p. 100 de soufre, et elle n'est pas le seul composé sulfuré.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

neuf années, le vin soumis à une telle épuration se trouve amélioré au point de sembler fait tout récemment avec le raisin le plus pur.

Ces faits, et beaucoup d'autres, ne peuvent laisser le moindre doute sur la nature des corps incriminables du mauvais goût; ils sont plus ou moins composés, plus ou moins chargés de soufre, mais ils doivent à ce corps simple leur mauvais défaut caractéristique de produire le goût, odeur et saveur.

La première question à se poser pour la recherche d'un moyen de purifier l'alcool de tous ces composés, c'est d'abord de mesurer leur poids. Jusqu'à présent, cette mesure exacte n'est pas possible; on ne possède aucune méthode précise pour les isoler.

Mais la mesure exacte n'est heureusement pas nécessaire. Il suffit de constater que le poids relatif de leur ensemble est toujours très petit. Les expériences sur les vins rapportées tout à l'heure en donnent une approximation seulement, c'est vrai; mais tous les faits connus prouvent que la proportion est souvent inférieure à un cent millième, et n'atteint jamais au delà de 2 ou 3 dix millièmes.

De là, nous pouvons déduire la réponse à une seconde et capitale question : Combien doit peser l'agent chimique dont on pourra faire usage pour détruire ces composés dont la proportion est faible ?

Évidemment le poids de l'agent chimique doit être proportionnel, c'est-à-dire très faible aussi, même dans le cas du maximum.

Maintenant l'agent chimique ne peut rendre service qu'à une condition : celle d'agir avec les composés nuisibles sulfurés ou autres avant l'alcool lui-même, sinon le procédé conduirait à une épuration négative; on agirait avec l'alcool en première phase; il en résulterait de l'aldéhyde, de l'acide diédique (acétique), etc.; on augmenterait l'impureté sans toucher aux corps fétides; on s'éloignerait doublement du but à atteindre.

En réalité, la plupart des alcools (esprits, eaux-de-vie, vins) laissent les corps sulfurés subir l'action d'un agent puissant avant l'alcool proprement dit; cet agent puissant est le même que celui dont nous avons parlé pour les sucres; c'est le permanganate de potasse. Ainsi les alcools de grains, esprits ou flegmes laissent le sel oxydant agir d'abord uniquement avec les corps sulfurés dérivés de l'albumine (végétale ou animale) ou d'autres sources.

Mais d'autres alcools : celui de la fermentation des betteraves, laisse attaquer l'alcool avant les substances dont l'odeur et la saveur caractérisent si nettement la betterave que l'on peut croire sentir une betterave fraîchement coupée lorsqu'on flaire l'alcool sans le voir.

Il faut alors un autre agent, ou réactif, que le permanganate. La substance volatile me paraît une ammoniaque composée $C^mH^mH^3Az$ ou $C^mH^mH^2Az$; je ne puis encore affirmer la vraie nature du composé, n'en ayant pas eu

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

jusqu'ici la quantité nécessaire (1); toutefois m semble $= 8$ (à peu près).

Si l'on traite quelques litres d'alcool de betteraves par un millième environ d'acide sulfurique, et si l'on distille le mélange en produisant la condensation par la méthode d'Isidore Pierre et Puchot, c'est-à-dire, en tenant le condenseur à une température fixe, on obtient un résultat très suggestif pour l'explication du mauvais goût.

Cinq litres d'alcool (90° à 91°) étant distillés en chauffant le mélange d'alcool et d'acide dans l'eau ordinaire à l'ébullition; si l'on fait arriver les vapeurs dans un tube en étain de 12 millimètres intérieurement et long de 4 mètres, en laissant ce tube (serpentin) dans l'air, fournissent 25 à 35 grammes d'un liquide doué au plus haut degré de l'odeur et de la saveur du mauvais goût. Après la cueillette de ce premier fractionnement, et malgré l'ébullition bien soutenue du bain d'eau, les vapeurs se condensent en bas du serpentin et retombent tout entières dans le ballon, le serpentin se refroidit dans le haut et ne laisse plus rien passer, — cette expérience peut être très utile dans un cours.

En décantant l'eau du vase de chauffage, et la remplaçant par une solution saline bouillant à des degrés plus élevés, on peut forcer l'alcool à passer au delà du serpentin, et on le cueille alors avec une odeur de plus en plus faible, jusqu'au dernier septième ou huitième, qui forme une queue plus ou moins mauvaise.

Le cœur peut alors être traité par le permanganate avec efficacité : son odeur et sa saveur disparaissent aussitôt l'addition de quelques dix millièmes de sel oxydant, et l'on obtient sans peine la totalité de ce cœur neutre au point de ressembler à de l'eau, surtout en l'étudiant ramené à 50 centièmes, et distillé sur la petite quantité de soude nécessaire à la neutralisation des acides formés par le très léger excès de permanganate qui a pu être employé.

Une preuve intéressante de la priorité d'action des impuretés réelles des corps sulfurés, avec le permanganate, c'est qu'on peut, au lieu de rendre l'alcool *neutre*, lui conserver les éthers et corps analogues, avec leur bonne odeur provenant des vins en arrêtant l'addition du permanganate aussitôt après la disparition de l'odeur âcre et intolérable due au soufre. Ce fait est frappant pour les eaux-de-vie de marc. Beaucoup de personnes les aiment, les recherchent malgré l'âcreté partielle dont elles sont souillées, comme si ces personnes n'étaient sensibles qu'à la douceur partielle du bouquet purifié.

On affranchit le bouquet véritable, alcoolique, éthéré, de la saveur âcre et un peu malfaisante des corps sulfurés (et autres) en graduant avec précaution la

(1) On ne pourra le saisir qu'en distillant 40 ou 50 hectolitres d'alcool, et distillant de manière à recueillir le premier demi-hectolitre dans de l'acide sulfurique étendu, l'odeur disparaît en raison de l'union de la base avec l'acide sulfurique et de la formation d'un sulfate inodore.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

quantité de permanganate mis en œuvre. Il n'est pas difficile de s'arrêter au point où l'âcreté n'existe plus, et laisse l'eau-de-vie ou l'alcool qu'elle peut produire avec un bouquet très pur, une odeur vineuse douce et franche, capable de plaire à tout le monde.

Les vins peuvent être débarrassés de tous les goûts plus ou moins mauvais dont nous avons parlé (goût de terroir, etc.) par le permanganate de potasse aussi bien et même plus rapidement que par l'argent.

Si l'on traite un vin blanc, son *œnochrysine* : sa couleur jaune, ne paraît jamais altérée, fortement du moins, avant les substances du mauvais goût; le vin, tout en reprenant les qualités souvent exquises de son bouquet naturel, conserve pourtant sa nuance, — on sépare très aisément le dépôt d'oxyde par simple décantation ou par filtration même, — il est très bon de verser le vin, dans les deux cas, en des vases à moitié pleins d'acide carbonique (1).

Lorsqu'on traite un vin rouge, l'œnocyanine, la couleur qui est bleue à l'état neutre et rouge par son union avec les acides du vin, n'est pas altérée ou très peu avant les corps sulfurés. On les améliore énormément parfois, et presque sans modifier leur nuance.

Bien des épreuves faites avec des vins rouges très divers ont fourni presque toujours ce résultat. Les vins teinturiers ne semblent pas notablement modifiés par cette action.

C'est surtout à la suite de ces expériences que la question de nocivité du manganèse m'a été posée. La nuance foncée des vins faisait craindre, malgré la formation du dépôt signe de la réduction du permanganate, un danger réel de réduction incomplète et de persistance de ce sel oxydant, très dangereux par lui-même, dont le consommateur ne serait point averti parce que sa nuance violette ne resterait plus distincte dans celle du vin.

Mais le danger n'est pas à redouter quand le dépôt est complet, et il est toujours promptement complet dans les vins, à cause du sucre non fermentescible, dont il existe une proportion notable dans tous les vins, du fait de la gomme et plusieurs dérivés du sucre (acide hexénique $C^{12}H^{12}O^{14}$, acide hexépique $C^{12}H^{12}O^{16}$, etc.) tous actifs avec le permanganate, autant parfois que les impuretés du mauvais goût.

M. Maumené, pour prouver l'absence de tout danger, a bu plusieurs fois des verres de vin avec leur dépôt sans en éprouver même l'apparence d'un malaise.

Les alcools, eaux-de-vie, esprits, vins ne me paraissent pas très différemment sensibles à l'action du permanganate en raison de leur titre. A partir de 80 centièmes peut-être, des expériences spéciales feraient-elles connaître une intensité

(1) Voir mon Traité des vins (Bernard et Cie, 1891) ou mon petit traité : *Comment se fait le bon vin.* (Société des éditions scientifiques, 1893.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ou plutôt une rapidité d'action croissante avec le *titre aqueux;* mais l'accroissement, assez vraisemblable, ne serait, je crois, pas considérable.

III. — ÉPURATION DES EAUX

L'emploi du permanganate de potasse pour l'*analyse* des eaux potables est connu depuis 1859 où il a été proposé par Schrotter comme moyen de mesurer les substances nuisibles, solubles ou insolubles.

Mais cette analyse, qui pouvait du même coup donner la pensée d'utiliser les eaux analysées, c'est-à-dire de *purifier* les eaux par le permanganate spécialement pour rendre potables des eaux qui ne le sont pas, n'a inspiré que tout récemment cette bonne application; c'est seulement en 1893 (18 août) que M^lle^ C. Schipiloff, de l'Université de Genève, a fait usage du permanganate de potasse (ou de soude) pour débarrasser les eaux de leurs impuretés pernicieuses, des organismes vivants (microbes ou autres) et des composés organiques solubles qu'elles peuvent contenir.

Notre gracieux confrère conseillait de 50 à 100 milligrammes de permanganate de potasse par litre d'eau, soit 1/2 à 1 dix-millième, même pour des eaux stagnantes verdâtres où pullulent microbes et substances solubles plus ou moins dangereuses; ce sont les proportions que j'ai retrouvées depuis.

Chose étonnante pour les naïfs encore peu habitués aux obstinations de la routine, la proposition de M^lle^ Schipiloff n'a pas fait les progrès que l'on devait attendre (1).

En Algérie le service médical militaire a pris soin de ne pas laisser nos soldats en proie à la fièvre typhoïde et purifie les eaux de boisson au moyen de la proportion de permanganate qui peut être nécessaire (2).

La purification, pour être complète, doit être opérée avec un léger excès de permanganate, c'est-à-dire une quantité suffisante pour dépasser un peu le terme de la réduction, terme facile à connaître sûrement par la fin de décoloration du permanganate et la persistance de la belle coloration rose qu'il donne à l'eau, même en ces faibles proportions qu'on désigne « des traces ».

Mais l'eau ne serait pas potable avec l'excès de permanganate même le plus léger, c'est-à-dire tant que la couleur rose subsiste. Or elle pourrait subsister très longtemps. Il convient, si on la trouve encore après vingt-quatre heures, de la détruire en ajoutant un peu de braise (faite avec des bois non résineux, de préférence) pulvérisée, moyen conseillé par M^lle^ Schipiloff.

On peut filtrer simplement l'eau rose au travers d'un filtre en étoffe de coton

(1) Voir la *Revue médicale de la Suisse romande.*

(2) *Journal de Chimie et de Pharmacie*, 2^e^ semestre 1894. Revue de J. Riche, p. 333. Mémoires de C. Chicandard, p. 27. (Je dois ces renseignements à M. Béhal.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ou de lin : par un passage même rapide, l'eau sort incolore, le tissu du filtre réduit le permanganate et se teint en brun.

L'eau décolorée peut être bue sans le moindre inconvénient et non seulement sans danger, mais avec tous les avantages d'une élimination absolue des microbes (de la fièvre typhoïde et autres) et de toute matière soluble dont la nature pourrait être encore plus dangereuse.

On peut enfin se débarrasser de l'excès de permanganate au moyen d'une substance alimentaire, un peu de sucre ou d'eau-de-vie, ou de vin, ou de jus de citron, toujours à la portée du voyageur, notamment des soldats en marche. L'eau, de rose, devient brunâtre; cela suffit absolument pour n'avoir plus à craindre le moindre danger. La substance brunâtre ne tarderait pas à se déposer; mais si l'on n'a pas le temps d'attendre, on peut boire l'eau avec l'oxyde brun, en suspension ou déposé : l'eau n'a rien de désagréable au goût avec cette *boue* légère, fort innocente et préservatrice au plus haut degré (1).

IV. — ÉPURATION DES AUTRES MATIÈRES ORGANIQUES

Il est impossible de s'étendre ici sur ce sujet beaucoup trop vaste : un mot seulement pour des substances dont les laboratoires peuvent seuls apprécier l'intérêt et désirer l'épuration. Je veux parler des nombreux éthers ou hydrocarbures, ou autres corps dérivés de ces derniers, dont la préparation comprend presque toujours une action de l'acide sulfurique. Les produits qui par eux-mêmes offriraient une pureté d'odeur et de saveur toutes semblables à celles des corps naturels ont au contraire le plus souvent un goût faux, très désagréable, dû bien évidemment à ces composés infects résultant des actions de l'acide sulfurique avec les alcools.

Il suffit, après le lavage alcalin pratiqué d'ordinaire pour enlever l'acide sulfurique, d'employer à un second lavage une trace ou, du moins, une très minime quantité de la solution normale de permanganate (normale, c'est-à-dire $15^{g},8 = 1000$ c. cubes). Cette solution, ou d'ailleurs une non titrée, fait merveilleusement disparaître le faux goût et ramène la substance épurée dans l'état de nature; j'entends à l'odeur et à la saveur des produits naturels les plus purs.

Dans une prochaine communication, j'espère offrir à la Société d'autres corps

(1) Le procédé de M^lle^ Schipiloff n'est pas encore employé à Paris. Je l'ai cru de mon invention sous réserve, et je me suis hâté de l'offrir (gratuitement) à MM. les Ministres de la guerre et de la marine; les chefs de notre armée me permettront d'attirer patriotiquement leur attention spéciale sur les bons services que ce procédé Schipiloff peut rendre aux troupes en campagne. L'eau fournie à la ville de Londres par plusieurs Compagnies est épurée de la sorte (d'après M. P. Combes).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

importants épurés aux mêmes conditions générales d'efficacité peu coûteuses dont voici le résumé :

Les substances organiques les plus utiles, notamment à l'alimentation : les sucres, les alcools, etc., restent susceptibles d'une épuration nécessaire après les préparations industrielles les plus attentives et les plus savamment perfectionnées.

L'épuration est nécessitée par la présence très difficilement évitable de corps sulfurés, azotés (cyanés), phosphorés, mêlés à la substance principale par suite d'actions latérales, de l'acide sulfurique, par exemple, avec les alcools, ou d'autres plus ou moins analogues.

Les impuretés de cet ordre ont des saveurs et des odeurs plus ou moins repoussantes, même à faible dose, et il suffit de *traces* de ces corps pour infecter les sucres, les alcools, etc.

On peut les détruire ou les transformer en produits d'une tout autre nature, c'est-à-dire absolument dépourvus d'odeur et de saveur, par divers agents chimiques bien connus.

L'essentiel est de choisir ces agents chimiques de nature à agir avec les impuretés avant la substance principale, pour ne pas détériorer celle-ci d'une manière sensible. Dans le plus grand nombre des cas, heureusement, cette condition est réalisable avec une grande netteté.

La proportion des impuretés qui causent les mauvais goûts étant extrêmement faible : des dix millièmes en général, on doit proportionner le poids de l'agent chimique à celui des impuretés, opération très facile et très sûre en ajoutant peu à peu l'agent purificateur jusqu'à disparition du mauvais goût.

Deux conditions des plus précieuses rendent la pratique aisée.

La première, c'est la presque nullité de dépense pour l'achat des produits ou agents chimiques. Le permanganate de potasse, un des plus efficaces et des plus chers, ne coûte plus, aujourd'hui, même un franc le kilogramme.

La seconde condition, c'est la nullité de dépense pour l'acquisition d'instruments nouveaux. La méthode n'en exige aucun.

ARTS MÉCANIQUES

REVUE DE MÉCANIQUE GÉNÉRALE

Par M. **Gustave Richard**, *Membre honoraire du Conseil.*

LA MACHINE A VAPEUR

Le sujet de cette revue est tellement vaste qu'il serait impossible d'en remplir le cadre sans sortir complètement des limites admissibles dans une publication

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

périodique; nous nous bornerons donc à signaler quelques-unes des nouveautés qui nous ont paru les plus intéressantes : non pas, pour cette fois, dans le domaine presque illimité de la mécanique générale proprement dite, mais seulement dans celui déjà très vaste de la machine à vapeur.

Pour ce qui est de la théorie pure des moteurs thermiques, je signalerai en particulier l'emploi, qui commence à se répandre dans l'enseignement, du diagramme $\theta\varphi$, *diagramme enthropique* de Mac-Farlane Gray (1), dans lequel on prend pour ordonnées les températures absolues θ et pour abscisses les entropies correspondantes $\varphi \int \frac{d}{\theta}$. Ce diagramme a contre lui l'inconvénient de ne pas faire image comme le diagramme ordinaire des volumes et des pressions; mais il a, puisque ses aires représentent non des travaux mais des quantités de chaleur, l'avantage de représenter les variations thermiques des corps travailleurs, et cela d'une façon parfois très simple, car, dans ce diagramme, les adiabatiques et les isothermiques sont remplacées par des droites parallèles respectivement aux θ et aux φ. C'est ainsi que le cycle de Carnot s'y trouve représenté par un rectangle. Il est donc certain que l'on aurait grand avantage, pour l'analyse thermique des moteurs, à compléter leur diagramme dynamique par le tracé du diagramme entropique correspondant; mais nous ne pouvons ici que signaler cet avantage, évident d'ailleurs.

L'*influence* très considérable *des parois* des cylindres des machines à vapeur sur leur rendement n'est plus mise en doute aujourd'hui par personne. On sait qu'elle est des plus importantes, mais aussi des plus difficiles à définir, non pas dans son allure générale, mais en détail et numériquement pour un type donné de machine. On peut dire, en effet, que malgré bien des tentatives très ingénieuses, la théorie complète de l'action des parois n'est pas encore faisable, faute de données expérimentales suffisamment exactes et comparables : aussi, doit-on signaler avec un grand intérêt celles de ces recherches qui sont véritablement de nature à éclairer cette importante question. On doit classer au premier rang parmi ces recherches celles de M. *Bryan Donkin* — bien connu des lecteurs de notre Bulletin — (2) et qui sont remarquables par la méthode scientifique suivie avec tant de persévérance et de succès par leur auteur.

L'une des constatations les plus intéressantes faites par M. Donkin dans ses dernières expériences est celle de l'influence des différentes circonstances de la marche du moteur, de la nature des parois et de leur température, sur l'aspect du

(1) *Annales du Conservatoire des Arts et Métiers*, vol. 3, 2e série. La première idée de ce diagramme paraît devoir être attribuée à *Gibbs*, « Graphical Methods on the Thermodynamics of Fluids. » (Trans. of the Connecticut Academy of Arts and Sciences. Avril 1893.) Voy. aussi *Willans*, « On non Condensing Steam, Engine Trials, » p. 3 et 96. (Trans. of civil Enginers, 13 mars 1888), et *Bushall*, « The temperature-Entropy Diagram ». (British Association, section G, sept. 1894.)

(2) Octobre 1890, p. 669.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dépôt formé par la condensation d'une partie de la vapeur sur les parois. M. Donkin opérait avec de la vapeur à basse pression — $2^{k},10$ — dans un cylindre en partie en verre, se remplissant de 34 à 35 fois par minute.

Dès l'admission, les parois verticales en verre se recouvraient d'une buée avec gouttes d'eau de toutes dimensions, de 1/2 à 3 millimètres de diamètre, comme en fig. 2. Ces gouttes sont violemment agitées par le courant de vapeur, et les grosses s'écoulent au bas du cylindre. Dès l'ouverture de l'échappement, la buée s'évapore aussitôt, puis une partie seulement des grosses gouttes, dont une partie reste sur le verre, tout à fait sec entre elles. Les deux fonds haut et bas du cylindre, qui étaient en fonte, se recouvraient à l'admission d'une couche d'eau de 1 à 1 millim. 1/2, plus épaisse en bas qu'en haut, et qui ne s'évaporait qu'en grande partie à l'échappement.

Quand on enveloppait le cylindre de verre d'une chemise de vapeur, son humidité diminuait beaucoup; la condensation s'y précipitait presque totalement en brouillard très fin (fig. 2).

On a pu constater, en plaçant ce cylindre en verre sur le fond du cylindre de basse

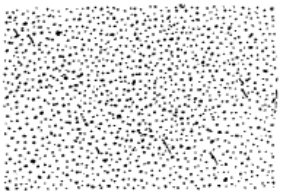




Fig. 1 et 2. — Précipitation de buée sur les parois d'une enveloppe chaude. Condensation en gouttes sur parois froides non enveloppées.

pression et à enveloppe de vapeur d'une compound de 200 chevaux à 60 tours par minute, que la vapeur n'y déposait qu'un très léger brouillard (fig. 1) complètement vaporisé pendant l'échappement : les parois étaient tout à fait sèches avant la fin de cet échappement.

En résumé, sur les parois non chemisées de vapeur, et, par conséquent, beaucoup plus froides que la vapeur d'admission, la condensation se précipite en gouttes grosses de $0^{mm},10$ à 3 millimètres 1/2, et en flaques mobiles, tandis qu'avec une chemise de vapeur, les flaques disparaissent et les gouttes ne dépassent jamais 1/2 millimètre de diamètre; en outre, dans tous les cas, ces condensations s'agitent vivement sur les parois du cylindre et se vaporisent rapidement à l'échappement.

M. Donkin en conclut que « grâce à la rapidité des mouvements de cette condensation pendant l'admission, et à son balayage par le piston, qui l'enlève à chaque course, la surface des parois du cylindre doit prendre immédiatement les températures de la vapeur. En outre, il faut probablement faire intervenir non seulement l'action des parois mêmes, mais aussi celle de l'eau de condensation, et ces deux actions *simultanées* concourent à diminuer considérablement le rendement des machines à vapeur... »

Quant à la conclusion finale de M. *Donkin*, elle est fort simple, et, en somme, nullement imprévue, mais fort bien établie : c'est que, dans tous les types de machines à vapeur, l'on obtient, toutes choses égales, les résultats les plus écono-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

miques *en maintenant les parois des cylindres à une température au moins égale à celle de la vapeur d'admission*. A cette condition, la pénétration des variations de chaleur dans les parois du cylindre, ou l'épaisseur de la couche métallique intéressée, est réduite au minimum, ainsi que la dépense de vapeur nécessaire pour réparer les pertes au condenseur, tandis que la proportion de la vapeur admise présente à la fin de l'admission est la plus grande possible.

Accessoirement, la température des parois agit plus puissamment avec les cylindres de petit diamètre, ce qui explique l'action plus efficace, à vitesses de piston égales, de l'enveloppe sur les machines à longues courses, et *la chute de température de la vapeur* pendant chaque course a, sur le rendement, *beaucoup moins d'influence que la température même des parois*.

M. Donkin a aussi vérifié ce fait : que l'injection, sur les parois du cylindre expérimental, d'une certaine quantité d'huile, ou son badigeonnage au moyen d'un vernis diminuait notablement la condensation; phénomène qui s'explique par la très faible épaisseur de la couche métallique réellement active, souvent inférieure à 1/2 millimètre, ainsi que M. Donkin l'a constaté par des mesures thermométriques très précises. En outre, l'état de la vapeur à l'admission, ou son humidité initiale par le fait du primage ou du crachement de la chaudière, doit exercer une grande influence, encore mal définie par la difficulté même d'évaluer exactement ce primage (1).

Cette constatation, par M. Donkin, de l'influence condensante d'une mince couche d'huile ou de vernis, ou plus généralement, de la très faible épaisseur de la paroi réellement active, justifient jusqu'à un certain point les espérances qu'a fait naître la proposition de M. *Thurston* : de recouvrir les fonds du cylindre et du piston, préalablement rendus poreux par une attaque de plusieurs jours à l'acide azotique étendu, d'une couche de vernis et d'huile de lin rendue adhésive par cette porosité; mais l'expérience ne s'est pas encore définitivement prononcée sur ce point.

Elle ne paraît pas non plus s'être définitivement prononcée sur l'efficacité absolue et générale des *enveloppes de vapeur*, et beaucoup de praticiens la contestent encore. Ce n'est là, croyons-nous, souvent qu'un malentendu; et l'utilité des enveloppes ou chemises de vapeur *convenablement appliquées* nous semble absolument démontrée : mais il faut, dans tous cas, se tenir tout d'abord, pour leur application, à certaines règles assez simples pour être suivies sans erreur, et que M. *Thurston* a récemment résumées comme il suit (2) :

L'enveloppe doit être largement alimentée, de la chaudière même, par une grosse tuyanterie parfaitement drainée, bien abritée du rayonnement; la vapeur doit

(1) Consulter à ce sujet l'important mémoire de *Unwin*, « Methods of Determining the Dryness of Steam. » (*The Engineer*, 24 août 1894, p. 177.)

(2) *American Society of Mechanical Engineers*. Meeting de Montreal, juillet 1894.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

y circuler librement, sans étranglement par les noyaux, le sable de fonderie, etc. On doit l'étendre à tout le cylindre : parois et fonds, et les parois doivent être aussi minces que le permet la sécurité. Dans le cas où la vapeur de l'enveloppe va ensuite au cylindre au lieu de circuler indépendamment de la chaudière à l'enveloppe, il faut la disposer de manière qu'elle agisse, par les chicanes de ses conduites, comme un véritable sécheur de vapeur séparant l'eau du primage et de sa propre condensation. »

Dans tous les cas, ajoute M. Thurston, l'enveloppe agit toujours contrairement à la loi fondamentale du rendement maximum des machines thermiques, qui exige qu'elles reçoivent la chaleur à la température la plus élevée de leur cycle et la cèdent à la température la plus basse. C'est un mal nécessaire, dont les avantages varient suivant les circonstances; de sorte que son effet peut être parfois nuisible si l'on ne se rend pas exactement compte des circonstances de chaque espèce particulière (1).

Quant à l'économie ou au rendement final que l'on peut espérer obtenir aujourd'hui des machines à vapeur, et au meilleurs moyens d'y parvenir, on voit, par ce que nous venons de dire d'un seul de ces moyens : l'enveloppe de vapeur, combien cette question est encore obscure et insoluble dans sa généralité, en raison de la nature extrêmement complexe des phénomènes multiples dont elle dépend. En principe, l'on peut affirmer que, toutes choses égales, la dépense de vapeur diminue à mesure que l'on augmente la pression et la détente. C'est, en somme, la principale raison de l'économie des machines à triple expansion, dans lesquelles vient d'ailleurs s'ajouter l'effet du fractionnement de la détente, et, par suite, de la chute de la température entre plusieurs cylindres; et c'est précisément cet effet, dont les expériences de Donkin paraissent singulièrement réduire l'importance, qui reste encore à déterminer, et dont l'appréciation est le nœud du différend encore pendant entre les partisans des machines à double détente, ou simplement compound, et ceux des machines à triple ou quadruple expansion, abstraction faite, bien entendu, des avantages que ces dernières présentent, à mesure que la pression augmente, au point de vue de la construction, de l'équilibrage et de la moindre fatigue des organes.

Il convient de citer, comme des plus intéressants à ce point de vue, les essais récemment exécutés en Amérique, par M. *Dean*, sur une machine compound à deux cylindres de $4^m,70$ et $1^m,23$ de diamètre sur $1^m,20$ de course. Rapport du volume des cylindres, 7.

Distribution *Wheelock*. Pression d'admission, $11^k,20$. Vitesse moyenne des pistons, 3^m, Le cylindre de haute pression était entièrement enveloppé, et celui de basse pression n'avait d'enveloppés que ses fonds. Les espaces nuisibles étaient respectivement, dans ces cylindres, de 2 3/4 et de 2 1/2 p. 100. Entre les deux cylindres, la vapeur traversait un réchauffeur ou réservoir intermédiaire très grand, égal au 1/4 du volume du grand

(1) On trouvera une démonstration très claire de certains cas de l'inefficacité de l'enveloppe dans l'admirable petit traité de thermodynamique de *M. Moutier*, p. 139. Consulter aussi, à ce ce sujet, lé traité classique de *Fletcher*, « The Abuse of Steam Jacket. » Londres (Spon) 1878, et les beaux travaux de l'*École alsacienne*. (Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse, et *Hirn*, « Exposition analytique. »)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cylindre, mais non efficace, du moins comme surchauffeur, à cause de l'insuffisance de sa surface de chauffe. La vapeur, amenée d'une batterie de chaudière à 120 mètres des moteurs, traversait un séparateur qui réduisait son humidité à 2 p. 100; enfin, la circulation dans les enveloppes était défectueuse, ainsi que le jeu du condenseur à injection. Malgré ces défauts, les résultats moyens de deux essais ont été les suivants :

Durée de l'essai.	4 h. 1/2	5 h.
Pression moyenne d'admission.	11k,20	11k,15
Détente en volumes	33	33,4
Vide au condenseur.	615 m/m	610 m/m
Vitesse du piston en mètres par seconde.	3m,05	3m,06
Puissance indiquée en chevaux.	595	582
Dépense de vapeur sèche par cheval-heure indiqué.	5k,8	5k,9
MOYENNE.	5k,85	

Les expériences de M. Dean paraissent avoir été conduites avec le plus grand soin, et l'on n'a, dans la discussion de son mémoire, élevé aucune objection contre leur exactitude; de sorte que l'on doit, pour le moment, considérer comme à peu près admissible cette dépense d'environ 6 kil. de vapeur par cheval indiqué, extrêmement réduite, et qui paraît affirmée pour la première fois dans de pareilles conditions et d'une façon aussi probable.

Je signalerai au premier rang, parmi les perfectionnements ingénieux récemment apportés aux *distributions* des machines à vapeur, le *changement de marche hydraulique* de M. *David Joy*, bien connu comme l'un des promoteurs des plus heureux des distributions radiales (2). Le principe de cette disposition n'est pas nouveau : il a été étudié et appliqué dès 1887, avec beaucoup de talent, en France, par M. *Muller,* dont l'invention a été, dans ce *Bulletin* même, l'objet d'un rapport élogieux et des plus mérités de M. *Collignon* (3). Le succès n'a pas répondu aux espérances de M. Muller, mais il est permis de penser, en présence du succès de M. Joy, que cela tient peut être en grande partie à ce que M. Muller n'avait ni l'argent ni le minimum de savoir-faire de plus en plus nécessaire aux inventeurs.

On se rendra facilement compte du principe de l'invention de M. Joy par les figures 3 (n° 1 à 13), qui en représentent l'application à une machine locomotive.

Au lieu des quatre excentriques nécessaires pour la distribution des deux cylindres, l'essieu moteur n'en porte plus que deux, non pas directement, mais par un manchon prismatique B, calé sur l'essieu, et sur lequel chacun des excentriques E, entraîné dans sa rotation, peut coulisser sous l'action de deux paires de pistons hydrauliques R. R : une pour chaque excentrique. Ces pistons sont conjugués par des canaux J et I (fig. 3, n° 5) et par le corps même de l'essieu au moyen de deux tuyaux PP (fig. 6),

(1) *American Society of Mechanical Engineers*, Proc. Der. 1894. Trial of a recent Compound Engine with a Cylinder Ratio of 7 to. 1.

(2) *Inst. of Naval Architects*, Mars 1894. *Inst. of Mechanical Engineers*. Mai 1894. *Engineering*, 30 mars, 25 mai 1894, p. 432 et 693. *The Engineer*, 26 mai 1893, p. 445, 27 avril 1894, p. 348.

(3) Juin 1895 et *Bulletin technologique de la Société des anciens élèves des Arts et Métiers*, Nov. 1891, p. 793.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

débouchant sur les deux fonds d'un piston de changement de marche C (fig. 11)

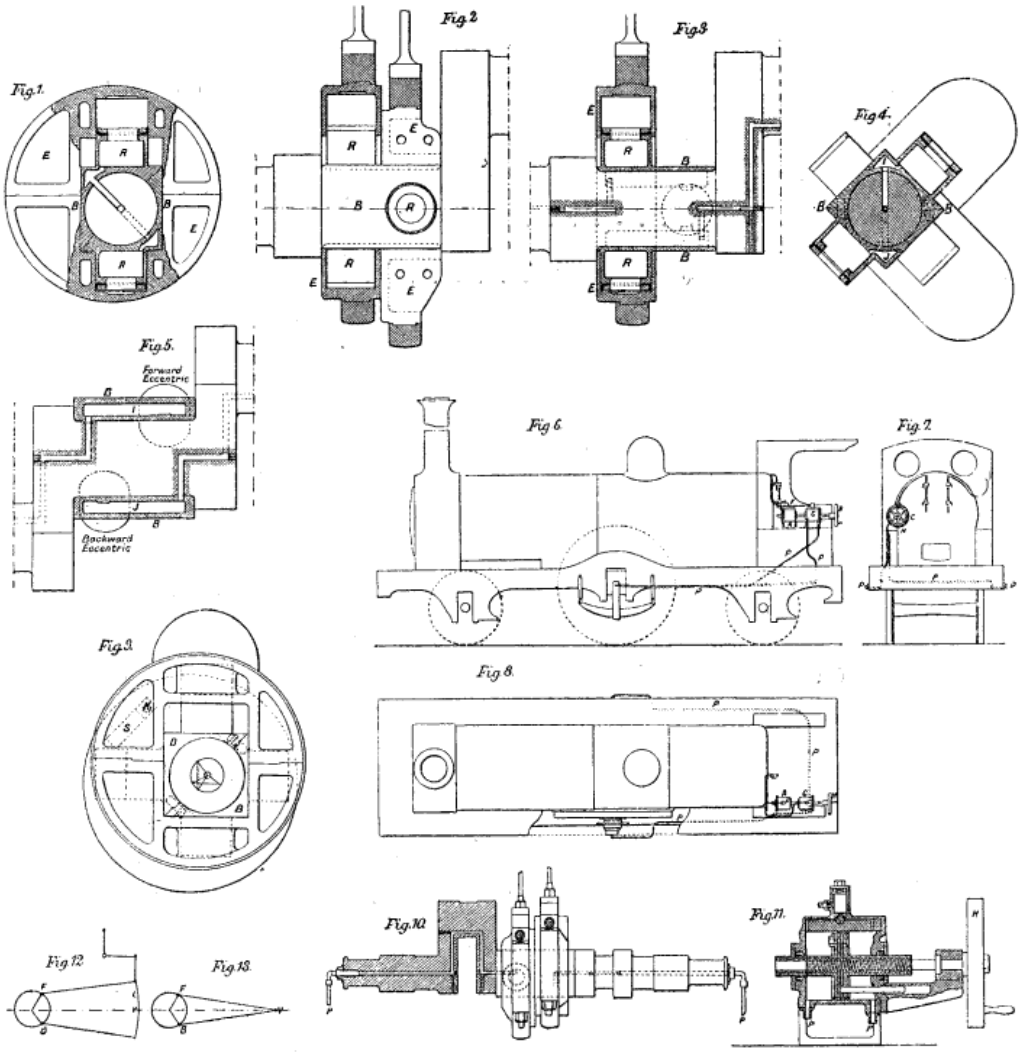


Fig. 3, nos 1 à 13. — Changement de marche hydraulique de Joy.

1. Coupe transversale par un excentrique E et une paire de pistons RR. — 2. Plan-coupe à gauche par la paire de pistons RR correspondante et à droite, avec la moitié de l'excentrique enlevée. — 3. Coupe par l'axe de l'essieu moteur. — 4. Coupe transversale par l'axe et le bloc B. — 5. Coupe diagonale par le bloc B, indiquant les canaux I et J dont l'huile amène les excentriques en marche avant (*forward*) et en marche arrière (*backward*). — 5, 6, 7 et 8. Montage de la tuyauterie sur une locomotive. — 9. Conjugaison des deux excentriques par coulisse J et glissière K. — 10. Détail des canaux de l'essieu moteur. — 11. Détail du servo-moteur. — 12 et 13. Schémas comparatifs des distributions par coulisse et par le système *Joy*, l'un : avec 4 excentriques : 2 de marche avant F, 2 de marche arrière B, et deux coulisses L à coulisseaux V, et l'autre avec deux excentriques seulement, chacune à la fois d'avant et d'arrière F et B (fig. 10) attaquant directement les tiges des tiroirs en V (fig. 4 p. 245).

rempli d'huile, comme toute la canalisation, de sorte qu'ils en suivent desmodromiquement le mouvement commandé soit à la main, soit par un servo-moteur à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vapeur ou à air comprimé A F, et à vis neutre H (1). Pour plus de sécurité, l'on a (fig. 9) conjugué les deux excentriques en munissant l'un d'eux d'un coulisseau K, pris dans la coulisse à 45° de l'autre, de sorte que leurs virages sont forcément égaux et rectangulaires. L'une des difficultés à vaincre était, dans la distribution de Joy comme dans celle de Muller, l'étanchéité du joint des tuyaux P avec l'essieu : ceux de M. Joy résistent facilement à 7 atmosphères; on en trouve le détail, ainsi que celui du servo-moteur, dans le brevet de M. Joy (2).

Les avantages du système sont : (fig. 4) sa grande simplicité *cinématique*, évi-

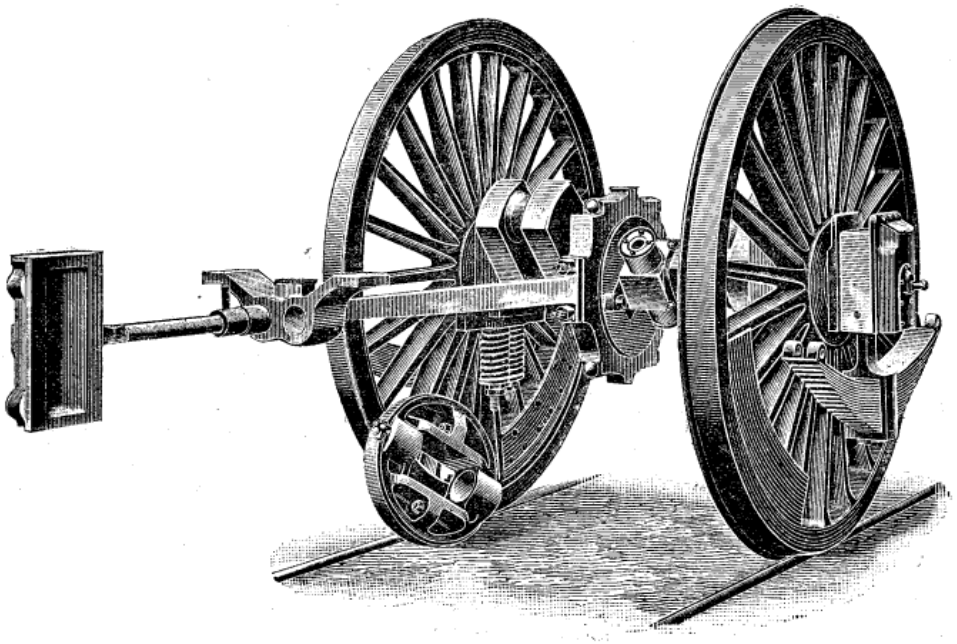


Fig. 4. — Montage de la distribution *Joy* sur la locomotive Sussex du London Brighton.

dente *a priori*, fig. 3 (n° 12 et 13) mais dont la pratique n'a pas encore détermine l'importance réelle : la symétrie parfaite de son action par rapport aux avances, etc. ; la facilité de son entretien et le bon marché de son établissement, principalement pour les grandes machines marines, auxquelles il paraît, en fait, mieux applicable qu'aux locomotives, et sur lesquelles il permet en outre, avec des excentriques indépendants, de faire varier indépendamment la détente aux différents cylindres des compound. Il va sans dire que toutes les dispositions sont prises pour réparer les fuites en marche : la rupture d'un des tuyaux P n'aurait d'ailleurs d'autre inconvénient que d'obliger à marcher à pleine admission jusqu'à

(1) Revue générale des chemins de fer. Août 1882, p. 104.
(2) Anglais, n° 15816 de 1891.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'arrêt. En somme bien que n'ayant pas encore reçu la sanction, d'une pratique prolongée, la nouvelle distribution de M. Joy mérite à tous égards d'être signalée à l'attention des mécaniciens.

L'une des principales difficultés que présente l'entretien des distributeurs oscillants du type Corliss est de maintenir leur étanchéité malgré leur usure et

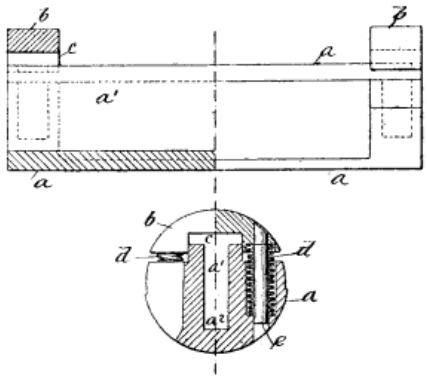


Fig 5 et 6. — Robinet Corliss Frickart.

celle de leurs tiges. Deux solutions intéressantes de ce problème ont été appliquées avec succès : l'une par M. *Frickart*, l'autre par M. *Bollinckx*.

La première consiste à munir les tourillons du robinet *a a'* (fig. 5 et 6) de chapeaux *b*, à ressort *a a*, les appliquant constamment sur leurs sièges, et permettant, par la consolidation qu'ils apportent aux joues du robinet, de faire l'entaille *a'* de sa clef plus profonde, sans risquer de la voir se rompre ou céder en a^2, de manière que cette clef commande le robinet avec plus de précision, et prenne moins de jeu.

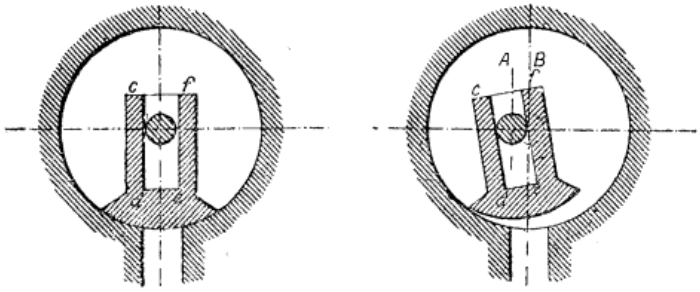


Fig. 7 et 8. — Robinet Corliss ordinaire. Quand les parties des tourillons s'usent, le centre d'oscillation passe de B en A, de sorte que le robinet *c f d e* ne ferme plus.

Quant à M. *Bollinckx*, il supprime presque entièrement l'effet de l'usure des tiges par la disposition bien simple suffisamment expliquée par les figures 7 et 8 t leurs légendes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nos lecteurs savent (1) avec quel succès les *tiroirs équilibrés* sont employés aux États-Unis sur les locomotives et les machines fixes, tandis qu'on ne les rencontre que très rarement chez nous. La fig. 11 représente le type fort simple de M. *Mac Donald* (2). L'équilibre y est réalisé par un piston F, rectangulaire, avec garnitures en U, ou cylindrique avec segments, appliqué sur le couvercle de la

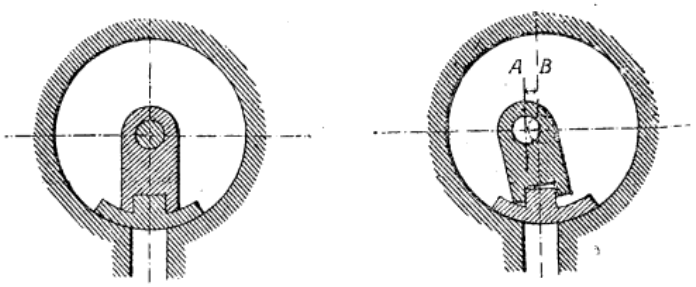


Fig. 9 et 10. — Robinet Corliss de *Bollinckx* dont la tige attaque la plaque à 10 ou 15 millim. de sa glace, de sorte que l'usure de la tige n'influe pas sur sa fermeture, comme l'indiquent les coupes ci-jointes relevées sur un robinet neuf et après quinze ans de service.

boîte par la pression de la vapeur, et communiquant par un tuyau C avec l'atmosphère de manière à empêcher toute rentrée des gaz de la boîte à fumée quand on marche sans vapeur : la retombée de F mettant, dans ce cas, le cylindre en

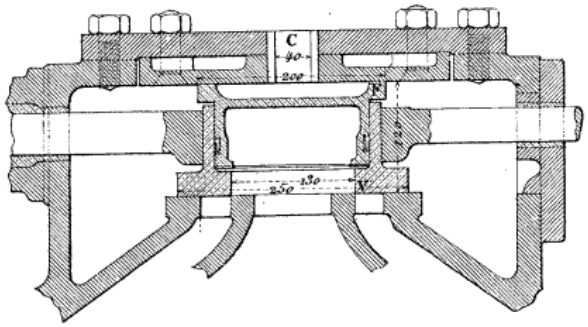


Fig. 11. — Tiroir équilibré *Mac Donald*.

libre communication avec l'atmosphère. Sur les chemins de fer du Japon, où ces tiroirs fonctionnent parfaitement depuis deux ans, la section du trou d'équilibre percé dans le tiroir V est égale à 0,52 p. 100 de sa surface.

M. *Hargreaves*, de Leeds, emploie aussi avec succès, principalement pour ses treuils à vapeur dont on renverse la marche à la main, des tiroirs équilibrés du type également fort simple représenté par la figure 12, dans lesquels le piston B

(1) *Bulletin* d'août, 1894, p. 535.

(2) « Note on a Pneumatic Balanced Slide Valve » *Inst. of Civil Engineers London*, vol. CXVII, paper n° 2689.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

est appliqué sur le tiroir A par la différence des pressions exercées par la vapeur sur ses bords et sous la membrane I, au travers du petit canal H.

Volants. — Parmi les accidents à redouter pour les machines à vapeur, l'un des plus graves est la rupture des volants ; mais, jusqu'à présent, ces ruptures ne se manifestaient guère que sur les machines de laminoirs, soumises à des variations de travail nécessairement très brusques. Actuellement, c'est sur une classe spéciale de machines : les machines rapides des stations électriques, que les ruptures de volants commencent à se produire, principalement aux États-Unis, avec une fréquence inquiétante. Ces machines sont, en effet, soumises, comme celles des laminoirs, à des variations de travail très brusques soit continuelles, par la nature même de leurs fonctions, soit accidentelles, comme, par exemple, par des mises en court circuit ; en outre, le volant sert presque toujours de poulie motrice, ce qui le rend plus sensible à ces variations de travail. Enfin, la chaleur développée par les glissements brusques et prolongés des courroies

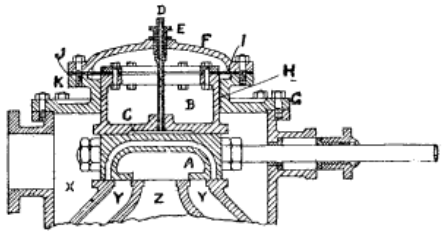


Fig. 12. — Tiroir équilibré *Hargreaves*.

YZY. Lumières d'admission et d'échappement A. Tiroir à dos percé avec piston B en communication avec l'atmosphère par D, pourvu d'un draphragme acier IJ, communiquant avec la chambre de vapeur X par l'étranglement H. K et F, couvercles. E, garniture.

suffit parfois pour déterminer, dans les jantes minces des poulies, des efforts moléculaires assez grands pour en occasionner la rupture, qui peut entraîner celle du volant (1). Il importe donc de prendre, pour ces volants et ces poulies, des précautions spéciales : éviter les tensions moléculaires dues aux retraits de fonderie (2), notamment en doublant les bras sur les poulies à jantes larges et minces afin d'atténuer les inégalités d'épaisseur, et surtout pourvoir la machine de régulateurs particulièrement efficaces, avec dispositifs d'arrêt automatique en cas d'emballement du moteur ou de rupture de la transmission du régulateur (3). La question des régulateurs est d'ailleurs, en elle-même, des plus importantes et des plus difficiles à résoudre pour les machines à vapeur des stations électriques, en raison même des variations incessantes de leur travail, et de la nécessité, dans bien des cas, d'éviter malgré cela la moindre variation de vitesse, considérablement amplifiée sur les dynamos et immédiatement sensible aux lampes. Le problème n'est pas moins difficile à résoudre si la vitesse de la machine doit, au lieu de rester invariable, varier au contraire, mais en fonction exacte du travail du circuit ; on peut même affirmer que, dans ce

(1) Accidents de Pittsburg et de Cincinnati. *Electrical World*. 18 nov. 1894, p. 498 et 499.
(2) Voir la solution de Ball. (*Bulletin* d'août, p. 561.)
(3) Comme ceux de Corliss, de Wettler et de Hart. (*Bulletin* d'août, p. 552.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

second cas, la régularisation est encore plus difficile, parce que l'on ne peut plus, comme dans le cas précédent — du moins pour les variations instantanées — l'aider de la force vive des volants.

Il est probable que l'on sera obligé pour résoudre ce problème d'une façon à peu près satisfaisante, d'avoir recours à des régulateurs (1) actionnés par le courant même des dynamos menées par le moteur, et qui permettent soit d'assurer une vitesse à peu près invariable avec une bonne dynamo compound, soit de faire varier sa vitesse de manière à maintenir un voltage constant (2).

Chaudières marines. — L'une des questions les plus importantes et des

(1) Voir, dans *La Lumière Électrique*, les régulateurs de Amet, 19 mars 1887, p. 561. Bosanquet et Tombinson, 21 nov. 1888, p. 343, 19 mars 1887, p. 563. Burrell, 14 janv. 1893, p. 61. Copeland, 17 janv. 1886, p. 105. Cook, 24 mars 1884, p. 305. Crompton, 17 janv. 1886, p. 104, Edison, 17 janv. 1896, p. 104. Elliott, 12 sept. 1891, p. 505. Garland, 16 avril 1892, p. 108. Gerwod, 31 mai 1884, p. 323. Goolden et Trotter, 19 mars 1887, p. 363. Hedges, 21 nov. 1885. p. 343. Jameson Halley, 17 janv. 1886, p. 102. Jenkin, 21 nov. 1885, p. 343. Johnson, 10 oct. 1886, p. 670. Jones, 27 juin 1891, p. 616. Kennedy, 27 juin 1891, p. 619. Lévy, 17 janv. 1886, p. 103. Maddison, 27 juin 1891, p. 619. Mudd, 31 mai 1884, p. 304. Parsonu, 27 juin 1891, p. 618. Pisell, 17 janv. 1891, p. 126. Ravenshau, 17 juin 1891, p. 620. Repogle, 13 avril 1892, p. 308. *Richardson*, 24 mai, 1884, p. 304, 21 nov. 1885, p. 341. Sankey, 21 nov. 1885, p. 341, Ihepard, 27 juin 1891, p. 617. Smith, 10 oct. 1886, p. 65. Tangwall, 10 oct. 1886, p. 660. Wahlstrom, 27 juin 1891, p. 619. Westinghouse, 24 mai, 1884, p. 305. Willsans, 24 mai 1884, p. 303, 17 janv., 21 nov. 1885, pp. 100, 337, 19 mars 1889, p. 562. Wilson, 24 mai 1884, p. 303. Voir aussi les mémoires de *Richardson* « The Mechanical and Electrical Regulation of Steam Engines » (Inst. of Civil Engineers, 5 février 1895) et de Sankey « Croverning Steam Engines » Inst. of. Mechanical. Engineers, fév. 1895.

(2) Détails et documents récents à noter sur machines à vapeur. Emploi de plus en plus répandu des *machines verticales pilons* dans les usines. Exemples : types de Hargreaves. (Engineering, 27 juillet 1894, p. 123 et The Engineer, 11 janvier 1895, p. 38.) Coates (id. 17 août, 230.) Sulzer, 1 200 chev. (Portefeuille des machines, nov. 1894) et les remarquables types à *bielles triangulaires* de King. (Brevet anglais, 21 579 de 1892.) et de Fergusson. (Brevet anglais, 21 073 de 1891. Engineering, 28 oct. 1893, p. 543. The Engineer, 24 fév. 1893, p. 266. American, Machinist, 27 déc. 1894, p. 9.) *Machines rapides* Brown. (Revue technique, 25 nov, 1894, p. 518. Carels. Engineering, 9 nov. 1894, p. 606. Westinghouse. Revue technique, fév. 1895). *Machine à deux vapeurs Seigle* : eau et kérosène bouillant, à 300°. (Brevet anglais, 11 961 de 1891). *Turbine à vapeur*, de Laval. (Bulletin de la Société des électriciens, mars 1894. Engineering, 17 août 1894, p. 223.) Morton. (Revue industrielle, 1 déc. 1894, p. 474.) Pignot (Brevet anglais, 10034 de 1891). Les *distributions rotatives* de Psaroudaki (Revue générale des sciences, 15 nov. 1894, p. 820), et de Proell. (Engineering, 25 mai 1884, p. 681.) *Études sur les Compound* de Rites, Ball., Jones, etc. (American Machinist, 2 août, 6 et 13 sept., 6 et 20 déc. 1894.) Sur *l'écoulement de la vapeur*, Parenty. (Comptes rendus, 20 août 1894.) Sur *l'influence de l'espace nuisible*, de Bessell. (Revue technique, janvier 1894, p. 42.) *Condenseurs* à air humide, Theissen. (Revue industrielle, 10 nov. 1894, p. 445, et Brevet anglais 6700, de 1892. Sels. Brevet anglais, 17 551, de 1891) ; *à jet*, Korting. (Bull. des ingénieurs civils, fév. 1894, p. 185.) *Sécheurs et surchauffeurs*, Dusert et Epeche. (Bulletin de la Société d'encouragement, fév. 1894). Schwoerrer. (Génie civil, 3 mars 1894. p. 280.) Grouvelle et Arquenbeurg, (Revue industrielle, 31 mars 1894, 122.) Macphait et Simpson, (Engineering, 16 fév. 1894, p. 244. The Engineer, 15 mars 1895, 228. Schmidt (Zeitschrift des Vereines Deutscher. Engenieure. janvier 1895, et brevet anglais, 7302 de 1893), *Réchauffeurs d'alimentation*, théorie d'Elliott. (Engineering, 11 janvier 1895. 63.) Fraser (the Engineer 20 août 1894, p, 334).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plus actuelles pour la marine est celle de la *transformation des chaudières*. Les chaudières de beaucoup les plus répandues sont toujours les types tubulaires à retour de flamme; mais elles paraissent avoir atteint, sur les grands paquebots, et surtout dans la marine militaire, à peu près leur limite d'activité et de puissance, même avec l'emploi du vent forcé. Il est très probable qu'il sera fort difficile de maintenir pratiquement, avec ces types de chaudières, les pressions très élevées, allant jusqu'à 15 atmosphères, vers lesquelles on tend de plus en plus par l'emploi des machines à triple et quadruple expansion. En fait, sur quelques paquebots de la marine marchande, et sur un grand nombre de bâtiments de guerre anglais, français, russes, les chaudières à tubes d'eau, *tubulées*, ou à petits éléments ont déjà supplanté les types tubulaires, et fonctionné assez longtemps et avec assez de succès pour permettre de considérer cette substitution comme à peu près définitive.

On connaît les avantages généraux de ce type de chaudières, dont les principaux sont leur inexplosibilité relative et leur faculté de pouvoir supporter des pressions très élevées. Il n'y a pas à insister sur la question de sécurité générale, tranchée depuis longtemps, et d'ailleurs évidente. L'explosion d'un tube peut parfaitement occasionner mort d'hommes; mais, en raison du faible volume d'eau renfermé dans leurs réservoirs et dans leurs tubes, l'on n'a pas à craindre, avec les chaudières tubulées, les explosions désastreuses des types à grand volume d'eau. Les avantages de la haute pression ne sont pas plus en discussion; en fait, on emploie, dans la marine, des pressions aussi élevées que le permet l'état actuel de la construction des machines. Reste la question d'économie de combustible, d'encombrement et d'entretien des chaudières tubulées. En ce qui concerne la dépense de combustible, on peut affirmer, qu'avec une grille assez grande, un brassage suffisant des gaz et une surface de chauffe assez étendue et bien présentée à la flamme, on obtient des chaudières tubulées une vaporisation par kilogramme de combustible égale sinon supérieure à celle des types ordinaires de la marine. Mais ces conditions exigent que l'on ne veuille pas, à tout prix, réduire et le poids et l'encombrement de la chaudière au strict minimum nécessaire pour un essai de quelques heures. Enfin, l'on ne doit pas oublier que la légèreté relative des chaudières tubulées est due, en grande partie, au faible volume de leur eau, qu'il ne faut pas non plus pousser à l'extrême sous peine de s'exposer à de grandes difficultés dans la conduite même automatique de l'alimentation. En fait, le type le plus pratique paraît devoir être, pour les navires, celui d'une chaudière tubulée à réservoir d'eau relativement considérable, à tubes droits facilement accessibles, à grande grille et à grand foyer, comme le sont, à quelques variantes près, les types de *Belleville*, *Collet*, *Roser*, *Babcox*, *Root*. La question de l'entretien de ces chaudières à la mer ne saurait encore être définitivement tranchée; c'est, en fait, une question d'espèce, variable avec chaque

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cas particulier; mais on peut néanmoins dire que, en général, si cet entretien n'est pas sensiblement plus onéreux que celui des autres chaudières, il exige plus de soin en raison notamment du grand nombre des joints, — qui doivent être, autant que possible, entièrement métalliques, — de l'énergie de la vaporisation qui fait constamment vibrer toute la chaudière, et de la nécessité, malgré l'activité de la circulation, d'éviter tout encrassement intérieur des tubes, par l'emploi de poches ou de réservoir de dépôt et surtout d'eau d'alimentation la plus pure possible. Il faut éviter aussi tout dépôt de suie sur les tubes, et employer de préférence des tubes en acier doux étiré ou laminé sans soudure, plus résistants à la pression, au feu, et surtout à la corrosion, en raison de leur homogénéité absolue.

Il nous serait impossible de passer, sans sortir du cadre de cette revue, de ces généralités à la discussion fort intéressante des détails de la pratique de ces chaudières, pour lesquels nous devons nous borner à renvoyer le lecteur à quelques sources récentes (1); mais nous ne saurions quitter ce sujet sans signaler ce fait : que l'emploi actuel des chaudières tubulées à la mer est dû, en très grande partie, à l'initiative de la marine française et aux travaux de la maison *Belleville*, qui ont fait faire à cette question de très remarquables progrès.

A l'extrémité de la région occupée par les chaudières tubulées, on doit citer les chaudières du type « *express* » ou à vaporisation instantanée, dont la variété la plus caractérisée est définie par exemple par les chaudières du type *Serpollet* (2) qui ne renferment pour ainsi dire pas d'eau, et dont l'inexplosibilité est absolue. Il n'est pas encore question de l'emploi de types aussi extrêmes à bord des torpilleurs, où leur vaporisation serait tout à fait insuffisante ; l'on est obligé d'avoir recours aux types express moyens, dont la vaporisation est excessivement active, et qui renferment un volume d'eau relativement très faible, mais suffisant pour occasionner néanmoins, lorsqu'un tube crève, des accidents épouvantables en raison de l'impossibilité où se trouvent les chauffeurs de s'échapper d'une soute pratiquement fermée. Les principaux représentants de ces types de chaudières sont celles de *Du Temple*, qui fut l'un de leurs initiateurs, *Normand*, *Yarrow*, *Thornycroft*, *Ward*, *Maxim*, *Mosher*. Là, il faut presque tout sacrifier à l'activité de la vaporisation, réduire au minimum le poids et l'encombrement; la question d'économie, d'entretien et de combustible, bien que des plus importantes encore, passe au second plan. La plupart de ces chaudières se composent de faisceaux de tubes — de préférence en cuivre ou en

(1) Consulter : Sur les chaudières tubulées employées à la mer. *J.-T. Mitlon.* « On Water. Tube Boilers. » Inst. of Naval Architects. Mars 1894, (types de Belleville, Anderson, Durr, Fleeming, Bleycheden, Yarrow, Seaton, Niclause, White, etc.) Les lettres de *Howden*. (Engineering, 13 et 27 août, 12 oct., 16 et 23 nov. 1894, p. 490, 557, 497, 649 et 679). L'*American Machinist* du 17 mai 1894, p. 9. L'*Engineer* du 2 mars 1894, p. 182.

(2) *Bulletin* de mars 1894, p. 101.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fer galvanisé — reliant un réservoir ou dôme de vapeur et d'eau placé au haut de la chaudière à deux réservoirs d'eau ou d'alimentation placés au bas. La circulation s'opère dans ces tubes d'une façon très énergique (1) par la différence entre la température des tubes les plus voisins et celles des plus éloignés du foyer, avec une certaine incertitude relativement à ce qui se produit dans les rangées moyennes des tubes, où est censé s'opérer le partage du courant de circulation entre les colonnes ascendantes et les colonnes descendantes. Ce phénomène de la circulation, dont le processus est encore assez mal défini, même dans les chaudières tubulées ordinaires, est ici particulièrement délicat et essentiel à bien connaître. Aussi, dirai-je quelques mots des remarquables expériences exécutées récemment à ce sujet par M. *Thornycroft*.

Les expériences de M. Thornycroft furent exécutées avec deux de ses chaudières pourvues, la première (fig. 13) de tubes débouchant dans le dôme de vapeur, au-dessus

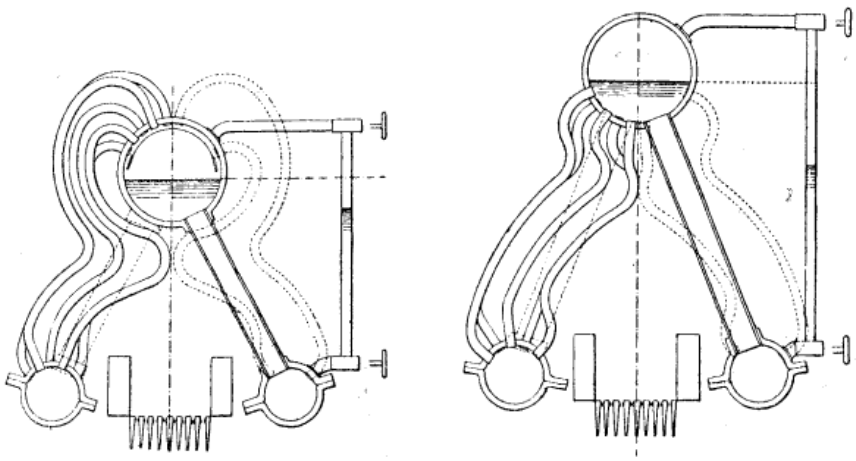


Fig. 13 et 14. Chaudières express expérimentales *Thornycroft*.

du niveau de l'eau, et la seconde (fig. 14) de tubes débouchant dans l'eau, avec puis sans tubes de circulation spéciaux à l'avant et à l'arrière de la chaudière. D'après M. Thornycroft, il faut, pour pouvoir obtenir la vaporisation la plus énergique possible par mètre carré de la surface des tubes, que ces tubes soient constamment remplis d'eau sans vapeur, par une circulation très énergique et toujours dans le même sens ; et, pour que cette circulation soit, toutes choses égales, la plus active possible, il faut que la pression soit constamment la même dans les réservoirs du bas de la chaudière et dans celui du haut. Si la pression baisse dans les réservoirs du bas, c'est autant d'opposé à la circulation : ces différences de pression étaient, dans les expériences de Thornycroft, données par les colonnes manométriques indiquées à gauche des figures 13 et 14.

(1) Égale, dans certains cas, à 105 fois l'alimentation ; c'est-à-dire que, pour 1 kilog d'eau vaporisée, il passe 105 litres d'eau dans les tubes (Thornycroft). *Inst. of Nav. Architects.* (Proc. mars 1894.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Avec la chaudière (fig. 13), c'est-à-dire avec les tubes débouchant dans la vapeur, la chute de pression n'augmente que très peu avec l'intensité de la vaporisation. Pour une vaporisation de 14^{k},6 par mètre carré de chauffe, la chute de pression était représentée par un abaissement de 25 millimètres de la colonne d'eau : avec une vaporisation de 100 litres, cet abaissement n'est que triplé, ou de 75 millimètres ; c'est-à-dire que la pression n'a baissé que de 15 p. 100 dans les réservoirs inférieurs. Avec les tubes débouchant dans l'eau (fig. 14), les dénivellations ont été beaucoup plus considérables : 75 millimètres pour une vaporisation de 14^{k},6, et 180 millimètres pour une vaporisation de 73 kilos. Enfin, avec cette même chaudière et les gros tubes de circulation indiqués sur la figure, la chute de pression augmentait rapidement avec la vaporisation, jusqu'à une sorte de point critique, à partir duquel l'abaissement de pression diminuant plus rapidement, la pression se rétablit dans les tubes du bas, probablement par la résistance que la vapeur éprouve à se dégager assez rapidement du haut des tubes. Plus la pression de régime est basse, plus vite l'on atteint ce point, à partir duquel on court un véritable danger de surchauffe ; mais, en faisant déboucher les gros tubes de circulation au-dessus de l'eau, dans les réservoirs supérieurs, on peut augmenter un peu l'énergie de la vaporisation sans atteindre ce point critique parce que l'on offre ainsi à la vapeur de ces tubes un dégagement plus facile.

Ces expériences qui, d'après M. Thornycroft, démontrent l'inutilité des gros tubes de circulation spéciaux et la supériorité des tubes de vaporisation débouchant dans la vapeur du dôme, ces expériences, dis-je, font aussi, par la considération du *point critique de circulation*, ressortir combien des différences de construction en apparence insignifiantes peuvent, en réalité, modifier du tout au tout l'allure de chaudières aussi surmenées et aussi sensibles.

Quant à l'activité que peuvent atteindre ces types de chaudières, je me contenterai de citer deux exemples. Avec les chaudières Thornycroft ordinaires, on peut compter sur une vaporisation moyenne de 25 litres par mètre carré de chauffe et par heure, pouvant être poussée jusqu'à 45 et 50 kilos. Dans les types extrêmes comme celui de *Maxim*, à tubes de cuivre de 10 millimètres de diamètre intérieur et de 1 demi-millimètre d'épaisseur, la vaporisation atteint 120 litres ; la chaudière ne pèse que 1^{k},40 par cheval indiqué au moteur, avec une pression de 20 atmosphères (1).

Il va sans dire que, pour ces chaudières, la question de la pureté de l'eau est tout à fait essentielle ; il faut y éviter absolument la graisse, surtout avec les tubes en cuivre, comme danger de surchauffe, et aussi comme provoquant, ainsi que la moindre impureté, des crachements ou primages inadmissibles (2).

Quant à la forme des tubes, la plus simple, et de beaucoup la plus pratique, principalement au point de vue du nettoyage, est celle des types droits ; *M. Yarrow* s'y tient et s'en trouve très bien ; mais la majorité des constructeurs comme

(1) *Journal of the Society of Arts*, 30 nov. 1894, p. 24.
(2) *Engineering*, 23 mars 1894, p. 400.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MM. Thornycroft, Du Temple et *Normand*, préfèrent les tubes ondulés, plus souples aux dilatations et d'une surface à la fois plus étendue et emprisonnant mieux la flamme. Comme matière, on emploie de préférence le fer ou l'acier doux galvanisé à l'intérieur et à l'extérieur, bien que la décomposition de l'eau par le zinc y produise parfois des mélanges détonants (1), et surtout le cuivre étiré sans soudure.

Je signalerai enfin, comme causes accidentelles et imprévues des explosions ou de l'usure très rapide de ces chaudières, une circulation parfois exagérée, remplissant de vapeur les tubes tout voisins du feu — que l'on pourrait éviter en faisant ces tubes plus gros que les autres — et les inégalités du feu, qui donnent lieu à la formation de pointes ou chalumeaux de chauffage, oxydantes et très énergiques, que l'on éviterait complètement, ainsi que le panache d'étincelles et de flammes de la cheminée, par un *chauffage au pétrole* (2).

On sait que la question de l'application du *vent forcé* est toujours actuelle dans la marine. Cette application permet d'augmenter en pratique jusqu'à de 30 à 35 p. 100 la puissance de vaporisation des chaudières : laissant ainsi à un navire de guerre, par exemple, la facilité extrêmement précieuse de pouvoir, à un moment donné, augmenter notablement sa vitesse, tout en réduisant l'encombrement de ses chaudières; aussi, l'emploi du vent forcé est-il de plus en plus répandu, presque universel dans les marines de guerre. A bord des paquebots, il s'est beaucoup moins répandu, principalement pour les longs parcours, où il serait précisément des plus utiles. La principale raison, bien connue des lecteurs de notre *Bulletin* (3), en est la grande fatigue que ce vent forcé impose aux chaudières, principalement aux tubes et aux plaques tubulaires ; aussi a-t-on cherché depuis longtemps, et principalement dans ces dernières années, à le remplacer par un tirage par *aspiration*. Je citerai notamment les belles expériences exécutées à ce sujet, pendant plusieurs années, par *MM. Ellis Eaves* et *Gross*, tant à la mer, sur des chaudières en service actif, qu'à terre sur des chaudières expérimentales.

Les principales caractéristiques du système sont indiquées par les figures 15 et 16. L'air aspiré par un ventilateur passe, avant d'arriver au foyer, au travers d'un long faisceau de tubes parcourus à l'extérieur par les gaz du foyer, qui arrivent ainsi au ventilateur à une température de 200° environ. Les tubes des chaudières sont du type *Serve*,

(1) Engineering, 23 mars 1894, p. 399.

(2) Documents récents à consulter sur les chaudières express : *Normand*, Brevet anglais 2315 de 1894. *Yarrow*. « the Engineer. » 22 juin 1894, p. 535. Brevet anglais 24,690 de 1891. *Thornycroft*. « Engineering », 23 mars 1894, p. 399. *Maxim* « Journal of the Society of Arts », 30 nov. 1893 et brevet anglais 19,254 de 1892. *Fleeming* et *Ferguson* « The Engineer », 16 fév. 1894, p. 152. *Mosher* « American Machinist. » 18 sept. 1890, brevet américain 472,309 de 1892.

(3) *Bulletin* d'août 1891, p. 427.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à ailerons, de 82 millimètres de diamètre, avec dispositifs spéciaux pour y retarder ou ralentir le passage des gaz. Aux Atlas Works, à Sheffield, le système est appliqué depuis trois ans à une batterie de 10 chaudières marines, qui fournissent jour et nuit la vapeur nécessaire à la marche de l'usine : elles brûlent régulièrement, sous une aspiration de 75 millimètres d'eau, 170 kilos de charbon par mètre carré de leur grille, qui a 1m,70 de long. Mais cette combustion peut être facilement portée, en augmentant la vitesse du ventilateur, à 250 et même 300 kilos par mètre carré de grille. La vaporisation, en eau ramenée à 100°, est respectivement de 10 litres et demi ou de 10 litres, suivant que l'on brûle 145 ou 220 kilos par mètre carré de grille. L'air arrive aux foyers à 160°, et les gaz aux ventilateurs à 230°, sans aucunement les détériorer : les foyers et

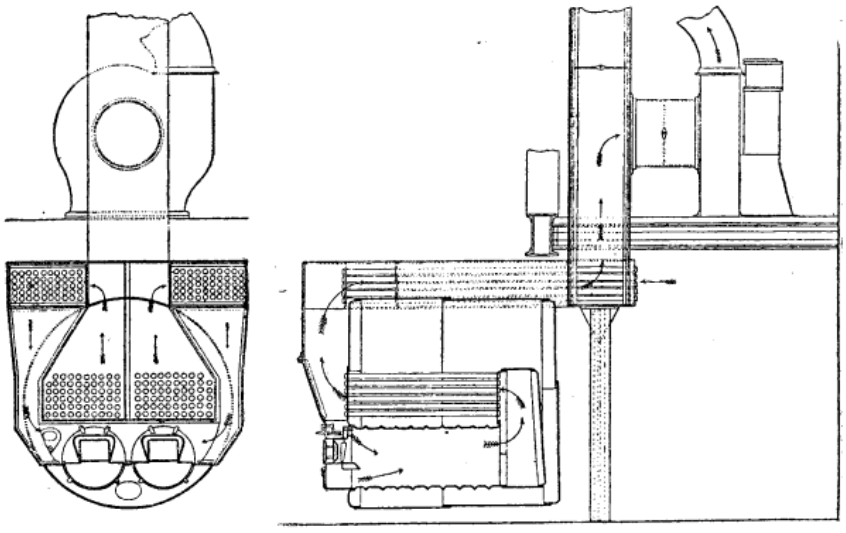


Fig. 15 et 16.

les tubes se maintiennent aussi parfaitement bien. Quant à la grille, il a suffi, pour lui permettre de résister aux combustions les plus énergiques, de la soulever de 50 millimètres à l'arrière, au lieu de l'incliner d'autant en sens contraire, comme dans la pratique usuelle. A la mer, le système fonctionne aussi très bien depuis 1893, sur trois transatlantiques de 7 000 chevaux et trois navires de 3 à 4 000 chevaux, faisant le service de l'Angleterre à l'Australie, avec des grilles de 1m,65 de long et des tubes Serve de 80 millimètres de diamètre, permettant de marcher facilement au tirage naturel en cas d'avaries aux ventilateurs. On y brûle de 125 à 155 kilos par mètre carré de grille; l'air arrive aux foyers à des températures variant de 100 à 150°, et les gaz du foyer ont de 150 à 200° aux ventilateurs, suivant l'allure de la marche (1).

On pourrait encore améliorer le système en employant, pour chaque chaudière, un ventilateur spécial, commandé au besoin par l'électricité, de manière à réduire au minimum les chances d'arrêt, et en remplaçant ou en complétant

(1) Pour plus de détails, consulter des Proceedings de l'*Institution of Naval Architects*, juillet 1893 et 1894.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le réchauffeur d'air par un réchauffeur d'eau d'alimentation ; mais il est certain que le système de tirage forcé par aspiration, de MM. Ellis et Eaves, bien qu'encore dans sa période d'essai, mérite d'attirer, plus qu'il ne l'a fait jusqu'ici, l'attention des ingénieurs.

Tuyauteries de vapeur. — L'emploi des hautes pressions et des puissances énormes actuellement usitées à la mer — jusqu'à 35 000 chevaux — ont rendu très difficile l'établissement des *tuyauteries de vapeur*, dont certains éléments ont parfois plus d'un mètre de diamètre; et des accidents très graves, dont quelques-uns tout récents, ont surabondamment démontré qu'il y a là quelque chose à faire. Les causes de ces accidents sont multiples. Ces tubes, presque toujours en cuivre, subissent, du fait des températures élevées auxquelles ils sont soumis, des altérations moléculaires qui peuvent, dans certains cas, en diminuer considérablement la résistance. Il semble que l'on pourrait avantageusement remplacer le cuivre par certains bronzes d'aluminium insensibles à ces températures de 150° environ ; en outre, la brasure introduit toujours, par la presque impossibilité de sa vérification complète, un élément de danger spécial. On a remplacé avec succès, sur la *Campania* et la *Lucania*, le cuivre par le fer, en tubes de 1 mètre de diamètre et de 15 millimètres d'épaisseur : ces tubes se tapissent bientôt d'un dépôt d'oxyde magnétique de fer qui les protège de toute corrosion ultérieure. Moins flexibles que les tubes de cuivre, ces tubes en fer exigent l'emploi des nombreux stuffing box, mais ces derniers constituent, ainsi que les supports flexibles, un élément de sécurité, parce qu'ils empêchent les tuyauteries de subir du fait de leur rigidité, en temps de roulis, des efforts dangereux et que l'on ne peut évaluer *a priori*. On peut aussi essayer de consolider ces tubes en les enroulant de plusieurs couches de fils d'acier ou de cuivre ; mais le mieux est d'éviter à tout prix leur principale cause de rupture : les coups d'eau. Les belles expériences exécutées en Allemagne par M. *Gurlt*, à la suite de l'accident de l'*Elbe*, ont absolument démontré non seulement la production de ces coups par impulsion de vapeur sur des poches d'eau formées dans les tubes, mais aussi leur violence pratiquement irrésistible, développant des pressions de 30 et même 40 fois celle de la vapeur admise : 200 atmosphères avec de la vapeur à 5 kilos. De là, nécessité de disposer les tuyauteries de manière qu'elles descendent toutes du dôme des chaudières à une sorte de collecteur du fond, d'où la vapeur monterait sans déviation aux machines. Ceci n'empêcherait pas, bien entendu, l'emploi de dispositifs de sûreté, dont l'un tout spécial, recommandé par M. Gurlt, consiste dans l'entourage des tuyaux par une enveloppe d'acier débouchant dans l'atmosphère, et dont l'autre, applicable à la machinerie tout entière du navire, consiste à pourvoir les chambres de chauffe et des machines de moyens de sortie : ponts, escaliers, etc., infiniment plus accessibles et plus larges que ceux actuellement employés, en général avec une incroyable parcimonie.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'un des moyens le plus souvent proposé, et depuis très longtemps (1), pour augmenter l'activité ou la puissance de vaporisation des chaudières, consiste dans l'accroissement de leurs surfaces de chauffe au moyen d'ailettes rayonnantes, absorbant puis transmettant à l'eau la chaleur des gaz du foyer, et cette solution générale a reçu, depuis quelques années, de nombreuses applications, principalement sous la forme de tubes à ailettes intérieures ou à ailerons du type *Serve*, que l'on réussit actuellement à fabriquer avec une parfaite régularité (2). L'une des conditions du succès de ces surfaces rayonnantes additionnelles est, en effet, qu'elles ne soient pas simplement appliquées sur les surfaces de chauffe préexistantes, car le défaut de conductibilité des joints empêche la transmission de la chaleur : elles doivent, au contraire, être, comme dans les tubes Serve, venues de corps avec les autres surfaces. L'emploi de ces tubes, déjà très répandus dans la marine, commence à se propager sur les chemins de fer. C'est ainsi que les nouvelles locomotives compound de marchandises à 4 essieux couplés de la Compagnie P.-L.-M. ont des garnitures de 139 tubes Serve en acier, de 65 millimètres de diamètre extérieur et $2^{mill.},5$ d'épaisseur, à 8 ailettes de 12 millimètres de haut sur $2^{mill.},5$ d'épaisseur. Ces tubes, de 3 mètres seulement de long entre plaques, présentent une surface de chauffe de $144^{m},5$, équivalente à celle d'une garniture de 307 tubes lisses de 40 millimètres de diamètre et de $4^{m},35$ de long, ce qui a permis de raccourcir d'autant le corps de la chaudière, et de diminuer son volume de $4^{m3},94$ à $3^{m3},53$, peut-être un peu aux dépens de la stabilité de son allure. Des expériences exécutées au chemin de fer du Nord ont également indiqué en faveur des tubes Serve une augmentation de puissance de vaporisation de 20 p. 100 environ à longueur égale (3).

Dans la marine, où l'on est moins gêné quant au diamètre des tubes, qui atteint jusqu'à 100 millimètres, avec des ailerons de 20 millimètres, on a également obtenu d'excellents résultats, principalement au vent forcé : une économie de combustible allant parfois jusqu'à 10 p. 100, et une augmentation de vaporisation atteignant, dans certains cas, 35 p. 100 (4). Le nettoyage s'opère

(1) C.-W. *Williams*. « Combustion and Economy. 3 édit. » p. 154. *Gustave Richard*. « La chaudière locomotive », p. 457.

(2) Notamment par des laminoirs spéciaux de la *Société des métaux* en France et de *Larson* en Suède.

(3) *Bulletin de la Société des ingénieurs civils*, juillet 1893, p. 52. *Revue générale des chemins de fer*, avril 1893, nov. 1894. Annales des mines, août 1894.

(4) *M. Blechnyden* a fait traverser par un jet de flamme des séries de tubes *Serve*, puis des

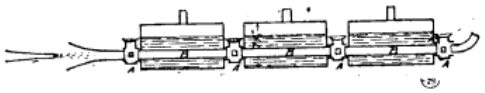


Fig. 17. - Expérience de Blechnyden sur le rendement des tubes *Serve*.

tubes lisses disposés en *B,B.B.* (fig. 17) dans de petites chaudières de 530 millimètres de long sur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

facilement par des jets de vapeur (1) et l'on pourrait, dans certains cas, augmenter encore ces avantages en complétant ces tubes par l'adjonction de spirales retardatrices du courant du gaz, comme celles de *Howden* (2), ou en donnant à leurs ailettes une torsion équivalente. Enfin, *M. d'Allest* a récemment proposé (3) d'employer les tubes Serve comme égalisateurs du tirage, en ne les admettant que dans les rangées supérieures des tubes, parcourues par les gaz les plus chauds : la plus grande résistance offerte au passage des gaz par les tubes Serve en dériveraient une plus grande partie sur les tubes lisses des rangées inférieures, ce qui assurerait une répartition de la chaleur plus uniforme dans l'ensemble des faisceaux tubulaires.

Fumivorité. — La question de la *fumivorité* est, cela va sans dire, plus que jamais à l'ordre du jour, et préoccupe de plus en plus les municipalités des grandes villes : Londres, Paris, New-York, Berlin (4), mais sans faire, pour cela, il semble du moins, aucun progrès véritablement pratique. Ce n'est pas une question d'économie de charbon, puisqu'il est presque impossible de perdre en fumée plus de 1 p. 100 du charbon passé sur la grille, mais bien surtout une question d'hygiène et de propreté, qui n'intéresse qu'indirectement l'industriel, et surtout le particulier producteur de fumée, sur qui les règlements seront toujours d'une application extrêmement difficile. En fait, ce qu'il faudrait trouver : c'est un ou plusieurs types généraux applicables à tous ou à presque tous les cas de la pratique, et tels qu'on puisse, d'une part, en imposer l'emploi, et que cet emploi rendît d'autre part la production de la fumée pratiquement impossible. Il va sans dire que cet appareil n'existe pas, et ne paraît pas devoir, si même il est possible de le réaliser un jour, s'inventer de si tôt; mais ce désidératum peut être — économie réservée — résolu en grande partie par l'emploi de combustibles gazeux engendrés, dans les grandes chaufferies, par des *gazogènes* comme ceux de Lancaucher, par exemple (5) et, pour les particuliers, par des usines de gaz de chauffage. Cette dernière solution, dont je mets à part la difficulté financière, est incontestablement, au point de vue technique, l'une des plus

190 millimètres de diamètre, soigneusement isolées, avec pyromètres Siemens en *A*. Les tubes Serve avaient 64 millimètres de diamètre extérieur et 7 ailerons de 11 millimètres sur 2 millim. et demi d'épaisseur : les tubes lisses, aussi en fer, avaient $60^{mm},4$ de diamètre extérieur et 52 millimètres intérieur. Température des gaz à l'entrée, 540°; à la sortie, 260°; puissance de chauffe par mètre carré de chauffe extérieure et par heure : tubes Serve, 16200 calories; tubes lisses : 12150; soit une augmentation de 33 p. 100 en faveur du tube Serve (*Engineering*, 5 oct. 94, p. 461).

(1) Exemple : l'appareil automatique de Kelley « American Machinist », 25 octobre 1884.

(2) Génie Civil, 3 déc. 1893, p. 71.

(3) Génie Civil, 11 nov. 1893, p. 31.

(4) Bulletin de la Société d'Encouragement de Berlin, juillet 1894, p. 232 à 275, et *Revue industrielle*, 5 janvier, 2, 9 et 16 février 1895.

(5) A citer, comme types récents de foyers gazogènes immédiatement appliqués à la chaudière, ceux de *Taylor et Lowe* « the Engineer », 8 juin 1894, p. 498.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

générales que l'on ait, jusqu'à présent, proposées pour le chauffage fumivore des habitations particulières ; mais c'est une question trop discutée et trop complexe pour être abordée ici ; je me contenterai d'indiquer seulement la nouvelle phase dans laquelle elle paraît entrer sérieusement en pratique aux États-Unis, par l'emploi du gaz à l'eau, seul ou mélangé au gaz de houille ordinaire, emploi facilité par le succès, en apparence définitif, des becs à incandescence : Auer, Fahneyeln, etc.

C'est également par la préoccupation de réaliser pratiquement un combustible fumivore que l'on est revenu récemment, en Allemagne, à l'ancienne idée de brûler les charbons sous la forme de menus pulvérisés extrêmement fins, flottés, pour ainsi dire, dans un large courant d'air, de manière à constituer avec lui, comme la poussière des mines, une sorte de mélange très inflammable, détonant même, et qui se brûle, avant de pénétrer dans le foyer proprement dit de la chaudière, dans une sorte de moufle en briques réfractaires, dont la haute température en provoque la combustion rapide et complète, en même temps que sa masse calorifique agit comme un volant de chaleur pour en assurer la régularité. Tel est le principe des appareils déjà anciens de *Crompton, Whelpley et Storer, Steavenson*, etc. (1), et aussi celui des appareils plus récents de *Baumert* et *Wegener* (2), de *Friedeberg* et de *Riedinger* (3) essayés en Allemagne avec une grande publicité, mais aussi avec des résultats souvent contradictoires, et sans que rien ne justifie *a priori* leur supériorité sur leurs prédécesseurs, qui ont finalement échoué.

Un autre moyen d'éviter la fumée, également très ancien (4), auquel on revient aujourd'hui, et qui semble, dans certaines circonstances malheureusement très rares, assez pratique, consiste à *laver la fumée* en faisant passer le courant gazeux, aspiré du foyer par un ventilateur, au travers de couches et de pluies d'eau ou d'épurateurs à coke convenablement disposés. La dépense assez faible occasionnée par le ventilateur peut être plus que récupérée par des réchauffeurs d'alimentation disposés dans le courant gazeux qui en sort à une température très basse : 150° environ, et sous une aspiration de 30 à 40 millimètres d'eau. L'expérience de quelques lavages de fumée en marche depuis assez longtemps pour en apprécier la pratique (5) semble démontrer, qu'avec des ventilateurs capables de suffire largement aux feux les plus poussés, l'on obtient ainsi une marche absolument fumivore.

(1) *Rankine*. La Machine à vapeur, traduction française, p. 695.
(2) La *Revue industrielle*, 17 février 1894, et brevet anglais, 22 402 de 1891.
(3) La *Revue industrielle*, 24 nov. 1894, p. 461 et brevet anglais 20834 de 1893.
(4) Brevet anglais *Perkins*, 7059 de 1836.
(5) Appareils *Elliot*. Monnaie de Birmingham (Engineering, 8 décembre 1893, p. 708) ; *Lebègue* « Revue industrielle », 18 mars 1893, p. 101 ; d'*Anthonay* « Génie Civil », 7 octobre 1893, p. 365 ; *Sand* « Scientific American », 27 octobre 1894, p. 261.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Hélices multiples. — L'une des questions actuellement les plus discutées dans la marine est celle du *nombre des hélices*. Presque tous les grands paquebots de date récente ont aujourd'hui deux hélices et deux machines. Le rendement est au moins égal à celui de l'hélice unique, la sécurité évidemment plus grande, et c'est le seul moyen de pouvoir réaliser les puissances colossales de 30 à 35 000 chevaux qui se rencontrent actuellement sur les transatlantiques express marchant à 21 nœuds, comme la *Lucania* et la *Campania*. Ces grandes puissances ne sont pas, on le sait, absolument économiques; le poids spécifique des machines et chaudières notamment, ou poids par cheval-heure indiqué, ne s'abaisse pas, comme on serait tenté de le croire, notablement avec l'augmentation de la puissance; il reste toujours aux environs de 200 kilos. Néanmoins, l'on trouve déjà ces deux hélices insuffisantes, et l'on remet en question les anciens projets de navires à *trois hélices* et à trois machines. Cette question a repris toute son actualité à la suite du succès remporté par l'heureuse application qui en a été faite, par *M. Melville*, aux deux grands croiseurs américains *Columbia* et *Minneapolis*. Ces croiseurs sont, comme tous ou presque tous les navires de guerre, dans des conditions très différentes de celles des paquebots en ce qui concerne, non seulement les conditions imposées par l'armement et l'installation de leurs machines, mais aussi leur utilisation. En effet, au lieu de marcher constamment à leur pleine puissance, ou à peu près, ces croiseurs doivent, au contraire, marcher normalement à une très faible puissance — jusqu'au dixième de leur puissance maxima — et pouvoir très vite atteindre cette puissance maxima, qui doit être assez grande pour leur assurer, en cas de poursuite, une supériorité de vitesse notable sur les paquebots les plus rapides. Or, le seul moyen de pouvoir marcher économiquement dans de pareilles conditions, c'est bien la division de la puissance en plusieurs groupes de machines indépendantes; en trois par exemple, dont une seule suffit aux faibles vitesses, et c'est cette considération qui a surtout décidé M. Melville en faveur des trois hélices.

Les trois hélices de la *Columbia* sont en bronze au manganèse, facilement débrayables, à trois ailes ajustables et de même pas : $6^{m},55$. Les deux hélices latérales, à $4^{m},60$ en avant de l'hélice centrale, ont $4^{m},57$ de diamètre, et l'hélice centrale a $4^{m},27$; elle est (fig. 18) à $1^{m},20$ en contre-bas des deux autres. Le pas de l'hélice centrale du *Minneapolis* est, au contraire, de 150 millimètres plus court que celui des hélices latérales, qui est de $6^{m},70$, et cette hélice fait environ un tour de plus par minute que les deux autres : 133 au lieu de 132, ce qui a suffi pour exiger de sa machine 700 chevaux indiqués en plus que les deux autres. Dans ces conditions, le *Minneapolis* a pu, avec un déplacement de 7 387 tonneaux et une puissance moyenne de 20 500 chevaux indiqués, réaliser aux essais la vitesse de 23 nœuds, sur un parcours de 160 kilomètres, et même atteindre 24 nœuds (38 kilomètres). Et non seulement on a atteint cette vitesse sans pré-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cédent pour d'aussi grands navires, mais le rendement des hélices, autant qu'on a pu l'apprécier par des comparaisons à l'aide des coefficients de Froude, a dépassé de plus de 10 p. 100 celui des hélices doubles placées dans des conditions analogues; enfin, grâce à son bon rendement en faible vitesse, le *Minneapolis* emporte assez de charbon : 2 200 tonneaux, pour pouvoir croiser pendant plus de cent jours à la vitesse de 10 nœuds. Sans insister d'avantage, et en nous bornant, comme l'exige le cadre de cette revue, à renvoyer aux sources (1), on peut affirmer que le succès du *Minneapolis* et de la *Columbia* a fait entrer la question des hélices triples dans une phase nouvelle, et que l'on ne tardera pas à les voir appliquées sur les grands paquebots aussi bien et avec autant de succès que sur les navires de guerre.

Propulseurs hydrauliques. — Je citerai encore, en ce qui concerne les pro-

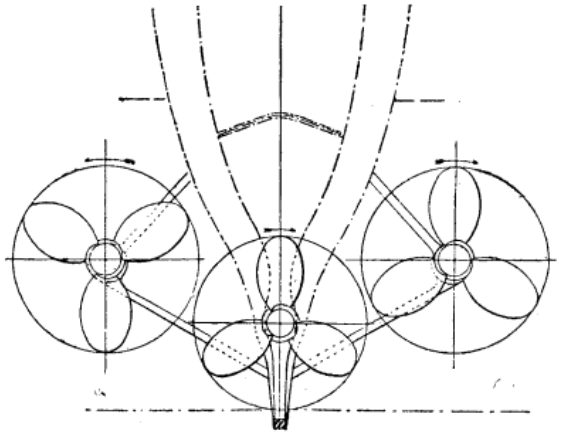


Fig. 18. — Arrière du croiseur Columbia.

pulseurs, une très intéressante tentative faite par *MM. Zeuner et Bellingrath* pour reprendre, sous une forme plus rationnelle et avec des appareils minutieusement étudiés dans leurs moindres détails, l'ancienne idée des *propulseurs à réaction* de Ramsey et de Ruthven. On connaît les avantages théoriques généraux du système : son extrême douceur, sa faculté de s'adapter, comme les aubes et avec moins d'encombrement, aux eaux les moins profondes, et d'éviter, à l'aide des dispositions très simples, fort bien étudiées par M. Zeuner, la nécessité de renverser la marche des machines pour changer celle du navire. Des essais exécutés sur l'*Elbe* avec des bateaux d'une certaine importance : 33 mètres

(1) Essais de *Marchal* sur le yacht La Carpe (Inst. of Naval Architects. trans. 1886). *American Society of Naval Architects.* Nov. 1894. *Engineering*, 26 oct. 1894, p. 563. *Engineering Magazine*, février et août 1894, p. 686 et 613. *Scientific. American supp.* 10 fév. 1894. A citer, comme navires de guerre à 3 hélices : *en France*, le Dupuy-de-Lôme (6 200 tonneaux, 14 000 chevaux), *en Allemagne*, la Kaiserin Augusta (6 000 tonneaux, 12 000 chevaux); *en Italie*, le Tripoli, le Montebello, le Mozanbano (3 torpilleurs de 800 tonneaux, 3 000 chevaux).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de long, déplacement 52^{mc}, 173 chevaux, ont donné des résultats satisfaisants : et ont démontré que ce système pouvait, dans certains cas, et pour la navigation fluviale, remplacer avantageusement l'hélice, et qu'il serait fort intéressant d'en faire un essai sérieux à la mer (1).

Quant aux *machines marines*, sous l'influence d'une lutte acharnée pour la vitesse, principalement sur les lignes transatlantiques, on peut dire que l'on est obligé de marcher coûte que coûte aux pressions et aux détentes les plus élevées possibles, et que l'on entrevoit déjà l'époque prochaine où les machines à triple expansion disparaîtront, pour les grands paquebots rapides, devant les machines à *quadruple expansion*, dès aujourd'hui adoptées par un certain nombre de compagnies, mais seulement pour des puissances relativement modérées. Tel est par exemple le cas du *Kensington*, de l'International Navigation C^{o} (1) : 2 machines de 4 000 chevaux; pression initiale 14 atmosphères, cylindres de 650^{mm},950, 1^{m},50 et 1^{m},90 de diamètre sur 1^{m},40 de course, vitesse 87 tours. Ce *Kensington* est un énorme cargo boat de 12 400 tonneaux; il peut transporter 1 000 émigrants, 120 passagers de cabine et 10 600 tonnes de marchandises à la vitesse moyenne de 14 nœuds; tandis que la *Campania*, de 12 500 tonneaux, avec ses 35 000 chevaux, ne transporte, à la vitesse il est vrai de 21 nœuds, que 1 600 tonneaux de marchandises. Bref, pour gagner 1/3 du temps, on dépense 4 fois et demie plus de puissance, et l'on transporte 7 fois moins de fret. C'est un exemple qui montre bien ce que coûte la vitesse à la mer.

On retrouve les machines à quadruple expansion sur les petits torpilleurs auxiliaires de la marine des États-Unis (2); mais, en Europe, on s'en tient encore, pour ces navires spéciaux, aux machines à triple expansion, extrêmement puissantes, actives et légères, comme celles de *Normand* et de *Thornycroft*. Comme exemple de ce genre de machines, je décrirai avec quelque détail celles du « Torpedo boat Destroyer » le *Daring*, représentées en perspective par la fig. 19, et schématiquement par les figures 20 à 27.

Chacune de ces machines comprend deux cylindres : l'un de haute pression, et l'autre de détente 2, de 480 et 685 millimètres de diamètre, puis deux cylindres de basse pression, 3 et 4, de 685 millimètres : course commune 405 millimètres. Chacun de ces cylindres est incliné par rapport à l'autre d'un angle permettant d'en rapprocher les axes et d'en diminuer la hauteur. Les pistons des cylindres 1, 2, 3 et 4 sont conjugués

(1) *Revue industrielle*, 6 octobre 1894, p. 305. A citer aussi le canot de sauvetage *City of Glasgow* à turbine *Thornycroft* (Engineering, 18 janvier 1895, p. 73.) Consulter sur les propulseurs hydrauliques *Barnaby* « on Hydraulic Propulsion » (Inst. of Civil Engineers, 26 février 1884), ainsi que les travaux de *Greindl* (note de M. Poillon) *Maginot et Pinette*. (La Nature, 29 septembre 1883) *Secor*. (Brevet anglais, 16253 de 1884 et Sctentific American, 24 juillet 1886.) *Dey*. (Brevet Anglais, 4809 de 1883.)

(2) *Engineering*, 10 août 1894, p. 199. A citer aussi les 2 machines de 3 500 chevaux du Northwest. Service des grands lacs aux États-Unis avec 28 chaudières, Belleville, turbines à 17 kilos. (*The Engineer*, 8 février 1895, p. 114.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

respectivement par des manivelles 6, 6_a, 6_b, 6_c, écartées de 180°, ou avec 6 à 90° de 6^b et 6^c à 90° de 6^a, de manière que les pressions sur les pistons s'équilibrent pratiquement d'une façon extrêmement remarquable. Les paliers, attachés aux fers de la coque chacun par deux boulons sont (fig. 25) reliés par un fer cornière 10 et par une plaque d'acier 10^a. Chacun des cylindres est porté par deux colonnes 11, à écrous 13 (fig. 25), serrant les chapeaux 12 des paliers : ces chapeaux s'enfilent sur les colonnes par les encoches 14 (fig. 28), à embases 15, dans lesquelles on cale l'écrou après serrage par le

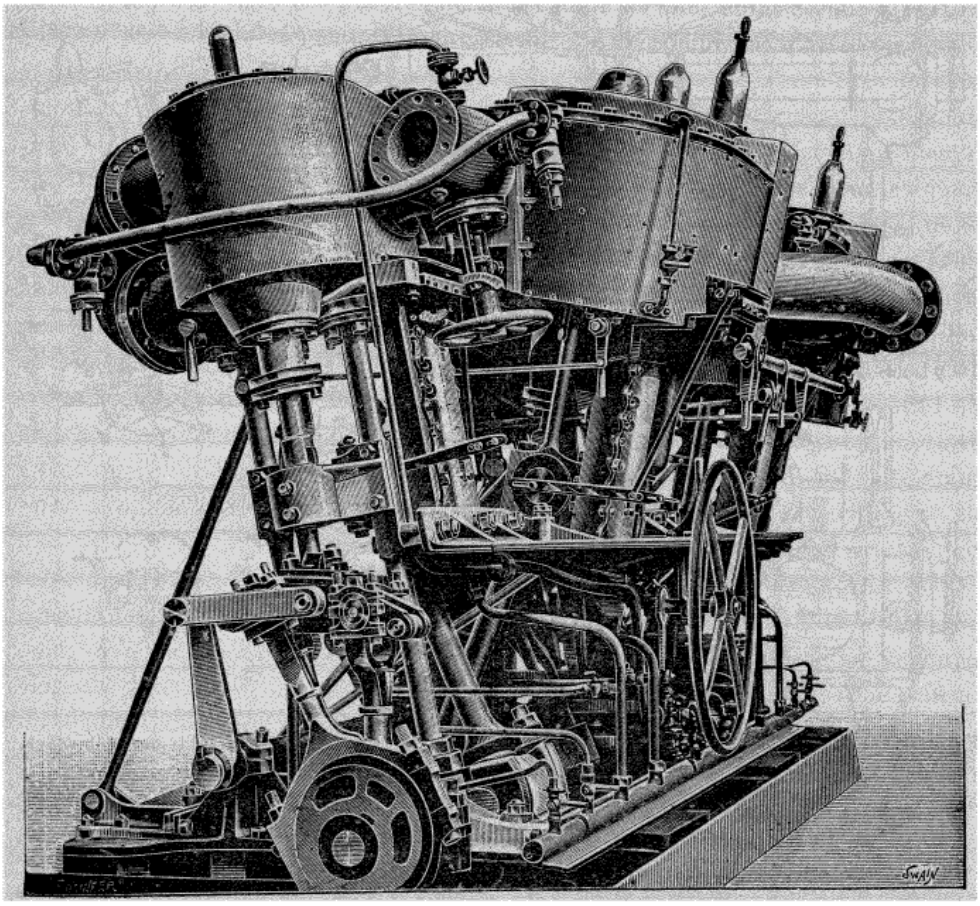


Fig. 19. — Machine du *Daring*. Vue de côté.

prisonnier 13_a, et qui permettent d'enlever facilement les chapeaux. Les colonnes 11, qui supportent directement l'effort du piston, sont contreventées par les tirants articulés 21, et réglés à hauteur par des coins 15, dont le serrage empêche tout jeu de leurs filets : elles sont, en outre, reliées par des traverses 17, qui guident les tiges des tiroirs, et par des plates-formes en acier coulé 18, qui supportent les glissières 19.

Afin d'empêcher le piston de haute pression d'exercer au départ une poussée non équilibrée sur l'arbre de couche, on a interposé entre la prise de vapeur principale 24 et l'échappement 25 du cylindre 1 au cylindre 2, une soupape automatique 23, disposée

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de manière que, au départ, la vapeur soit automatiquement admise en 1 et en 2. Le piston 2 exerce ainsi sur sa manivelle une pression équilibrant celle du piston 1, et la contre-pression exercée sur 1 par la vapeur de 25 réduit encore la fatigue de cet arbre. Cette soupape se compose (fig. 29) d'un piston différentiel 26, 26_a, à siège 27, qui reçoit la vapeur de 24 à la pression p par 28_a, et se soulève pour la laisser passer par 28 au cylindre 2, tant que la pression dans ce cylindre ne dépasse pas $\frac{p}{n} : n$, étant le

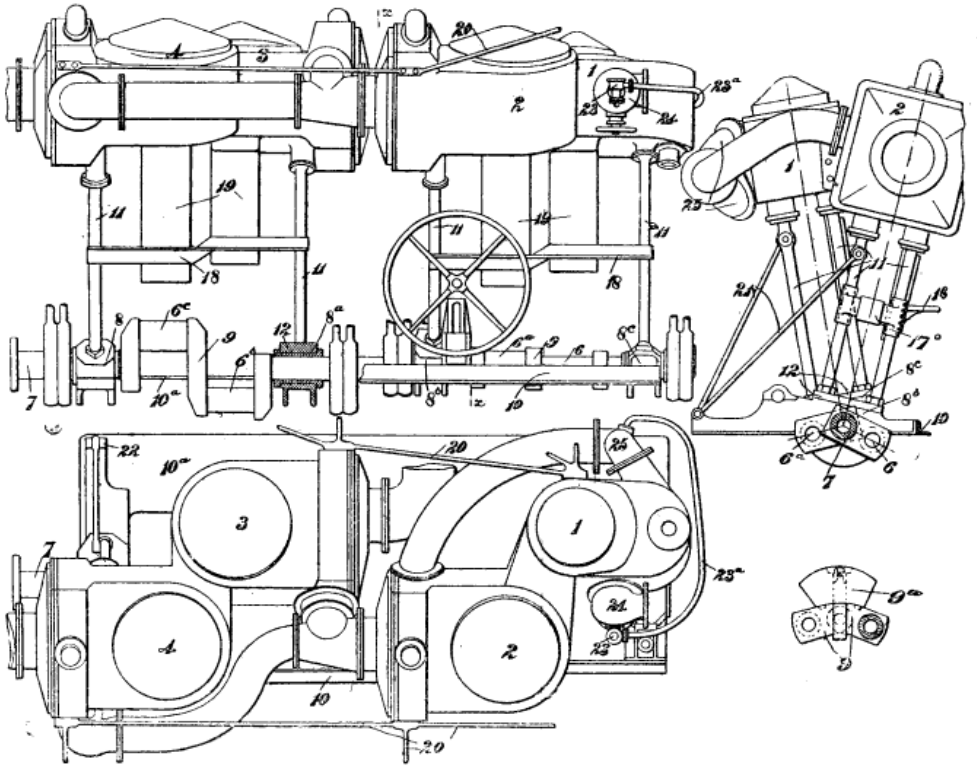


Fig. 20 à 24. — Machines du *Daring*. Élévation plan coupe *xx* et détail du contrepoids des manivelles.

1. Cylindre de haute pression. 2 cylindre de détente. 3 et 4 cylindres de basse pression. 11, colonnes à tirants articulés 21, 22, vissées dans les paliers avec coin de serrage 15 15*a* (fig. 26) et écrous 13, serrant (fig. 25) les chapeaux 12 de ces paliers, qui s'y enfilent par leurs encoches 14, 15 (fig. 27) dans lesquelles on cale les écrous 13, après serrage des prisonniers 13*a*. 17, traverses guides des tiges des tiroirs. 18, plates-formes supports des glissières, 19.10*a*, semelle du bâti. 10, cornière d'alignement. 20, tirant d'attache du cylindre. 24, prise de vapeur principale. 25, échappement du cylindre 1 à 2. 23, soupape de détente, ou *reducing valve*, composée (fig. 28, d'un piston différentiel 26, 26*a*, à siège 27, recevant la vapeur de 24 à la pression de la chaudière par 28*a*, et l'admettant par 28 au cylindre 2, sous une pression réduite. 30, garniture. 32, purge.

rapport de la surface totale de 26 à sa surface inférieure, soumise à la pression p, de sorte que cette soupape se ferme automatiquement dès que la vapeur d'échappement de 1 à 2 atteint une pression supérieure à $\frac{p}{n}$. Une soupape analogue, placée entre les cylindres 2 et 3, permet de démarrer avec les manivelles 3 et 1 aux points morts.

Aux essais, avec 2 hélices et 2 machines, à 389 tours et sous une pression de 14 atmosphères à l'admission : puissance indiquée, 4 644 chevaux ; déplacement, 240 tonneaux, le *Daring* a atteint la vitesse exceptionnelle de 28 nœuds 30.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On voit que, dans ce type de machines, tout a été prévu pour les rendre aussi légères que possible; et, en fait, l'on est arrivé, dans les torpilleurs, à des poids extrêmement réduits : 23 kilos, par exemple, par cheval indiqué pour la machine et les chaudières avec les types de Normand. On a aussi, bien entendu, réduit le plus possible le poids de la coque, notamment, dans quelques cas, par l'emploi d'un alliage d'aluminium à 6 p. 100 de cuivre pour les tôles et les carlingues. Cet alliage résiste à 22 kilos par millimètre carré, et a un coefficient d'élasticité plus

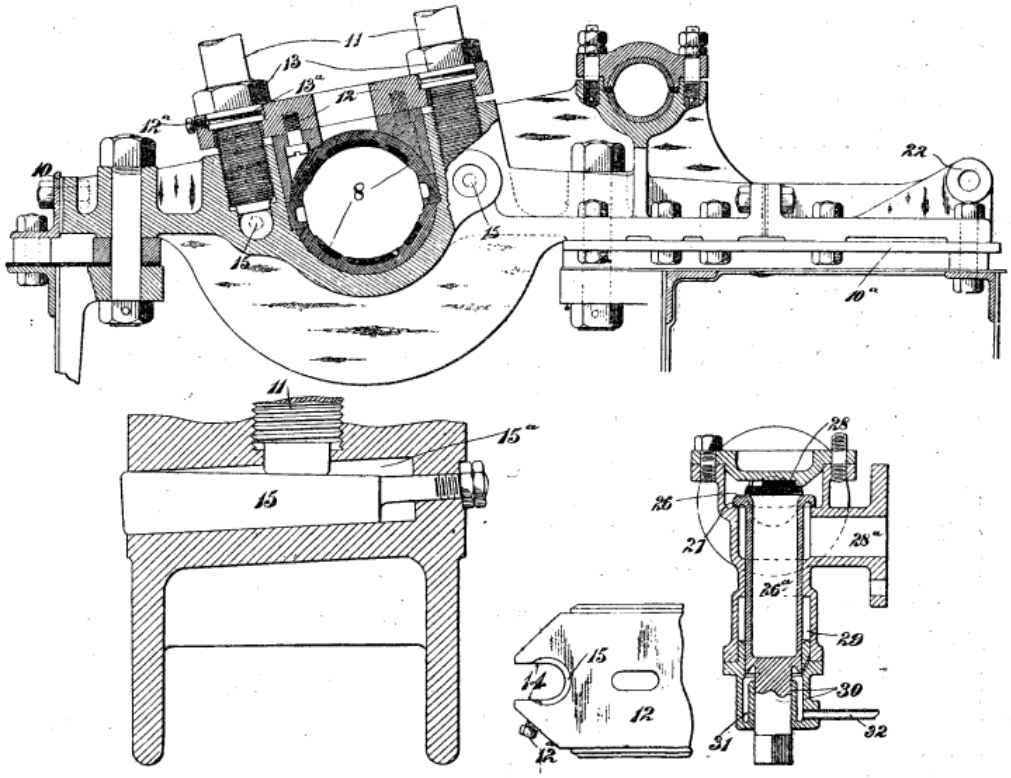


Fig. 25 à 28. — Machine du *Daring*. Détail des paliers et de la soupape de mise en train.

élevé que celui de l'acier, mais il ne résiste ni à la chaleur ni aux alcalis. Les coques des torpilleurs construites avec ce métal pour la marine française, par la maison Yarrow, ont 18 mètres de long sur 3m,80 de large au milieu, et ne pèsent que 2 tonnes. — Le torpilleur monté pèse 9 500 kilos, dont 3 000 pour les chaudières, qui ont 46m2,5 de surface de chauffe. Aux essais, avec 300 chevaux, on a obtenu, sans aucune vibration de la coque, la vitesse de 20 nœuds et demi, au lieu des 17 nœuds des mêmes types à coque d'acier; soit un gain de 3 nœuds et demi par la légèreté de la coque.

Locomotives. — Bien qu'il soit difficile de signaler d'importantes nouveautés

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans le domaine de la *locomotive*, on ne saurait nier que cette machine ne soit, comme les autres, comme les machines marines notamment, l'objet de perfectionnements continuels dans son ensemble et dans ses détails, et dont le but est d'augmenter à la fois la puissance, le rendement et la sécurité des locomotives, des express surtout.

En ce qui concerne la *puissance*, les locomotives américaines paraissent incontestablement au premier rang. En fait, il était impossible de ne pas être, à l'Exposition de Chicago, frappé de l'aspect véritablement grandiose de la plupart de ces locomotives : on comprendra la nécessité de ces types très puissants en remarquant que le poids des trains express dépasse souvent, aux États-Unis, dans les régions plates, 350 tonnes, non compris la machine et son tender, tandis que celui des trains de marchandises y atteint jusqu'à 2 000 tonnes. De là, des surfaces de grille atteignant souvent 3 mètres carrés, avec des foyers assez profonds (hauteur $1^m,80$ à l'avant, $1^m,50$ à l'arrière) brûlant des houilles bitumineuses; des surfaces de foyers ou de chauffe directes de 15 à 20 mètres carrés; des surfaces de tubes dépassant 200 mètres carrés (1), avec des diamètres de 50 millimètres et des longueurs dépassant rarement 4 mètres, et s'abaissant parfois à $3^m,20$. Le diamètre du corps cylindrique des locomotives express dépasse souvent $1^m,50$, et celui de certaines locomotives à marchandises atteint $1^m,90$. Le poids des express à quatre roues couplées et bogie oscille entre 55 et 60 tonnes, dont 35 à 40 en poids adhérent. Le poids, machine et tender, oscille entre 80 et 100 tonnes pour les express, et atteint jusqu'à 130 tonnes pour les marchandises. Ce sont là des proportions inusitées en Europe. Aussi n'est-il pas étonnant de voir les ingénieurs américains considérer, plus encore que les nôtres, la locomotive comme ayant atteint à peu près son maximum de puissance. On ne pourrait guère, il semble, y parvenir que par une modification radicale de la chaudière, et quelques ingénieurs américains, M. Barnes notamment, songent déjà à remplacer la chaudière tubulaire actuelle par des chaudières tubulées, analogues plus ou moins à celles des torpilleurs. C'est une idée fort ancienne (2) qui peut certainement être reprise aujourd'hui avec des données expérimentales nouvelles et nombreuses, mais il faut remarquer que l'on ne peut pas citer, à notre connaissance du moins, de ces chaudières ayant fait, avec des eaux non distillées, un service comparable, comme durée et comme sécurité, à celui de nos chaudières de locomotives, même les plus surmenées, de sorte que l'on aurait probablement à vaincre, pour aboutir dans cette voie, de très nombreuses difficultés.

(1) Compound Baldwin à 10 roues couplées, Foyer Wootten pour menus d'anthracite, à grille de $3^m,35 \times 2^m,50$. Diamètre du corps cylindrique, $1^m,90$. Timbre 13 kilos, 354 tubes de $3^m,65$. Surface de chauffe directe, $21^{m^2},80$, des tubes 205. Poids total en charge, 89 tonnes.

(2) *Gustave Richard*. La chaudière locomotive, p. 193.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En ce qui concerne le *rendement* des locomotives, on peut dire qu'il augmente, mais lentement, avec la pression, même par l'emploi du système Compound, vers les très hautes pressions, à mesure que l'on passe, par exemple, de 12 à 14 et 15 atmosphères, et que l'on n'est guère descendu au-dessous du chiffre déjà très bas de 10 litres d'eau, ou d'environ $9^{kil},5$ de vapeur sèche par cheval-heure effectif. L'emploi des réchauffeurs sécheurs, etc. — qui peuvent être très utiles à d'autres points de vue — ni même celui des distributeurs autres que ceux à tiroir, ne paraissent pas avoir, jusqu'ici, amélioré notablement le rendement des locomotives en marche normale. On pourrait peut-être gagner quelque chose en utilisant au réchauffage des cylindres une partie de la chaleur du gaz de la boîte à fumée, et c'est à ce titre que je signalerai tout particulièrement les travaux de M. *Kossuth*, ingénieur des chemins de l'État d'Italie, dont l'appareil aurait permis de réaliser ainsi des économies de combustible d'environ 10 p. 100 (1).

Parmi les combustibles utilisables sur les locomotives, l'un des plus intéressants est assurément *le pétrole :* exceptionnellement au point de vue de l'économie, comme dans certaines régions de la Russie, où il est employé depuis longtemps, mais, dans certain cas, au point de vue de la sécurité, comme fournissant une solution radicale de la suppression complète de tout danger d'incendies par projection de flammèches, d'escarbilles, etc.; considération qui est, comme on le sait, loin d'être négligeable dans certaines régions du midi de la France. C'est à ce titre que je décrirai avec quelque détail l'un des derniers types de brûleurs récemment appliqué en Angleterre par M. *Holden*, avec un succès confirmé par une longue pratique.

Le pétrole (fig. 29 à 40) est renfermé dans deux réservoirs du tender, F et F', avec serpentins de vapeur pour le réchauffer et lui conserver toute sa fluidité dans les grands froids : de ces réservoirs, le pétrole passe aux deux pulvérisateurs du foyer, par D''DD' et deux robinets C et C', manœuvrés soit isolément par les vis B et B', soit simultanément par la manette A. Dans chaque pulvérisateur, le pétrole arrive en P (fig. 41) se faire entraîner en une lame annulaire entre le jet de vapeur v' et le jet d'air F' : cet entraînement est complété par l'action d'une couronne de jets annulaires de vapeur VA, qui appelle en même temps, au travers des ouvertures du foyer, le complément d'air nécessaire à la combustion du pétrole. La particularité nouvelle de ces pulvérisateurs est que leur jet central d'air F est fourni par l'aspirateur du petit éjecteur de sûreté du frein à vide, qui fonctionne constamment, et dont la dépense de vapeur — équivalente à 300 grammes environ de charbon par train-kilomètre — est ainsi utilisée. En outre, l'air ainsi appelé traverse, avant d'arriver au pulvérisateur (fig. 29), un petit serpentin réchauffeur placé dans la boîte à fumée, de sorte qu'il arrive à l'appareil à une température assez élevée pour favoriser notablement la vaporisation du pétrole.

On emploie comme combustibles des résidus de pétrole, du goudron, du gaz, des créosotes, etc., et l'on conserve la grille ordinaire constamment recouverte d'une

(1) *Engineering*, 4 janvier 1895, p. 25.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

couche de 75 millimètres environ de charbon, ou d'un mélange de charbon, de chaux ou de briques réfractaires; les portes du cendrier sont ouvertes juste assez pour main-

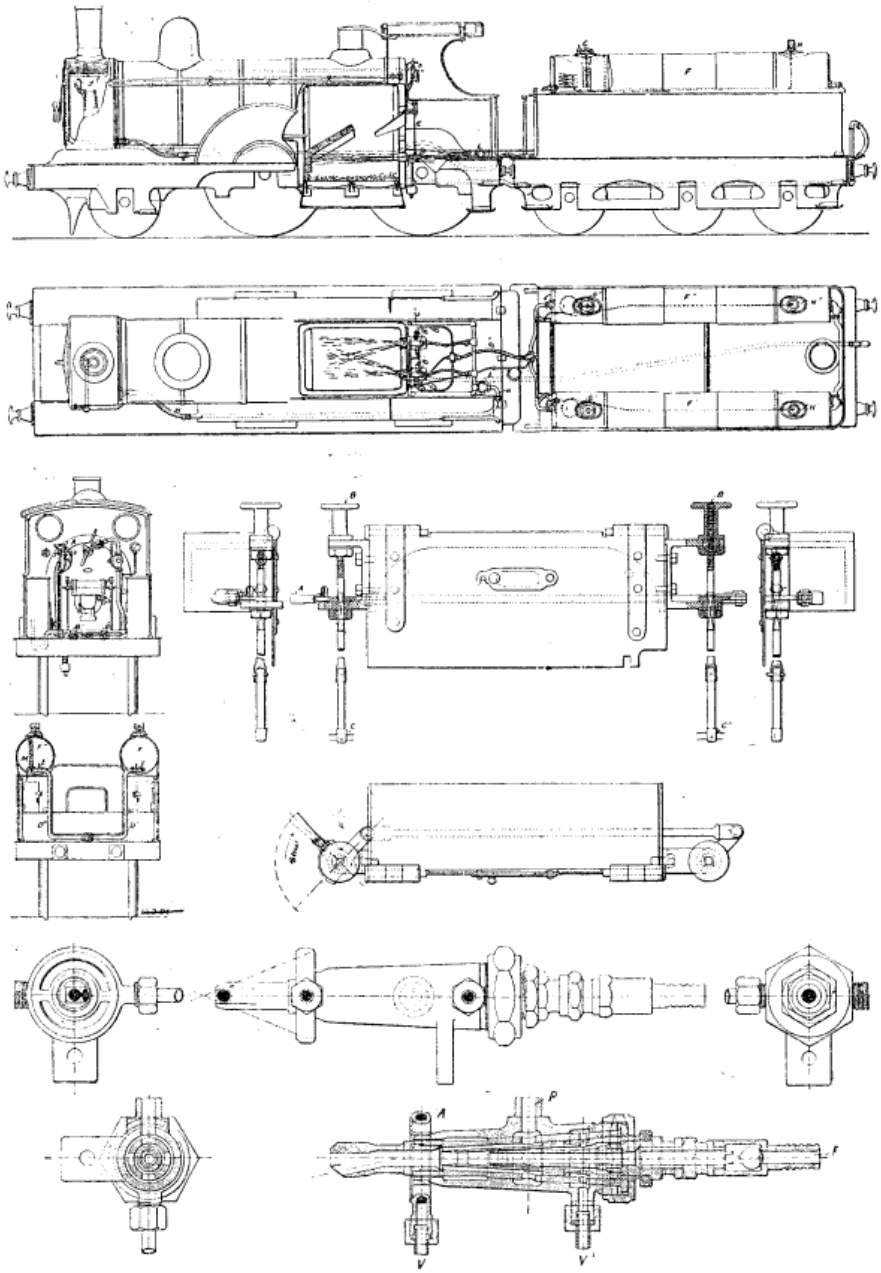


Fig. 29 à 41. — Installation du chauffage mixte *Holden :* pétrole et charbon à volonté, sur une locomotive du Great Eastern Ry. Ensemble de l'installation, détail de la manœuvre des robinets et de l'éjecteur.

tenir ce charbon à l'incandescence. On peut ainsi, en cas de manque de pétrole, ou pour toute autre raison, passer immédiatement au chauffage ordinaire par le charbon.

On compte qu'une tonne de pétrole vaporise, en raison de sa plus grande puissance

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

calorifique et de sa meilleure combustion, pratiquement autant que deux tonnes de charbon. On peut évaluer, d'après des relevés faits pendant un mois, sur un parcours de 4 000 kilomètres, la dépense moyenne de combustible, pour une forte locomotive express, à 0k,625 par train-kilomètre, dont 0k,330 de charbon pour la mise en feu, les stationnements, etc., et 0k,295 de pétrole par kilomètre en marche, au lieu de 1 kilogramme de charbon en marche sans pétrole; de sorte que la dépense reste la même avec du pétrole coûtant deux fois plus cher que le charbon (1).

Au point de vue de la sécurité, il convient de citer l'emploi de plus en plus répandu, principalement pour les express, de l'avant-train articulé ou *Bogie* dont la douceur et la stabilité ménagent la voie et diminuent les chances de déraillement aux aiguilles, croisements, etc., puis aussi l'emploi de l'acier et des fers fondus homogènes qui, convenablement traités et choisis, sont supérieurs aux meilleurs fers. On sait que, depuis longtemps, l'emploi de l'acier est presque universel aux États-Unis, et qu'il s'y s'étend même aux foyers et aux tubes des chaudières locomotives. Les avis sont encore partagés en Europe sur ce point particulier du remplacement du cuivre et du laiton par le fer homogène et l'acier, mais il est certain que l'on s'en trouve très bien en Amérique, et que cette substitution contribue pour une part notable au bas prix de revient des machines américaines, presque toujours inférieur, malgré le taux élevé de la main-d'œuvre, à 1 franc le kilogramme.

MÉTALLURGIE

ÉTUDE SUR LA VALEUR DES MÉTHODES LES PLUS USITÉES POUR LE DOSAGE DU CARBONE DANS LE FER, *par* **M. H. Ledebur.**

Le *Bulletin* de mars 1894 (p. 112 et suiv.) a publié un mémoire du professeur Hempel ayant pour objet l'examen comparatif des diverses méthodes employées pour le dosage du carbone dans le fer, comme celui de M. Ledebur qui est analysé ci-dessous; ces deux mémoires, présentés à un concours ouvert par le *Verein zur Beförderung des Gewerbfleisses* (celui de M. Ledebur a été classé en première ligne), méritent d'être reproduits ici l'un et l'autre, parce qu'à eux

1. Voir aussi les expériences exécutées par Baldwin pour le *Philadelphia and Reading Ry*, (*Engineering News*, 7 février 1895, p. 95). Le chauffage au pétrole est actuellement à l'essai pour le métropolitain de Vienne. Voir, sur le chauffage des locomotive au pétrole, *Gustave Richard*. « La chaudière locomotive » p. 104 à 123, puis les appareils d'*Urquhard*. (Inst. of Mechanical Engineers, août 1884, janvier 1889. Journal of the Franklin Institute, août 1888); ceux de *Holden* (Railway Engineer., janvier, avril et septembre 1891, p. 289 et 229. The Engineer, 15 mars 1891, 386, 22 juillet 1892, 63, 28 septembre 1894, 276. Portefeuille économique des machines, juillet 1890, 106. Revue générale des chemins de fer, novembre 1888, 333. Brevets anglais, 6059, 7755 de 1886; 1815 de 1891, et ceux de la *Petroleum Fuel and Motor C°* (Washington). (Engineering News, 2 février 1889, p. 91.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

deux ils constituent une étude assez complète de la question. Tandis que M. Hempel, en effet, s'est étendu surtout sur la méthode volumétrique de dosage de l'acide carbonique, tout en indiquant un grand nombre d'autres procédés, M. Ledebur, sans s'arrêter aux anciennes méthodes, a plus spécialement insisté sur les procédés de Särnström et sur la méthode au chlorure de cuivre ammoniacal, méthodes qu'il a décrites avec le plus grand détail. De plus, il a cité un procédé spécialement applicable au dosage du graphite, et le procédé colorimétrique d'Eggertz, qui avaient été passés sous silence par M. Hempel.

Remarques préliminaires. — Dans les recherches comparatives qui vont être exposées ici, on a employé d'abord une fonte grise au bois, à cassure pailletée, contenant 0,79 p. 100 de silicium et 1,54 p. 100 de manganèse. Cette fonte a paru préférable pour les premiers essais au fer malléable, parce que, comme elle contient une plus forte proportion de carbone et est moins facilement attaquable par la plupart des réactifs, elle permet de mieux juger les défauts que présente une méthode d'analyse. En outre, elle renferme le carbone sous ses trois formes principales : graphite, carbone de combinaison, et carbone de dissolution; chacune de ces formes a des propriétés distinctes, et un procédé applicable au dosage de l'une d'elles peut ne pas réussir pour les deux autres. Dans ce qui va suivre, on a donné à cette fonte le nom de *fonte grise*.

On a continué les essais avec de la fonte blanche contenant 3,70 p. 100 de manganèse et 2,60 p. 100 de phosphore. Cette fonte, bien que plus pauvre en carbone et exempte de graphite, par suite moins convenable que la fonte grise pour des recherches préliminaires, est plus difficilement attaquable que cette dernière par les réactifs; il fallait par suite s'assurer que les méthodes expérimentées convenaient à ces deux espèces de fonte.

On a terminé dans la plupart des cas la série des essais avec un acier au creuset (acier à outils) contenant 0,11 p. 100 de manganèse, 0,12 p. 100 de silicium, et avec deux aciers Thomas carburés par le procédé Darby.

Celui qu'on trouvera désigné par la suite sous le nom d'acier Darby A contenait 0,54 p. 100 de manganèse, l'acier Darby B en contenait 0, 56 p. 100.

La fonte blanche a été concassée dans un mortier en acier, les échantillons des autres types ont été prélevés à l'aide d'une machine à percer munie d'un foret émoussé, bien exempt de matières grasses, et avec toutes les précautions possibles. On s'est assuré qu'il valait mieux opérer ainsi qu'avec une lime.

Dosage du carbone en poids.

Pour doser le carbone en poids, on le transforme en acide carbonique que l'on recueille dans des tubes remplis de potasse ou de chaux sodée. La combustion s'opère en chauffant dans un courant d'oxygène ou en faisant bouillir avec un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mélange d'acide chromique et d'acide sulfurique concentré; les deux procédés sont également bons. Dans le travail ci-dessous, on les a appliqués l'un et l'autre au dosage du graphite : la combustion dans l'oxygène ayant donné en moyenne 2,745 p. 100, le traitement au mélange chromosulfurique a donné 2,749 p. 100. Comme le graphite est la forme sous laquelle le carbone brûle le plus difficilement, il y a tout lieu de conclure de là que les deux méthodes se valent.

Dosage du carbone total.
Procédés dans lesquels on ne sépare pas préalablement le fer.

1° *Combustion dans un courant d'oxygène.* — L'oxygène, préparé à la façon ordinaire par le chlorate de potasse, et provenant d'un gazomètre, passait dans un serpentin de Winkler rempli d'une lessive concentrée de potasse, dans un flacon laveur contenant de l'acide sulfurique de densité 1,83, dans un tube à chlorure de calcium, et dans un tube à combustion en verre peu fusible, long de 60 centimètres, rempli d'oxyde de cuivre préalablement bien chauffé (à l'extrémité de sortie, cet oxyde était en morceaux grossièrement concassés) Le tube était chauffé au moyen d'une rampe à gaz. Les produits de la combustion arrivaient ensuite dans un tube à chlorure de calcium, puis dans un tube à potasse qui absorbait l'acide carbonique, et était muni lui-même d'un tube à chlorure de calcium pour arrêter l'humidité de l'air. Après avoir introduit dans les tubes à oxyde de cuivre les échantillons de fer contenus dans deux nacelles en porcelaine préalablement chauffées, on a fait passer d'abord à froid un courant d'air dépouillé d'eau et d'acide carbonique, puis un courant d'air pur à chaud pendant une heure et demie, ensuite un courant d'oxygène à chaud pendant une heure trois quarts, enfin un courant d'air. On a expérimenté sur de la fonte grise.

En traitant par l'acide chlorhydrique bouillant le résidu contenu dans la nacelle après combustion, on a constaté qu'il restait une quantité très notable de graphite.

Dans une seconde expérience, le temps de passage des courants gazeux a été doublé, ce qui n'a pas empêché de retrouver encore une forte proportion de graphite non brûlé. On a encore moins bien réussi en réduisant le fer en poudre fine et en le mêlant à l'oxyde de cuivre, car la teneur en carbone ainsi trouvée a été moindre que celle donnée par les deux essais précédents.

En présence de ces résultats, on n'a pas essayé la méthode sur d'autres espèces de fers. Il est probable que l'on réussirait mieux en prélevant des échantillons à la lime et en chauffant plus longtemps. — Tamm (*Berg-und-Hüttm. Zeitung*, 1875, p. 79) donne ce procédé comme le meilleur, à condition de chauffer pendant très longtemps (31 heures pour le ferromanganèse). Blair, qui recommande également cette méthode (*Engineering and Mining Journal*, vol. 51,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

p. 399), l'a appliqué à l'acier, et non à la fonte. En somme, il ne paraît pas pratique pour les espèces de fers difficilement attaquables.

2° *Dissolution du fer dans un mélange d'acide chromique et d'acide sulfurique, sans faire brûler les carbures d'hydrogène produits (procédé de Jüptner et Gmelin).* — Ce procédé a été et est encore assez souvent employé. Gmelin emploie un matras allongé sans réfrigérant, fermé par un bouchon de caoutchouc, fait passer les gaz dans des tubes contenant le premier de la pierre ponce imprégnée d'acide sulfurique, le second du chlorure de calcium, le dernier de la ponce imprégnée de potasse et du chlorure de calcium, afin de retenir l'acide carbonique (appareil représenté sur la fig. 1). Jüptner et Gmelin opèrent sur 1 gramme à 1^{gr},5 de métal, qu'ils traitent par 8 à 10 centimètres cubes de solution chromique saturée, par 200 centimètres cubes d'acide sulfurique de densité 1,65, saturé d'acide chromique (par digestion sur des cristaux de ce corps), et par 50 centimètres cubes d'acide sulfurique de densité 1,10. Les liquides doivent être versés à l'aide d'une pipette, de façon à se superposer sans se mêler dans le matras. L'appareil étant monté, on s'assure au moyen de l'aspirateur *f* qu'il est bien étanche, et on porte à l'ébullition. L'aspirateur doit rester fermé pendant toute l'opération, ainsi que l'entonnoir à robinet qui sert à l'introduction des liquides; on ne rouvre ce dernier qu'à la fin de l'ébullition, pour balayer les gaz de l'appareil au moyen de quelques litres d'air exempt d'acide carbonique. Suivant Gmelin, on doit régler la température de façon à ce que la dissolution et l'oxydation soient terminées au bout d'une demi-heure. On chauffe néanmoins d'habitude pendant une heure à une heure et demie et on fait passer pendant trois quarts d'heure le courant d'air final.

Quatre essais effectués sur de la fonte grise, essais dans lesquels on a fait varier les durées d'ébullition, ont donné des résultats très différents entre eux et tous plus faibles que ceux fournis par les autres procédés. Deux essais sur de l'acier au creuset ont donné des résultats également trop faibles, quoique plus comparables entre eux. Il n'y a donc pas lieu de considérer cette méthode comme satisfaisante. Les essais ci-dessus ont été faits pendant l'hiver, dans un laboratoire modérément chauffé; on ne peut donc attribuer leur insuccès à la haute température de la salle, circonstance qui a une certaine influence, ainsi qu'on le verra plus loin.

3° *Dissolution du fer dans un mélange d'acide chromique et d'acide sulfurique, puis combustion de l'hydrogène carboné (procédé de Särnström).* — Särnström (*Jernkontorets Annaler*, 1884, p. 485,) dit qu'on peut obtenir de bons résultats avec la méthode Jüptner-Gmelin, à condition de transformer l'hydrogène carboné produit en acide carbonique et en eau, en le faisant passer au rouge sur de l'oxyde de cuivre ou dans un tube capillaire de platine. Ce procédé est principalement employé en Suède.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Särnström opère dans un matras de 200 millimètres de hauteur et de 100 millimètres de diamètre, fermé par un bouchon en caoutchouc à deux trous. Dans l'un des trous passe un entonnoir à robinet descendant jusqu'au fond du vase, et dans l'autre s'emmanche un tube pour l'échappement des gaz, dont l'extrémité inférieure affleure au bouchon et dont une partie, renflée à quelque hauteur au-dessus du bouchon, est entourée d'un manchon réfrigérant. Les gaz, après avoir traversé ce tube, et après avoir passé sur l'oxyde de cuivre ou dans le tube de platine, sont amenés dans un serpentin rempli d'acide sulfurique concentré et enfin dans des tubes à potasse.

Dans une première série d'expériences, on a essayé d'employer l'appareil de

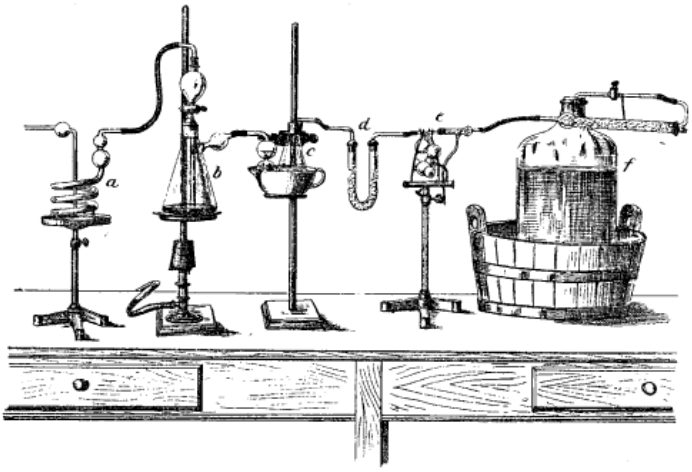


Fig. 1.

la fig. 1, en interposant entre le flacon laveur *c* et le tube à chlorure de calcium *d* un tube de verre rempli d'oxyde de cuivre concassé et chauffé par une rampe à gaz. On a fait quatre essais avec de la fonte grise, et les résultats obtenus ont constamment été trop faibles. L'acide sulfurique du flacon laveur *c*, retiré de l'appareil, répandait une odeur assez forte qui rappelait celle de l'aldéhyde, ce qui a fait supposer qu'il se formait une combinaison de l'acide chromique et de l'hydrogène carboné, combinaison soluble dans l'acide sulfurique et qui ne parvenait pas, par suite, jusqu'au tube à combustion. On s'est alors servi de l'appareil que représente la fig. 2; c'est celui dont s'est servi Särnström, avec quelques modifications de détail : *a*, serpentin de Winkler contenant de la lessive de potasse, *b*, ballon de 400 centimètres cubes, *c*, tube à combustion contenant de l'oxyde de cuivre concassé, *d*, flacon laveur à acide sulfurique, *e*, tube à chlorure de calcium, *f*, appareils à boules contenant la lessive de potasse, *g*, aspirateur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Tant que la température du laboratoire ne dépassa pas 20°, l'appareil fonctionna bien, mais lorsque vint la saison chaude, on trouva constamment des résultats trop faibles, d'autant plus faibles que la température de la salle était plus élevée.

On s'est aperçu alors que le courant d'air sec, qui passait d'une façon continue pendant plusieurs heures à travers les tubes à potasse, leur enlevait plus d'humidité que n'en retenait le tube à chlorure de calcium adapté aux tubes à potasse. L'introduction, dans le tube à chlorure de calcium destiné à dessécher les gaz avant leur passage sur la potasse, d'un tampon d'ouate bien imbibé d'eau ne réussit pas à obvier à cet inconvénient. Il faut admettre que, lorsque la tem-

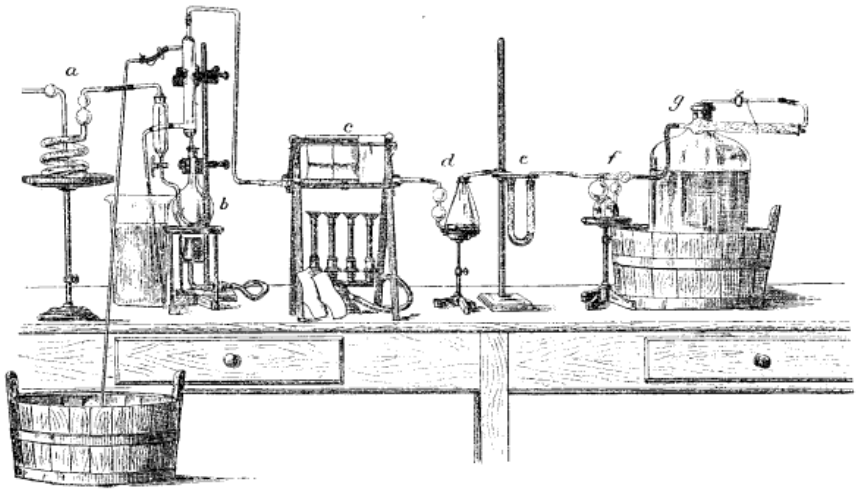


Fig. 2.

pérature ambiante est plus élevée, la potasse cède plus aisément son humidité et aussi que le chlorure l'absorbe plus difficilement, car l'addition d'un second tube à chlorure de calcium ne réussit pas. On ne peut arrêter l'eau en excès qu'au moyen d'un tube à acide sulfurique concentré placé entre l'appareil à potasse et l'aspirateur.

Dans six essais effectués à des températures extérieures variant de 24° à 30°, le poids d'eau absorbé par l'acide sulfurique, le courant gazeux passant pendant 2 heures et demie à 4 heures, a été au minimum de 7 milligrammes et au maximum de 14 milligrammes. On s'est assuré que l'eau absorbée par l'acide sulfurique provenait bien des tubes à potasse, en vérifiant la perte de poids éprouvée par ceux-ci, aussitôt que la formation d'acide carbonique avait cessé et qu'on faisait passer le courant d'air. Le chlorure de calcium employé était en apparence tout à fait sec. La lessive de potasse avait été préparée en faisant dissoudre 15 grammes de potasse dans 25 centimètres cubes d'eau.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On a été conduit dès lors à donner à l'appareil la forme indiquée fig. 3. Le tube à oxyde de cuivre *c* et le flacon *b* sont identiques à ceux de la fig. 2. Mais au lieu du flacon laveur on adapte derrière le tube à oxyde de cuivre un serpentin *d* contenant de l'acide sulfurique concentré, à la suite duquel on place immédiatement le tube à potasse; après vient un tube à acide sulfurique *f* et enfin l'aspirateur. Le tube à acide sulfurique employé est le tube à boules de Mitscherlich; on peut employer également le tube à robinet de Schmitz.

Särnström opère sur 2^{gr},7273 de métal, de façon à n'avoir plus qu'à multiplier par 10 le poids en grammes trouvé pour l'acide carbonique, pour avoir la teneur p. 100 en carbone. Il dissout le fer dans de l'acide sulfurique de densité 1,83, étendu de son volume d'eau et additionné de 15 centimètres cubes

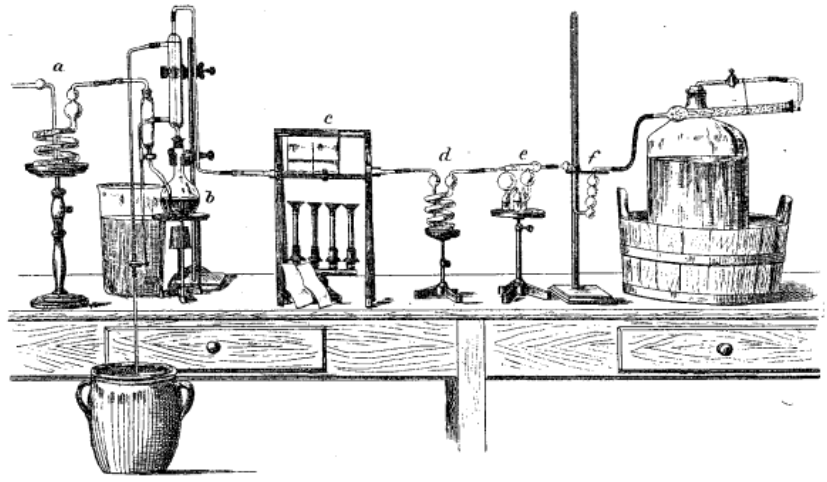


Fig. 3.

d'acide chromique. Pour modérer le dégagement gazeux pendant la dissolution, on prépare le mélange acide comme dans la méthode de Jüptner-Gmelin; on mêle dans un vase de verre 15 grammes d'acide chromique avec 75 centimètres cubes d'acide sulfurique à 1,83, on agite, on dissout la moitié de l'acide chromique, on verse cette solution dans le ballon, on ajoute 75 centimètres cubes d'eau dans le vase contenant le reste de l'acide chromique et de l'acide sulfurique, on refroidit, on verse dans le ballon, et on ajoute 75 centimètres cubes d'acide sulfurique étendu de son volume d'eau. On produit à l'aide de l'aspirateur un courant *continu* de gaz exempt d'acide carbonique, on chauffe avec précaution le liquide, on le maintient à l'ébullition pendant 2 heures ou 2 heures et demie, sans interrompre le courant d'air, et on pèse le tube à potasse. Pour s'assurer que tout l'acide carbonique a été absorbé, on remet en place le tube à potasse, on chauffe de nouveau pendant quelque temps, et on fait une seconde pesée. Il

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

se produit quelquefois des projections lorsque les liquides se mélangent dans le ballon. On peut les éviter et amener le dégagement gazeux à être à peine sensible au commencement de l'ébullition, en employant un mélange à parties égales d'acide sulfurique et d'eau, saturé d'acide chromique par digestion sur des cristaux de cet acide, puis une solution aqueuse saturée d'acide chromique (180 grammes d'acide pour 100 centimètres cubes d'eau).

Dans les essais ci-dessous, on a opéré sur $1^{gr},5$ de fonte, avec 12 centimètres cubes de solution chromique et 150 centimètres cubes de mélange chromosulfurique; pour le fer malléable, on a opéré sur 3 grammes avec 15 centimètres cubes de solution chromique et 200 centimètres cubes de mélange acide. Il faut avoir soin que le métal tombe bien tout entier au fond du ballon et que les copeaux s'y étalent. On monte alors l'appareil, on s'assure de son étanchéité au moyen de l'aspirateur, on retire le tube à potasse et le tube à acide sulfurique, on relie le serpentin *a* au tube du flacon, et on aspire quelques litres d'air dépouillé d'acide carbonique. On allume alors la rampe à gaz du tube à combustion, on replace le tube à potasse et ses accessoires, on ferme l'aspirateur et on chauffe l'oxyde de cuivre au rouge, ce qui demande un quart d'heure à une demi-heure. On verse d'abord dans l'entonnoir à robinet la quantité de solution chromique indiquée ci-dessus, puis le mélange chromo-sulfurique. Le robinet de l'aspirateur doit être ouvert de telle sorte que le liquide ne pénètre que lentement dans le ballon. On peut même le laisser fermé lorsqu'on commence à verser, car l'air a été raréfié dans l'appareil lors de l'apparition préalable, et on règle la rapidité de l'écoulement au moyen du robinet de l'entonnoir. Quand tout l'acide a été versé, on adapte le serpentin à potasse de façon à empêcher l'entrée d'air contenant de l'acide carbonique.

Pendant toute la durée de l'opération, on laisse le robinet de l'entonnoir fermé, et on règle le passage du gaz dans l'appareil au moyen de l'aspirateur, de façon à faire dégager deux ou trois bulles par seconde dans le tube à potasse. On reconnaît aisément, en examinant le liquide du serpentin *a*, si la circulation d'air se produit.

Quand tous les acides sont introduits dans le ballon, on allume le bec de gaz, et on porte à l'ébullition pendant 2 heures ou 2 heures et demie, puis on pèse le tube à potasse et le tube à acide sulfurique *f*. Dans les essais dont on parlera ci-dessous, on a recommencé une seconde fois à faire bouillir et on a pesé de nouveau, sans trouver d'augmentation de poids, mais si on ne prolongeait pas l'ébullition pendant 2 heures au moins, on trouverait des résultats trop faibles; il est donc bon de faire bouillir pendant 2 heures et demie. Pendant l'ébullition il suffit de jeter de temps en temps un coup d'œil sur le réfrigérant et de s'assurer de la façon dont le gaz passe. Si le niveau de l'eau de l'aspirateur descend trop bas avant la fin de l'opération, on remplit de nouveau le récipient en ayant soin

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de fermer avec les doigts ou avec une pince le tuyau de caoutchouc qui le relie au tube à chlorure de calcium.

Quatre essais sur de la fonte grise ont donné des résultats concordants (3,945 à 3,969 p. 100 de carbone). Deux essais sur de la fonte blanche ont donné l'un 3,223, l'autre 3,287 p. 100. Cinq essais sur de l'acier au creuset et deux sur de l'acier Darby A ont donné des nombres très concordants.

Dans des essais ultérieurs, Särnström a remplacé le tube à oxyde de cuivre par un tube de platine de $0^{mm},5$ de diamètre, chauffé au rouge clair au moyen d'un brûleur et traversé par un courant continu d'air aspiré mêlé au gaz pro-

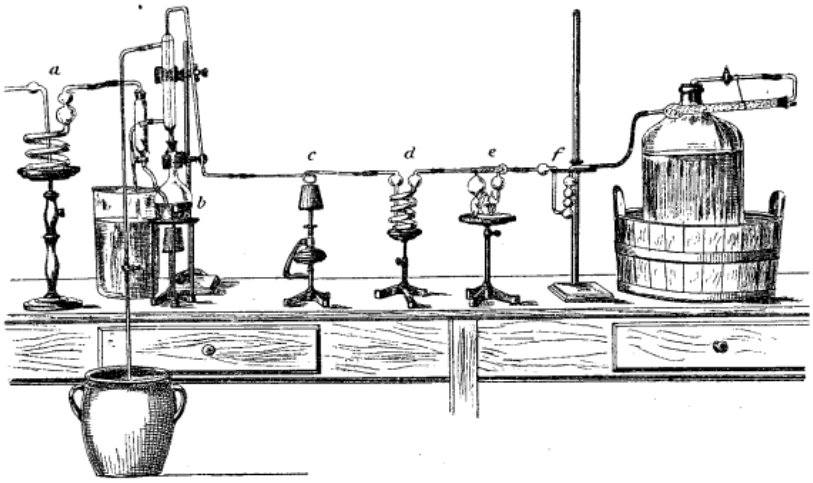


Fig. 4.

duit. On sait que cette méthode est employée dans l'analyse des gaz pour produire la combustion des carbures d'hydrogène.

La fig. 4 montre le dispositif adopté dans ces essais, dispositif à peu près semblable à celui qu'a employé Särnström.

Le tube *c* a une longueur totale d'environ 300 millimètres, il est recourbé au milieu en un anneau d'environ 25 millimètres de diamètre, de sorte que la distance d'une extrémité à l'autre se trouve être de 220 millimètres. Aux deux bouts sont soudés des tubes de laiton. Le tout est maintenu par un support qu'on n'a pas représenté sur la figure afin de laisser voir la forme du tube de platine. On chauffe au milieu, à l'endroit où se trouve l'anneau, de façon à ne pas trop élever la température du laiton. On opère absolument comme tout à l'heure, les autres parties de l'appareil restant les mêmes.

Il est certain que l'emploi du tube de platine offre des avantages; le tube à oxyde de cuivre ne peut servir que pour un petit nombre d'opérations et est

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rapidement mis hors de service, tandis que le tube de platine dure très longtemps. Le tube en verre doit être chauffé au moyen de quatre brûleurs et pendant quinze à vingt minutes avant d'arriver au rouge, tandis qu'avec le platine ce résultat s'obtient au bout d'une ou deux minutes avec un seul brûleur.

Comme la combustion des carbures d'hydrogène ne se produit que s'ils sont mêlés à de grandes masses d'air, il est encore plus important dans ce dernier procédé que dans l'autre de faire passer le courant d'air sans aucune interruption, surtout quand le dégagement de gaz devient un peu vif et que la pression a tendance à augmenter dans l'appareil. Aussi faut-il surveiller l'opération avec un certain soin jusqu'à ce que le fer soit à peu près complètement dissous. Quinze essais effectués sur diverses espèces de fontes et d'aciers ont donné des résultats concordants.

Procédés dans lesquels on sépare le fer avant la combustion du carbone.

Ces procédés sont en nombre beaucoup plus considérable que les précédents. On a préconisé, pour réaliser la séparation du fer, le bichlorure de mercure, l'iode, le brome, le chlorure d'argent, l'action d'un courant électrique; mais il ne convient pas d'accorder beaucoup de confiance à ces procédés, et il ne faut pas les compter parmi les plus usités. La combustion du résidu de carbone après séparation du fer peut être effectuée soit par un courant d'oxygène, soit par le mélange chromosulfurique. On a essayé les deux procédés dans les expériences relatées ci-dessous, et, tout compte fait, c'est le traitement à l'acide chromosulfurique qui a paru le plus avantageux.

1° *Séparation par l'attaque au sulfate de cuivre.* — La façon d'opérer, d'ailleurs assez simple, varie beaucoup. Ullgren sépare par décantation le précipité du liquide après que l'attaque est terminée, sans filtrer, ce qui entraîne presque nécessairement des erreurs. D'autres chimistes filtrent sur un filtre d'amiante; on a recommandé récemment de traiter par le mélange chromosulfurique le liquide contenant à la fois le carbone séparé et le cuivre déposé. C'est cette dernière méthode qui semble être la plus commode et qu'on emploie le plus souvent.

On attaque le fer par une solution saturée de sulfate de cuivre (15 grammes de sel pour 50 centimètres cubes d'eau) qu'on a additionnée de lessive de potasse, jusqu'à formation d'un précipité permanent, lequel se sépare aisément de la liqueur claire par décantation après repos. C'est ainsi qu'on a opéré dans tous les essais ci-dessous. Ce serait cependant un tort de croire, ainsi qu'on l'avance généralement, que l'addition de la potasse neutralise complètement la solution de sulfate de cuivre. Même après précipitation d'une forte proportion d'oxyde de cuivre, la réaction au papier de tournesol est encore franchement acide, et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans l'attaque du fer il se dégage des gaz sous forme de bulles, que l'on voit aisément et dont on perçoit nettement l'odeur. Il résulte de là que les diverses méthodes annoncées dans ces derniers temps sous le nom de méthodes volumétriques de dosage du carbone et dans lesquelles on néglige de brûler les hydrocarbures formés (en particulier, la méthode de Wiborgh) (1), ne peuvent pas prétendre à une grande exactitude. Du reste on verra plus bas les résultats des essais faits en supprimant la combustion de l'hydrogène carboné, essais effectués précisément dans le but de reconnaître la valeur de ces méthodes.

Dans chaque expérience on a opéré sur $1^{gr},5$ de fer et on a employé au moins 20 centimètres cubes de solution cuivrique. Les chimistes ne sont pas d'accord sur le temps nécessaire pour la réaction. Wiborgh laisse agir le sulfate pendant dix minutes, tandis que Lunge, se fondant sur un travail de Treadwell, avance que l'attaque n'est complète qu'au bout de six heures pour les fontes et d'une heure au moins pour les fers malléables. D'après les résultats ci-dessous, c'est Lunge qui semble avoir raison, et par conséquent l'opération est d'assez longue durée, surtout pour les fontes.

C'est encore l'appareil de la figure 1 qui a servi aux essais. Pour l'oxydation, on a employé la solution chromique indiquée par Lunge (1/1) avec de l'acide sulfurique de densité 1,65 saturé d'acide chromique, et de l'acide sulfurique étendu de densité 1,10. Trois essais sur de la fonte grise ont donné de 3,554 à 3,791 p. 100 de carbone. Il y a là une erreur évidente puisque cette fonte contient au moins 3,9 p. 100 de carbone. La cause d'erreur signalée plus haut, résultant de l'insuffisance du chlorure de calcium comme matière desséchante, n'existait pas dans le cas actuel puisqu'on n'a pas opéré pendant la saison chaude. On n'a pas cru, en conséquence, devoir répéter les mêmes essais sur d'autres espèces de fer.

Särnström a modifié le procédé de façon à recueillir les carbures d'hydrogène produits et à les brûler à l'aide de l'oxyde de cuivre ou du tube de platine. Il recommande cette méthode, de préférence à celle déjà décrite (v. page 272) dans les cas où le mélange chromosulfurique attaque difficilement le métal, par exemple pour les spiegeleisen et les ferromanganèses. On emploie l'appareil de la figure 3 ou celui de la figure 4. On pourrait opérer la combustion de l'hydrogène carboné pendant l'attaque du métal en adaptant dès le début le tube à potasse avec ses accessoires, envoyant un courant continu d'air privé d'acide carbonique et faisant arriver les gaz dans le tube à combustion. Mais ce passage prolongé de l'air peut donner lieu à de petites erreurs, et il est préférable, ainsi que l'expérience l'a démontré, d'interrompre avec une pince la communication entre le ballon et le tube à combustion pendant l'attaque du métal par le sulfate

(1) V. *Bulletin*, mars 1894, p. 116 et suiv.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de cuivre, et de fermer le robinet de l'entonnoir du ballon de façon à ce que les gaz qui se dégagent soient complètement emprisonnés, de ne desserrer la pince que lorsque la réaction du sulfate est terminée, et de commencer alors seulement à chauffer le tube à combustion et à faire agir l'acide chromique. Särnström emploie, pour 2gr,7273 de fer, 50 centimètres cubes de solution cuivrique (obtenue en dissolvant 300 grammes de sel cristallisé dans un litre d'eau), 15 centimètres cubes de solution aqueuse chromique saturée, 70 centimètres cubes d'acide sulfurique dilué (1 vol. d'acide à 1,83 et 1 vol. d'eau), enfin, 70 centimètres cubes d'acide sulfurique à 1,83. Les acides doivent être versés dans l'ordre déjà indiqué, et après que l'attaque par le sulfate est terminée; on doit agiter légèrement le ballon pour y faire descendre les liquides, et il faut éviter un feu trop vif qui pourrait donner lieu à des projections; on chauffe avec précaution jusqu'à ébullition.

Dans les essais ci-dessous, on a opéré sur 1gr,5 de fer, traités par 25 centimètres cubes de solution cuivrique, 10 centimètres cubes de solution chromique saturée, 50 centimètres cubes d'acide sulfurique dilué de son volume d'eau et saturé d'acide chromique, enfin par 50 centimètres cubes d'acide sulfurique de densité 1,83. Dans onze essais sur de la fonte grise et un sur de la fonte blanche, on a brûlé les hydrocarbures mêlés d'air pendant que l'attaque au sulfate de cuivre avait lieu, c'est-à-dire pendant six heures consécutives. Le tube à potasse était muni d'un tube à chlorure de calcium et non d'un tube à acide sulfurique. Bien qu'on n'ait pas opéré pendant les chaleurs, les écarts assez considérables constatés ont pu provenir en partie au moins de cette circonstance. On a ensuite procédé à de nouveaux essais (cinq sur la fonte grise, trois sur la fonte blanche, trois sur l'acier au creuset et trois sur l'acier Darby A), dans lesquels les gaz ont été emprisonnés pendant l'attaque au sulfate et pour lesquels on a employé les appareils des figures 3 et 4. Dans ces essais, la combustion des gaz a été obtenue au moyen du tube de platine.

Les nombres trouvés, assez concordants entre eux, étant notablement plus élevés que ceux donnés par la première méthode de Särnström (sans attaque au sulfate de cuivre), ont conduit à penser qu'il s'était formé de l'acide sulfureux résultant de l'action de l'acide sulfurique sur le cuivre déposé dans le ballon, et que cet acide sulfureux s'était déposé dans le tube à potasse. Le grand excès d'acide chromique restant dans le ballon rendait cette hypothèse peu vraisemblable, et pourtant il a été reconnu depuis qu'il se produisait bien de l'acide sulfureux au cours de cette analyse. (Neu, *Berg und Hüttenmännische Zeitung*, 1887, p. 120.) Un dosage direct de l'acide sulfureux dans le courant gazeux ou dans la potasse n'eût guère été possible; on a préféré reprendre les essais avec l'acier Darby A en substituant au tube de platine un tube à oxyde de cuivre dans lequel on avait introduit, comme pour l'analyse élémentaire des corps contenant

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du soufre (en particulier de la houille), une couche de fragments de ponce chargés de chromate de plomb préalablement chauffé. Ce chromate, placé derrière l'oxyde de cuivre, fait disparaître les moindres traces d'acide sulfureux ; on a pris cette précaution dans tous les essais ultérieurs. Trois expériences ont donné des nombres trop peu différents des premiers pour qu'on pût conclure à la formation d'acide sulfureux, et, dans tous les cas, les erreurs résultant de ce fait étaient bien petites. On s'est alors demandé si la solution de sulfate de cuivre employée ne contenait pas des corps qui, sous l'action du mélange chromosulfurique, dégageaient de l'acide carbonique et majoraient ainsi les résultats. Pour s'en assurer, deux séries d'essais ont été entreprises : dans la première, on a fait passer pendant plusieurs heures un courant d'air dans l'appareil de la figure 4 vide, et on a vérifié les différences de poids qui avaient pu se produire dans le tube à potasse *e* et dans le tube à acide sulfurique *f*. Pendant ces essais, le tube de platine était chauffé au rouge afin de s'assurer que de l'acide carbonique ne pénétrait pas par les pores de ce tube. On a reconnu de la sorte que les tubes à potasse perdaient constamment du poids, tandis que les tubes à acide sulfurique en gagnaient; donc le serpentin de Winkler, adapté au tube à potasse et dans lequel le contact entre le courant d'air et l'acide était plus parfait que dans le tube taré à acide sulfurique, arrêtait mieux l'humidité que ce dernier, si bien qu'il en est résulté une erreur de plusieurs milligrammes.

Dans des expériences précises il faut donc, par une vérification préalable, s'assurer que les deux tubes à acide sulfurique ont le même pouvoir desséchant, et sinon, ajouter ou retrancher une certaine quantité d'acide à l'un ou à l'autre. Le tube de platine rougi n'a occasionné aucun trouble sensible. Dans la seconde série de vérifications on a versé dans le ballon *b* le mélange habituel de liquide, employé pour le dosage du carbone, on a fait passer pendant plusieurs heures un courant d'air dépouillé d'acide carbonique, en un mot, on a opéré comme s'il s'était agi d'un véritable dosage de carbone. Dans deux premières expériences, on a employé des ballons neufs soigneusement rincés et séchés, puis ces ballons ont resservi dans les quatre derniers essais ; dans le dernier, on a remplacé le sulfate de cuivre par de l'eau distillée. Dans tous ces essais, on a constaté une augmentation de poids; elle a été beaucoup plus considérable lorsqu'on a employé des ballons neufs et a diminué à mesure que les ballons servaient depuis plus longtemps (excédent, dans le premier essai, $0^{gr},0105$, et dans le cinquième, $0^{gr},0027$). L'eau distillée a donné le même excédent que le sulfate de cuivre, la présence de ce sel n'a donc pas d'influence à cet égard. Comme on a d'ailleurs employé identiquement les mêmes acides, les mêmes mélanges et le même appareil que dans la première méthode de Särnström (sans attaque au sulfate), il ne semble pas que ce soit le procédé en lui-même qui conduise à des résultats systématiquement trop élevés. Quant à la cause pour

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

laquelle il y a augmentation de poids lorsqu'on fait bouillir les acides, sans carbone, il n'est guère facile de l'expliquer. Thörner (*Zeitschr. f. analyt. Chemie*, 1889, p. 645) a signalé qu'il se produisait souvent de l'acide carbonique lorsqu'on portait de l'acide sulfurique à l'ébullition, et a conseillé de faire chauffer cet acide, avant de l'employer, avec un peu d'acide chromique en faisant passer un courant d'air dans le liquide.

2° *Attaque au chlorure de cuivre ammoniacal.* — Ce procédé, dû à Mac-Creath (*Engineering and Mining Journal*, vol. XXIII, p. 169), a été employé il y a une dizaine d'années dans beaucoup de laboratoires métallurgiques, et est encore assez usité aujourd'hui. Diverses causes d'erreur qui ont été signalées récemment dans la méthode tendent cependant à la faire abandonner. Dans les expériences ci-dessous effectuées d'après ce procédé, on a suivi à peu près les indications de Mac-Creath.

Dans un verre de 120 centimètres cubes on a traité 1^{gr},5 de fer par 90 centimètres cubes d'une solution de chlorure de cuivre ammoniacal obtenu en faisant dissoudre 300 grammes de ce sel double cristallisé dans un litre d'eau. On a agité d'une façon continue, jusqu'à ce que le cuivre qui d'abord se précipite fût redissous.

L'opération, faite à froid, a duré généralement de 20 à 30 minutes, trois quarts d'heure au plus.

Il est très important d'agiter constamment. Jüptner conseille de laisser la réaction se prolonger pendant 10 à 12 heures, ce qui n'est admissible que dans le cas où on abandonne complètement le liquide à lui-même; il se forme alors une quantité notable d'hydrocarbures (dont le poids est au contraire négligeable si on opère rapidement) ce qui peut donner lieu à des erreurs. D'autres chimistes chauffent fortement, sans agiter, afin d'activer la réaction, mais il se forme alors une grande quantité d'un sel de fer basique, que l'on peut redissoudre par l'addition d'acide chlorhydrique. Si ce sel de fer reste non dissous, on obtient des résultats trop forts; si on ajoute trop d'acide chlorhydrique, les résultats sont au contraire trop faibles. Si, d'autre part on verse l'acide chlorhydrique avant que l'attaque soit terminée, on active le dégagement d'hydrocarbures, ce qui entraîne encore des erreurs.

La solution préparée comme il est dit ci-dessus a été additionnée de 2 à 3 gouttes d'acide chlorhydrique, puis filtrée sur un filtre d'asbeste préalablement flambé, et reposant, au-dessus de quelques fragments de verre, dans un entonnoir beaucoup plus haut que large. Pour le lavage du verre et du résidu, on a employé d'abord de la solution cuproammoniacale (afin d'éviter la séparation du chlorure de cuivre), puis de l'eau; on a continué les lavages jusqu'à ce que le liquide qui passait ne fût plus opalisé par l'azotate d'argent; pour s'assurer que quelques parcelles de carbone n'étaient pas passées au travers du filtre, on a traité

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les premières portions filtrées par l'eau et l'acide chlorhydrique de façon à les rendre parfaitement limpides, et on a agi de même à l'égard des eaux de lavage, une fois la filtration terminée. Au cours des premiers essais, l'entonnoir portant le filtre d'asbeste et le carbone lavé a été placé dans le ballon *b* de l'appareil de la fig. 1 déjà décrit; ensuite on s'est servi de l'appareil de la fig. 5, le tube à chlorure de calcium *d* étant supprimé et un tube taré à acide sulfurique étant interposé entre le tube à potasse et l'aspirateur, mais les expériences avec lesquelles on a établi les moyennes ont été effectuées avec l'appareil de la fig. 1. Comme le volume d'air aspiré est notablement moindre ici que dans le procédé de Särnström, et que d'autre part les expériences ont été faites pendant l'hiver, le

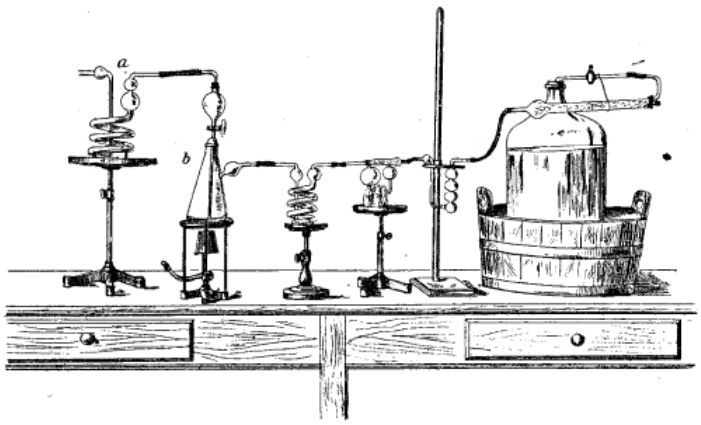


Fig. 5.

défaut que présente l'appareil de la fig. 1 (voir ci-dessus) avait dans ce cas beaucoup moins d'importance.

Pour brûler le carbone on emploie la solution chromique à trois dixièmes, mêlée à cinq fois son volume d'acide sulfurique de densité 1,83, et le mélange doit être préparé quelque temps à l'avance. On en emploie 60 centimètres cubes pour $1^{gr},5$ de fer, il faut dans tous les cas en verser assez pour que l'extrémité inférieure du tube à entonnoir plonge dans le liquide.

Lorsque l'entonnoir contenant le carbone a été placé dans le ballon *b*, on réunit ensemble les diverses parties de l'appareil, on vérifie son étanchéité, on y fait passer quelques litres d'air privé d'acide carbonique, on retire le serpentin *a*, on adapte le tube à potasse et à acide sulfurique, on rouvre avec précaution le robinet de l'aspirateur et on verse le mélange chromosulfurique dans le ballon en surveillant avec soin l'écoulement du liquide, l'aspirateur restant ouvert jusqu'à la fin de l'opération. Lorsque tout l'acide est passé dans le ballon, on allume le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

brûleur placé au-dessous, d'abord à petite flamme pour éviter un dégagement tumultueux de gaz, puis au bout d'une heure ou une heure et demie on porte à l'ébullition.

Il est inutile de faire bouillir longtemps, même s'il se dégage encore de l'oxygène. Après une ébullition de quelques minutes on relie le serpentin à potasse à l'entonnoir du ballon *b*, on ferme le robinet de l'aspirateur et celui du brûleur, puis on ouvre le robinet de l'entonnoir, de sorte que l'air commence à passer à travers le serpentin à potasse : on rouvre le robinet de l'aspirateur lorsque les vapeurs d'acide sulfurique qui remplissaient le ballon *b* sont entièrement condensées. Lorsqu'on a fait passer trois ou quatre litres d'air dans l'appareil, on effectue les pesées.

Huit essais sur de la fonte grise ont indiqué de 3,722 à 4,127 p. 100 de carbone. Un essai sur l'acier au creuset a donné 0,927 p. 100, et trois sur l'acier Darby B ont donné de 0,391 à 0,417 p. 100. On n'a pas cru devoir faire d'autres expériences, le procédé exigeant beaucoup de temps et de soin pour donner des résultats à peu près satisfaisants; d'autre part, le chlorure cupro-ammoniacal qu'on emploie est préparé avec l'ammoniaque du goudron, laquelle peut contenir du carbone et fausser ainsi les résultats. Ces particularités enlèvent à la méthode beaucoup de sa valeur.

3° *Attaque par un courant de chlore à chaud.* — Bien que ce procédé, qui exige beaucoup de précautions et que l'emploi du chlore rend désagréable, ne puisse pas être mis au nombre des plus usités, il convenait néanmoins de l'examiner, attendu qu'on le considère d'ordinaire comme un des plus exacts, et qu'il présente certainement des avantages lorsqu'il s'agit de procéder à des essais comparatifs; c'est d'ailleurs celui qui convient le mieux à l'étude des fers inattaquables par l'acide sulfurique et par les sels de cuivre (fers siliciés, fers chromés). Dans ces essais, on a opéré sur 1^{gr},5 à 2 grammes de métal. Si l'on opérait sur un poids plus considérable, le chlorure de fer risquerait d'obstruer le tube dans lequel on chauffe la matière. On s'est servi de l'appareil indiqué fig. 6. Le chlore, produit par l'action sur un mélange intime de 190 grammes de bioxyde de manganèse et de 280 grammes de sel marin finement pulvérisé, de 350 centimètres cubes d'acide sulfurique dilué (1 vol. d'acide à 1,83 pour 2 vol. d'eau), se dégage du ballon *a*, d'un demi-litre de capacité environ, *b* est un flacon laveur contenant une solution saturée de permanganate de potasse, *c* contient de l'acide sulfurique concentré, *d* renferme de l'acide phosphorique anhydre. Dans le petit appareil à combustion *e* se trouve un tube de verre rempli de charbon de bois chauffé au rouge, en *f* est un tube à chlorure de calcium, et en *g* un flacon laveur plein d'acide sulfurique. Enfin le tube *h* contient une nacelle de porcelaine préalablement chauffée, et dans laquelle on place l'échantillon à analyser. L'extrémité du tube, recourbée à angle droit, plonge dans un petit vase rempli d'acide sulfu-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rique et contenu lui-même dans un vase plus grand *i;* le petit vase est couvert d'une toile métallique, et au-dessus on met des copeaux imbibés d'alcool.

Aussitôt que le dégagement du chlore commence en *a*, on allume la grille à combustion *e*, de façon à porter le charbon de bois au rouge clair. On fait passer le courant de chlore dans l'appareil pendant une demi-heure ou trois quarts d'heure, afin d'être sûr que tout l'air est chassé, puis on commence à chauffer *h;* pendant ce temps le courant de chlore ne doit pas être trop rapide, afin que le chlorure de fer formé n'entraîne pas avec lui des parcelles de carbone. On chauffe modérément, et on achève au rouge sombre. Si les vapeurs qui s'échappent avaient une couleur brune, il faudrait laisser refroidir le tube sans arrêter le courant de chlore et retirer la nacelle avec son contenu. On avait l'habitude autrefois de placer la nacelle dans un autre tube et de brûler le carbone

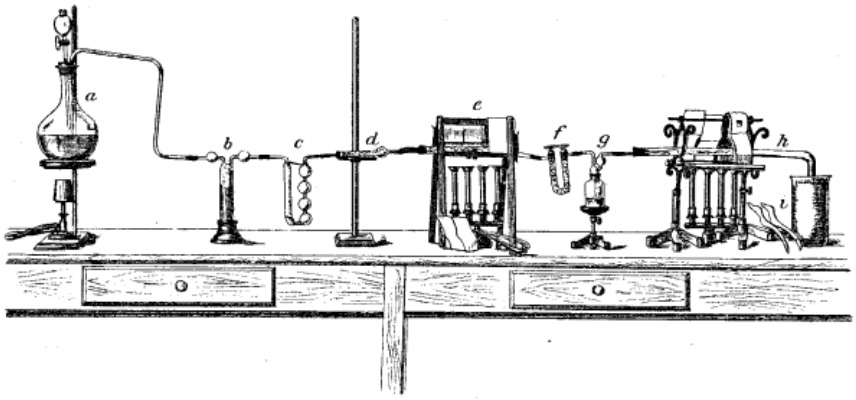


Fig. 6.

dans un courant d'oxygène, mais il est à craindre qu'en opérant ainsi on ne trouve une teneur en carbone un peu trop élevée; en effet, une certaine quantité de chlore engagée dans le carbone qui se trouve à l'état spongieux peut se dégager et augmenter le poids du tube à potasse. La présence de chlorure (chlorure de manganèse et des traces de chlorure de fer) peut aussi, en attirant l'humidité atmosphérique, occasionner des erreurs. Mieux vaut jeter le carbone sur un filtre d'amiante semblable à celui dont on se sert dans le procédé au chlorure de cuivre ammoniacal, laver à l'eau froide, puis à l'eau chaude, jusqu'à ce que l'azotate d'argent ne trouble plus les eaux de lavage, et enfin oxyder par le mélange chromosulfurique, en employant l'appareil de la fig. 5.

En général, la méthode a donné de bons résultats. Dans quelques cas, cependant, du carbone très divisé a été entraîné du filtre par les eaux de lavage, ainsi qu'on l'a reconnu au trouble de ces eaux, et on n'a pas toujours pu éviter cet inconvénient, même en filtrant plusieurs fois sur de l'amiante fortement bourrée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Quatre essais ont été effectués sur de la fonte grise, deux sur de la fonte blanche et cinq sur de l'acier au creuset (voir les moyennes sur le tableau d'ensemble ci-après).

Comparaison des résultats.

On a résumé dans le tableau ci-contre les moyennes des teneurs en carbone trouvées à l'aide des différentes méthodes, et les écarts maxima constatés entre les résultats donnés par une même méthode en éliminant les procédés présentant une cause systématique d'erreur.

Les méthodes 1, 2 et 4 ont donné des résultats trop faibles et doivent être écartées. Le procédé 6 (au chlorure de cuivre ammoniacal) a fourni des moyennes qui concordent assez bien avec celles des autres méthodes, mais les écarts des résultats entre eux — au moins pour la fonte grise — ne sont pas admissibles. On a déjà indiqué les causes qui enlèvent de sa valeur à ce procédé. La méthode 3 (méthode de Särnström) a donné de bons résultats pour la fonte grise, lorsqu'on a employé l'oxyde de cuivre comme comburant, et des moyennes un peu trop basses avec écarts acceptables, lorsqu'on s'est servi du tube de platine. Pour la fonte blanche, l'acier au creuset et les aciers Darby, les deux modes d'oxydation ont conduit à des chiffres très comparables entre eux et avec ceux de la méthode au chlore, mais un peu plus bas que ceux de la méthode 5.

Le procédé semble donc applicable à la plupart des fers aisément solubles dans l'acide sulfurique; pour les fontes, on oxydera par l'oxyde de cuivre, tandis que pour les fers plus pauvres en carbone on pourra employer également le tube de platine, qui est plus commode. Les résultats donnés par la méthode de Särnström au sulfate de cuivre semblent assez surprenants : d'ailleurs assez concordants entre eux, ils sont un peu plus élevés en moyenne que ceux des autres méthodes pour la fonte blanche, l'acier au creuset et les aciers Darby, sensiblement plus bas au contraire pour la fonte grise. Il y a lieu d'attribuer cette anomalie à la présence du graphite dans la fonte grise; dans le traitement du fer par le sulfate de cuivre, le graphite se recouvre d'une couche de cuivre métallique qui empêche ensuite son attaque par les acides. Lorsque ce cuivre se trouve dissous, le dégagement d'oxygène est déjà à peu près arrêté, et le graphite est incomplètement brûlé. Cette cause d'erreur disparaît dans les fers qui ne renferment que des variétés de carbone moins réfractaires; ainsi qu'on l'a vu plus haut, ce sont les nombres les plus forts trouvés pour la fonte blanche et les aciers qu'il convient de regarder comme les plus exacts.

Le procédé au chlore (7) n'a pas donné des résultats aussi satisfaisants qu'on aurait pu s'y attendre. Quoique les moyennes trouvées pour la fonte grise concordent bien avec celles que donnent les autres méthodes, les nombres diffèrent

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Tableau comparatif des méthodes.

DÉSIGNATION DES MÉTHODES.	CARBONE P. 100.				
	FONTE grise.	FONTE blanche.	ACIER au creuset.	ACIER Darby A.	ACIER Darby B.
1. Combustion dans un courant d'oxygène :					
Moyenne des résultats. . . .	3,214	»	»	»	»
Écart maximum.	0,643	»	»	»	»
2. Attaque par le mélange chromo-sulfurique sans combustion des carbures d'hydrogène (procédé Jüptner-Gmelin) :					
Moyenne des résultats. . . .	3,565	»	0,732	»	»
Écart maximum	0,418	»	0,045	»	»
3. Attaque par le mélange chromo-sulfurique et combustion des carbures d'hydrogène (procédé de Särnström) :					
a) Combustion par l'oxyde de cuivre.					
Moyenne des résultats. . . .	3,955	3,255	0,870	0,555	0,391
Écart maximum.	0,024	0,064	0,059	0,009	»
b) Combustion dans le tube de platine.					
Moyenne des résultats. . . .	3,871	3,248	0,859	0,550	0,380
Écart maximum.	0,209	0,028	0,054	0,016	0,046
4. Attaque par le sulfate de cuivre, sans combustion des carbures d'hydrogène :					
Moyenne des résultats. . . .	3,636	»	»	»	»
Écart maximum.	0,237	»	»	»	»
5. Attaque par le sulfate de cuivre et combustion des carbures d'hydrogène :					
a) Combustion par l'oxyde de cuivre.					
Moyenne des résultats. . . .	3,747	»	»	0,646	»
Écart maximum.	0,132	»	»	0,033	»
b) Combustion dans un tube de platine.					
Moyenne des résultats. . . .	3,760	3,387	0,903	0,664	»
Écart maximum.	0,043	0,046	0,009	0,031	»
6. Procédé de Mac-Creath au chlorure de cuivre ammoniacal :					
Moyenne des résultats. . . .	3,968	»	0,927	»	0,404
Écart maximum	0,236	»	»	»	0,026
7. Attaque par le chlore, et combustion du résidu par le mélange chromo-sulfurique :					
Moyenne des résultats. . . .	3,999	3,282	0,869	0,593	0,368
Écart maximum.	0,112	0,018	0,089	»	»

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

beaucoup entre eux, et les résultats relatifs à la fonte blanche et aux aciers sont bas en comparaison de ceux que donne le procédé au sulfate de cuivre. Cela tient à l'état du carbone dans ces divers fers : dans la fonte grise, il existe surtout à l'état de graphite, c'est-à-dire qu'il constitue un corps relativement lourd, isolé au milieu de la masse métallique; il reste par suite dans la nacelle, tandis que le fer transformé en chlorure se volatilise. La fonte blanche et les aciers ne contiennent que du carbone de combinaison et du carbone de dissolution, affectant la forme de légers flocons que le moindre courant d'air emporte. Aussi est-il bien difficile d'éviter un entraînement des parcelles de carbone au moment où le fer s'en sépare.

Les filtrations donnent parfois lieu également à des erreurs; on peut aussi obtenir des résultats trop forts si on arrête le courant de chlore avant que l'attaque soit complètement terminée et le chlorure de fer chassé. Dans le traitement du précipité par l'eau il peut se produire des sels basiques insolubles qui seront décomposés ensuite par l'acide sulfurique et donneront naissance à du chlore et à de l'acide chlorhydrique. Enfin, comme on l'a déjà dit, la combustion immédiate dans un courant d'oxygène peut conduire à des résultats un peu trop élevés.

Dosage du graphite.

La plupart des auteurs conseillent, pour doser le graphite, de dissoudre le fer dans l'acide chlorhydrique, de laver le résidu avec de l'eau, ensuite avec une lessive alcaline, de nouveau avec de l'eau, puis avec de l'alcool et de l'éther, enfin d'achever par une combustion dans l'oxygène ou par une oxydation avec le mélange chromosulfurique; on n'attache d'habitude aucune importance à la température à laquelle doit être faite la dissolution.

Fresenius prescrit de traiter le fer par l'acide chlorhydrique moyennement concentré « à une douce chaleur ». Jüptner n'indique pas de température et dit seulement que l'échantillon doit être dissous dans l'acide chlorhydrique. Blair conseille de dissoudre à froid et de faire bouillir pendant quelques minutes. Or, les travaux faits depuis une dizaine d'années sur les fers carburés permettent de conclure que les résultats obtenus en opérant à basse température sont trop forts, puisque le carbone de dissolution reste mêlé au graphite si l'on traite par de l'acide à froid ou à une douce chaleur, tandis qu'il s'élimine à l'ébullition. Les dernières recherches faites dans cette voie établissent nettement qu'une ébullition de quelques minutes ne suffit pas et qu'il faut la prolonger pendant deux heures environ, de préférence dans un ballon d'Erlenmeyer. Il est même bon de verser sur le métal de l'acide préalablement chauffé. On pourrait croire qu'après ce traitement les lavages à la potasse, à l'alcool et à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'éther deviennent inutiles, mais l'expérience a prouvé qu'il n'en était rien; les résultats obtenus après des lavages à l'eau seulement ont été un peu plus élevés que ceux auxquels a conduit le lavage complet du résidu.

La méthode d'Eggertz, dont on parlera plus loin, méthode colorimétrique de dosage du carbone dont le principe consiste à faire dissoudre dans l'acide azotique tout le carbone à l'exception du graphite, a conduit à rechercher si l'on ne pouvait pas substituer à l'acide chlorhydrique l'acide azotique dans le dosage du graphite. Les résultats obtenus ont prouvé que cette substitution était possible et qu'elle simplifiait même le procédé en rendant inutiles les lavages assez longs à la potasse, à l'alcool et à l'éther. Pour 1 gramme de fer on emploie 25 centimètres cubes d'acide azotique de densité 1,18, on dissout dans un ballon d'Erlenmeyer, on plonge l'appareil dans l'eau froide jusqu'à ce que l'effervescence vive soit calmée, on fait bouillir doucement au bain de sable pendant une heure au moins, on filtre sur un filtre d'amiante flambé au rouge, on lave à l'eau jusqu'à ce que le liquide qui passe ne renferme plus de traces de fer, puis on brûle le résidu. Dans la série d'expériences effectuée, la combustion a été produite tantôt à l'aide de l'acide chromosulfurique, tantôt à l'aide d'un courant d'oxygène. Dans le premier cas, le filtre d'amiante contenant le précipité lavé, mais non séché (1) était introduit avec l'entonnoir dans l'appareil déjà décrit (fig. 1 ou mieux fig. 5) et l'opération s'achevait comme dans le procédé au chlorure de cuivre ammoniacal. Dans le second cas, le précipité était desséché sur l'entonnoir et brûlé dans l'oxygène avec les mêmes précautions que dans le cas d'une combustion de fer. Les produits de la combustion étaient débarrassés de l'eau par l'acide sulfurique et recueillis dans l'appareil à potasse. L'expérience a prouvé qu'on obtenait toujours des résultats trop forts lorsqu'on ne poussait pas la température de dessiccation au delà de 100°; la température la plus favorable est de 120° à 130°. On n'a constaté aucune divergence entre les résultats obtenus avec l'acide chlorhydrique et ceux qu'a fournis l'acide azotique.

La combustion du graphite n'est complète que lorsqu'on chauffe au rouge clair et qu'on fait passer le courant du gaz pendant une heure un quart au moins. Si on arrête plus tôt l'opération, les résultats sont trop faibles et on peut retrouver sur le filtre d'amiante du graphite non brûlé.

Vingt-cinq essais sur une même fonte ont donné une teneur en graphite variant de 2,735 à 2,754 p. 100. On a opéré tantôt avec l'acide azotique, tantôt avec l'acide chlorhydrique.

(1) Dans le procédé à l'acide chlorhydrique, l'éther qui reste sur le filtre doit être chassé en dernier lieu par l'eau.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Méthode d'Eggertz, ou Méthode colorimétrique.

La méthode colorimétrique est l'une des plus fréquemment employées pour le dosage du carbone dans les fers malléables. Elle a surtout pris de l'importance depuis l'adoption des aciers Bessemer, Thomas et Martin, car elle permet aux chimistes des usines qui emploient ces procédés de fabrication de doser chaque jour, avec une certaine approximation, le carbone des nombreux échantillons de métaux fondus qu'ils ont à examiner. Les opinions sont loin d'être concordantes en ce qui concerne le degré de confiance qu'il y a lieu d'accorder à cette méthode. Il est certain qu'elle n'est pas applicable à la fonte grise et qu'elle ne fournit que de médiocres résultats pour la fonte blanche. M. Eggertz lui-même a reconnu qu'elle ne pouvait donner des indications suffisantes que lorsque les échantillons de fer ou d'acier à comparer avaient été refroidis de la même manière. Une observation analogue a été faite par MM. Osmond et Werth dans leurs travaux sur les divers états du carbone. On peut bien, avec cette méthode, comparer entre eux avec une exactitude suffisante des fers ou des aciers obtenus à l'aide de procédés de fabrication différents, mais dans certains cas on constate des erreurs dont la cause n'a pu jusqu'à présent être découverte. Dans de nombreux essais effectués sur divers aciers, on a trouvé, pour la teneur en carbone d'un même acier, des écarts allant jusqu'à 0,2 p. 100.

Conclusions.

Les deux méthodes pondérales de Särnström pour le dosage du carbone total sont celles dont l'application est la plus avantageuse dans un laboratoire métallurgique. L'appareil qu'elles nécessitent est simple et tient peu de place; la durée de l'opération n'excède pas sept à huit heures, et, à partir du moment où l'ébullition commence, demande assez peu de surveillance pour qu'on puisse se livrer en même temps à d'autres travaux dans le laboratoire; ces méthodes enfin, tout en n'exigeant pas beaucoup d'habitude ni d'habileté, conduisent à des résultats plus exacts que la plupart des autres. Pour l'analyse des fers contenant du graphite, on appliquera de préférence le procédé qui ne comporte pas de traitement préalable au sulfate de cuivre, et on réservera l'autre méthode pour les fers exempts de graphite, c'est-à-dire pour les fontes blanches ou les fers malléables.

Dans ce cas, l'action du sulfate de cuivre doit être prolongée plus ou moins longtemps, suivant la ténuité des copeaux de l'échantillon, etc. Lorsqu'on disposera de très peu de temps, on pourra souvent réduire à une ou deux heures la durée de cette phase de l'opération, au lieu de la prolonger pendant cinq ou six heures comme dans les exemples donnés ci-dessus.

Dans l'une et l'autre des deux méthodes, on a à recueillir de très grandes quantités de gaz dans les tubes à potasse. Il faudra toujours s'assurer que ces

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gaz sont aussi secs à la sortie qu'à l'entrée des tubes, en faisant passer pendant plusieurs heures un courant d'air et pesant les tubes avant et après. L'emploi du chlorure de calcium comme unique moyen de dessiccation donne souvent lieu à des erreurs notables.

Pour la combustion des carbures d'hydrogène on peut employer indifféremment, dans le procédé au sulfate de cuivre, un tube capillaire de platine ou bien un tube à oxyde de cuivre. Pour les essais de fontes grises oxydées immédiatement par le mélange chromosulfurique, la combustion par l'oxyde de cuivre donne généralement de meilleurs résultats.

Si dans le procédé au sulfate de cuivre on veut éviter la présence d'acide sulfureux résultant de l'action de l'acide sulfurique concentré sur le cuivre précipité, on arrêtera le gaz sulfureux à l'aide d'un tube en verre chauffé au rouge sombre et contenant des fragments de pierre ponce et du chromate de plomb.

Dans les deux méthodes, il faudra avoir soin de n'employer de ballons neufs qu'après y avoir fait bouillir pendant plusieurs heures du mélange chromosulfurique. Il sera bon aussi d'ajouter à tout l'acide sulfurique dont on se servira dans ces essais un peu d'acide chromique et de porter à l'ébullition pendant une heure, sans quoi on s'expose à trouver des résultats trop forts.

Le procédé au chlore est bon dans le cas des recherches comparatives, et la méthode d'Eggertz a également sa valeur lorsqu'il s'agit d'étudier une grande quantité d'échantillons de fers malléables. Depuis 1887 un certain nombre de chimistes ont tenté, suivant les indications de Wiborgh, de mesurer le volume de l'acide carbonique formé, et on a donné à cette méthode le nom de méthode volumétrique (1). Elle présente l'avantage d'éviter absolument les erreurs qui, dans la méthode pondérale, résultent d'une dessiccation imparfaite des gaz. On l'a appliquée sous beaucoup de formes diverses, et il convient de citer à cet égard le travail publié par C. Reinhard dans *Stahl und Eisen* (1892, p. 648).

Jusqu'à présent, cependant, la méthode volumétrique ne peut pas compter au nombre des plus usitées, bien qu'il soit fort possible qu'elle devienne un jour aussi précise que les meilleurs procédés pondéraux.

R. G.

MÉTALLURGIE

EXTRAIT D'UN MÉMOIRE DE **M. R. A. Hadfield** SUR LES ALLIAGES DE FER ET DE CHROME, PUBLIÉ DANS LE *Journal of the Iron and Steel Institute* (n° 2, 1892)

par M. R. MASSE, *Ingénieur Civil des Mines.*

Les échantillons sur lesquels M. Hadfield a fait ses observations étaient obtenus par fusion, dans des creusets ordinaires analogues à ceux de la fonderie d'acier de

(1) Voir la remarque page 278.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Sheffield, de deux éléments métalliques distincts : 1° des déchets d'excellent fer forgé ne contenant que des traces de soufre et de phosphore; 2° des quantités variables de fer chromé à 66 p. 100 de chrome et 6 p. 100 de carbone. Les lingots obtenus avaient une section de 39 centimètres carrés; on la ramenait à la forme circulaire avec 28,5 millimètres de diamètre par battage et laminage.

L'opération était rendue assez délicate par le peu de fusibilité des fers chromés riches; il fallait non seulement obtenir une température suffisante, mais encore la maintenir pendant un temps assez long, sous peine de voir le contenu du creuset se solidifier.

Les essais de M. Osmond, exécutés avec le pyromètre Le Chatelier, montrent en effet l'élévation de température nécessaire pour fondre les ferro-chrome :

Tableau n° 1. — Points de fusion de l'acier et du fer chromé, ainsi que de l'acier et du fer ordinaires.

DÉSIGNATIONS.	ANALYSES P. 100						POINTS DE FUSION.	OBSERVATIONS.
	C	Si	S	P	Mn	Cr		
Acier, carbone.. . .	0,70	»	»	»	»	»	1 420° C.	
Ferro-chrome . . .	»	»	»	»	»	44	1 355°	Commencement de fusion au contact du couple du pyromèt.
							1 445°	Fusion.
Ferro-chrome . . .	6,47	4,1	0,07	0,02	0,72	65,87	1 440°	Gouttelettes métall. visibles.
							1 450°	Légère déformation du métal.
							1 475°	Le métal est pâteux et très déformé, mais non réell. fondu.
Ferro-chrome . . .	3 à 4	»	»	»	»	80	1 485°	Ni pâteux, ni déformé.
Acier dur	0,90	»	»	»	0,10	»	1 410°	M. Le Chatelier.

Néanmoins, avec une certaine pratique des opérations, la fonte s'effectue dans de bonnes conditions, ainsi que la coulée; l'alliage obtenu est aussi fluide que les autres alliages d'acier; mais il se refroidit vite : plus rapidement que l'acier au carbone.

Au point de vue de la constitution du métal, il semble clairement établi que la présence du chrome n'évite pas les soufflures : l'auteur signale, à ce sujet, un acier qu'il fit à la teneur de 1,35 p. 100 de chrome, avec déjà 0,28 p. 100 de carbone, et dont le moulage s'effectua assez mal. Il en conclut qu'il convient d'ajouter au mélange une certaine proportion d'aluminium ou de manganèse qui, heureusement, ne modifient pas sensiblement les propriétés mécaniques du métal, pourvu toutefois qu'on n'en ajoute que de faibles proportions. Il eût été intéressant de déterminer à partir de quelle teneur le chrome peut éviter les soufflures; malheureusement, dans les échantillons étudiés, la proportion de carbone a varié en même temps que celle du chrome, de sorte qu'on ne peut rien dire de précis; l'auteur croit pourtant que 3 à 4 p. 100 de chrome ne purgeront pas le métal de soufflures.

Les essais ont été faits successivement sur des aciers chromés fondus et sur des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

aciers chromés forgés. Le forgeage et l'obtention des bandes d'épreuve ne sont pas également faciles, quelle que soit la teneur; l'auteur considère comme limite extrême du forgeage un lingot tenant 11,13 p. 100 de chrome et 1,27 p. 100 de carbone; un autre tenant 15,12 p. 100 de chrome et 1,79 p. 100 de carbone a pourtant permis d'obtenir des bandes d'épreuve, mais il a fallu pour cela des soins tout particuliers, malgré lesquels le travail de forgeage a été très difficile.

On a tiré de chaque échantillon forgé des bandes ayant $11^{cm},4$ de longueur, $17^{mm},5$ de largeur et $3^{mm},2$ d'épaisseur.

Dans ce qui va suivre, je donnerai les résultats des essais effectués sur ces deux catégories d'acier, et, pour chacune d'elles, l'influence du recuit sera mise en évidence.

1° Aspect de la cassure. — Le tableau ci-après donne la composition d'un certain nombre des *aciers chromés fondus* étudiés, et l'aspect de leur cassure.

Tableau n° 2.

DÉSIGNATIONS		ANALYSES p. 100 C	Si	S	P	Mn	Cr	ASPECT DE LA CASSURE
A	non recuit	0,07	0,07	0,09	0,04	0,11	0,22	Grenue, foncée, fibreuse.
	recuit	»	»	»	»	»	»	Grenue, plusieurs fêlures.
C	non recuit	0,15	0,10	0,09	0,04	0,21	0,48	Grenue, foncée, fibreuse.
	recuit	»	»	»	»	»	»	Grenue, foncée, fibreuse.
D	non recuit	0,14	0,08	0,09	0,04	0,25	0,57	Grenue, foncée, fibreuse.
	recuit	»	»	»	»	»	»	Grenue, foncée, fibreuse.
E	non recuit	0,12	0,08	0,10	0,04	0,18	0,84	Grenue, foncée, fibreuse, plusieurs fêlures.
	recuit	»	»	»	»	»	»	Grenue, foncée, fibreuse.
I	non recuit	0,41	0,18	0,10	0,04	0,28	3,17	Grenue, très foncée, fibreuse.
	recuit	»	»	»	»	»	»	Cassure en partie cristalline.
J	non recuit	0,77	0,50	0,11	0,04	0,61	5,19	Cassure à grains fins et cristallins.
	recuit	»	»	»	»	»	»	Cassure cristalline, fine et brillante.
M	non recuit	1,27	0,38	0,10	0,03	0,25	11,13	Cassure à grains cristallins très fins.
	recuit	»	»	»	»	»	»	Cassure à grains cristallins très fins.

Cette cassure n'affecte pas de constitution spéciale; les échantillons qui contiennent moins de 0,20 p. 100 de carbone et moins de 0,60 p. 100 de chrome présentent, recuits ou non, une cassure foncée à grains grossiers (A, C, D du tableau 2). Lorsque, la teneur en carbone restant analogue, la teneur en chrome augmente, on a, comme dans l'échantillon E, à 0,84 p. 100 de chrome, une cassure à cristaux plus fins avec plusieurs longues fêlures. A mesure que les proportions de carbone et surtout de chrome augmentent, la cassure se modifie, et devient de plus en plus cristalline, le recuit semblant d'ailleurs précipiter la modification. L'échantillon I, par exemple [0,41 p. 100 de carbone et 3,17 p. 100 de chrome], fournit, non recuit, une cassure à grains grossiers; mais le recuit transforme le métal en un acier donnant une cassure à grains très fins, très serrés, en partie cristalline, et tout à fait analogue à celle d'un bon acier dur à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

0,75 p. 100 de carbone. Enfin, pour des proportions de plus en plus considérables de carbone et de chrome, la cassure devient tout à fait cristalline.

Les *aciers chromés forgés* ont été soumis à des observations analogues; les échantillons A, C, D, E (tableau 2) et analogues, ont été difficiles à briser; il a fallu les entailler au préalable : leurs cassures, d'un aspect fibreux, paraissaient presque noires. Un échantillon à 0,39 p. 100 de carbone et 2,54 p. 100 de chrome fut le premier qui se brisa sans aucun artifice : sa cassure était cristalline et avait le même aspect que celle que fournit un acier ordinaire. Les échantillons supérieurs (I, J, M et analogues) donnent lieu à des cassures cristallines brillantes, à grains très fins, tendant vers l'aspect porcelainé.

En résumé, toutes ces observations sont en parfaite concordance avec ce qui sera établi par la suite : la faible influence du chrome dans des aciers tenant moins de 0,25 à 0,30 p. 100 de carbone, et, au contraire, l'exagération des phénomènes par suite de la présence du chrome dans des aciers relativement riches en carbone.

2° Essais de raideur. — Le tableau suivant donne les résultats d'un certain nombre d'essais effectués sur des aciers chromés fondus ou forgés, recuits ou non :

Tableau n° 3.

DÉSIGNATION	TENEURS p. 100		ACIER CHROMÉ FONDU $15^{cm},24 \times 2^{cm},54 \times 0^{cm},8$		ACIER CHROMÉ FORGÉ $11^{cm},43 \times 1^{cm},75 \times 0^{cm},32$	
	C	Cr	Non recuit	Recuit	Non recuit	Recuit
B.	0,16	0,29	Cassé, 93°.	Plié à froid.	Plié à froid.	Plié à froid.
C.	0,15	0,48	Cassé, 161°.	Cassé, 103°.	Plié à froid.	Plié à froid.
E.	0,12	0,84	Cassé, 130°.	Cassé, 77°.	Plié à froid.	Plié à froid.
G.	0,21	1.51	Cassé, 15°.	Plié à froid.	Plié à froid.	Plié à froid.
I.	0,41	3,17	Cassé, 3°.	Cassé, 90°.	Cassé.	Plié à froid.
L.	0,71	9,18	Cassé, 3°.	Cassé, 3°.	Cassé, 48°.	Plié à froid.
M.	1,27	11,13	Cassé, 3°.	Cassé.	Cassé, 24°.	Cassé, 14°.

On voit que, pour le *métal fondu*, la fragilité croît avec la teneur en chrome et en carbone, surtout à partir de l'échantillon G, tenant 0,21 p. 100 de carbone et 1,51 p. 100 de chrome. L'auteur attribue cette exagération de la fragilité presque uniquement à l'augmentation de la teneur en carbone.

Pour le *métal forgé*, on voit que la raideur ne se manifeste guère que pour des teneurs en carbone et chrome supérieures à celles de l'échantillon G; le recuit, dont l'influence n'était pas très marquée sur le métal fondu, agit nettement ici en diminuant très notablement la raideur du métal. C'est ainsi, par exemple, qu'un échantillon tenant 0,71 p. 100 de carbone et 9,13 p. 100 de chrome qui, non recuit, se casse à 48°, peut, après recuit, se plier sans se rompre.

3° Essais de dureté. — Les échantillons d'*acier fondu* contenant moins de 0,40 p. 100 de carbone et de 3 p. 100 de chrome peuvent se limer aisément, qu'ils soient ou non recuits. L'échantillon I des tableaux précédents, qui contient 0,41 p. 100 de carbone et 3,17 p. 100 de chrome, est déjà difficile à limer; cette difficulté croît lorsque les teneurs en carbone et en chrome augmentent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'auteur observe qu'un acier à 0,71 p. 100 de carbone peut être facilement limé sans recuit, tandis qu'un acier à 0,71 de carbone et à 9,18 p. 100 de chrome (échantillon L) ne peut l'être; que, d'autre part, un acier à 9,18 p. 100 de chrome et à moins de 0,25 p. 100 de carbone se lime aisément, tandis qu'il cesse de pouvoir l'être s'il contient plus de 0,25 p. 100 de carbone. Il en conclut que le chrome agit comme une sorte de stimulant sur le carbone, et favorise le durcissement sans le secours de l'eau, procédé ordinaire de refroidissement.

Les barres d'*acier forgé* de 3 millimètres environ d'épaisseur se durcissaient au marteau et devenaient presque aussi dures que si elles avaient été plongées dans l'eau. Grâce à la faible section de la barre et au prompt refroidissement qui en était la conséquence, l'acier à forte teneur en chrome et à plus de 0,30 p. 100 de carbone prend une dureté très notable, bien supérieure à celle qu'aurait pris, par immersion dans l'eau, un acier pauvre en carbone et contenant autant de chrome.

Reste à savoir, puisque la présence simultanée du carbone et du chrome détermine le durcissement du métal, quel est l'élément durcissant par lui-même. Le professeur Turner, de Birmingham, a comparé, au moyen de son scléromètre, les duretés relatives de divers produits, et, en particulier, il a comparé des aciers au chrome, à l'aluminium et au silicium, analogues quant à la teneur en carbone. Les résultats de ces comparaisons sont consignés dans le tableau ci-après, et montrent clairement que *le chrome ne donne pas « par lui-même » la dureté*, mais qu'elle est due à l'augmentation de la teneur en carbone, la présence du chrome ne faisant qu'accentuer les propriétés communiquées au métal par le carbone. L'action durcissante du chrome est tout à fait analogue à celle de l'aluminium et du silicium.

Tableau n° 4.

NUMÉROS D'ORDRE	ACIER AU SILICIUM — ANALYSE p. 100 C	Si	Mn	DURETÉ RELATIVE	ACIER A L'ALUMINIUM — ANALYSE p. 100 C	Si	Mn	Al	DURETÉ RELATIVE	ACIER CHROMÉ — ANALYSE p. 100 C	Si	Mn	Cr	DURETÉ RELATIVE	OBSERVATIONS
1. . . .	0,14	0,24	0,14	20	0,15	0,18	0,18	0,38	20	0,16	0,07	0,18	0,29	22	Dureté relative de quelques substances (pour comparaison) :
2. . . .	0,18	0,79	0,21	20	0,20	0,12	0,11	0,61	21	0,12	0,08	0,18	0,84	21	
3. . . .	0,19	1,60	0,28	24	0,17	0,10	0,18	0,72	20	0,27	0,12	0,21	1,18	24	Plomb 1
4. . . .	0,20	2,18	0,25	24	0,21	0,18	0,18	1,60	21	0,39	0,14	0,25	2,54	24	Cuivre 8
5. . . .	0,21	3,46	0,29	30	0,21	0,18	0,18	2,20	21	0,77	0,50	0,61	5,19	55	Fer extra doux. 15
6. . . .	0,25	4,49	0,36	33	0,24	0,18	0,32	2,24	20	0,86	0,31	0,29	6,89	38	Fonte blanche très dure. 72
7. . . .	0,26	5,53	0,29	36	0,22	0,20	0,22	5,60	22	0,71	0,36	0,25	9,18	43	

L'influence prépondérante du carbone est ici nettement en évidence; d'ailleurs MM. Brustlein et Boussingault avaient déjà affirmé l'inefficacité du chrome seul pour donner de la dureté à l'acier; M. Rolland, dans les *Annales de chimie* (vol. XIII, p. 152, année 77) arrive à des conclusions analogues; les essais de M. Turner sont en parfaite concordance avec ces précédents.

4° Essais a la traction. — Les essais à la traction ont été effectués au moyen de la machine Whitworth, et conduits avec soin; ils ont porté sur des échantillons ayant

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

114 millimètres de long et une section de $17^{mm},5$ sur $3^{mm},2$. La barre d'épreuve était enlevée et mesurée après chaque augmentation de l'effort de traction. L'auteur estime que, de la sorte, la limite d'élasticité et la charge de rupture ont pu être très exactement établies. Aucune précaution spéciale n'a été nécessaire jusqu'à la charge de 3 900 kilogrammes par centimètre carré.

Les allongements ont été mesurés sur une longueur de 5 centimètres environ. Dans ces conditions, on trouve des allongements pour 100 plus forts qu'en opérant sur des échantillons de 10 ou 20 centimètres ; mais l'auteur, ayant fait des essais à la traction sur des échantillons d'acier à l'aluminium et sur des échantillons d'acier au silicium mesurant 5 centimètres, a conservé cette dimension pour ses essais sur l'acier chromé, afin de faciliter les comparaisons. Du reste, un grand nombre d'expériences faites par l'Amirauté permettent de comparer les allongements mesurés sur des longueurs de 5 ou 20 centimètres au moyen de la formule.

$$\frac{\text{Allongement p. 100 sur 5 centimètres}}{\text{Allongement p. 100 sur 20 centimètres}} = \frac{4}{3} = 1{,}333$$

Le tableau suivant donne les résultats des essais effectués :

Tableau n° 5.

DÉSIGNATION.		ANALYSES P. 100.		LIMITES D'ÉLASTICITÉ. KILOGRAMMES PAR CMQ.		CHARGES DE RUPTURE. KILOGRAMMES PAR CMQ.		ALLONGEMENT TOTAL. P. 100.	
		C	Cr.	non recuits.	recuits.	non recuits.	recuits.	non recuits.	recuits.
A	non recuit . .	0,07	0,22	3 060	»	5 000	»	38,65	»
	recuit.	»	»	»	2 900	»	3 770	»	45,20
F	non recuit . .	0,27	1,18	4 080	»	6 200	»	33,80	»
	recuit.	»	»	»	3 140	»	5 650	»	32,95
J	non recuit . .	0,77	5,19	6 280	»	11 620	»	13,05	»
	recuit.	»	»	»	3 140	»	8 640	»	8,20
L	non recuit . .	0,71	9,18	4 710	»	9 580	»	17,65	»
	recuit.	»	»	»	2 830	»	6 910	»	25,00
M	non recuit . .	1,27	11,13	4 710	»	—	»	10,38	»
	recuit.	»	»	»	—	»	5 180	»	—

Tous les échantillons contenant moins de 0,25 p. 100 de carbone se sont comportés comme le type A du tableau n° 5, malgré des teneurs en chrome qui ont varié de 0,22 à 0,84 p. 100. Lorsque le carbone atteint et dépasse cette proportion de 0,25 p. 100 (échantillon F et analogues), les propriétés du métal changent assez brusquement : la limite d'élasticité et la charge de rupture s'éloignent; on a affaire à des aciers durs.

Influence du recuit. — Le recuit semble, en somme, diminuer l'élasticité, et d'autant plus que celle-ci est plus considérable. L'obtention artificielle d'un degré d'élasticité supérieur, soit par la trempe, soit par l'addition d'une certaine proportion de chrome (puisque l'effet est analogue), n'est peut-être pas excellente au point de vue de la sécu-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rité. A ce sujet, M. Kreuzpointner, attaché aux chemins de fer du Pensylvania à Altona (États-Unis d'Amérique), dit que, pour les essais des métaux, il importe de savoir si le degré d'élasticité demandé a été obtenu par laminage à froid ou par éléments chimiques [*Iron Age*, 19 mars 1891]. Il ajoute que, plus le degré d'élasticité d'un produit se rapprochera du degré d'élasticité primitif au sortir de la fonderie, plus sûre sera la situation du fabricant au point de l'emploi final : car, si la différence entre les deux degrés d'élasticité est considérable, les risques augmentent en raison des changements que peuvent déterminer, dans le produit final, des forces qui n'auraient pas agi sur le métal doué du degré d'élasticité primitif. Il recommande, en conséquence, un recuit soigneusement conduit et un refroidissement judicieux. Le recuit agit tout particulièrement sur les aciers chromés forgés; il semble avoir moins d'influence sur les aciers chromés fondus.

Si maintenant on se reporte au tableau n° 6 ci-après, il semble que le recuit permette d'augmenter la teneur en chrome bien plus que celle en aluminium ou en silicium, sans rendre le métal cassant. Est-ce bien exact? et la teneur en carbone n'a-t-elle pas, là encore, l'importance la plus grande? On remarquera, en effet, que, parmi les échantillons numérotés 3, l'acier chromé tient 0,77 p. 100 de carbone, tandis que les deux autres n'en tiennent pas 0,30 p. 100.

Tableau n° 6.

	DÉSIGNATIONS	ANALYSES p. 100 C	Si	Al	Cr	LIMITES D'ÉLASTICITÉ — Kgs par cm²	CHARGES DE RUPTURE — Kgs par cm²	ALLONGEMENT p. 100	OBSERVATIONS SUR MÉTAUX RECUITS
1	Acier au silicium . .	0,14	0,24	»	»	2390	4240	37,55	Plié à froid.
	— à l'aluminium .	0,15	»	0,38	»	3140	4400	40,35	Plié à froid.
	— au chrome . .	0,16	»	»	0,29	2670	4240	45,55	Plié à froid.
2	Acier au silicium . .	0,19	1,60	»	»	4240	5180	35,10	Plié à froid.
	— à l'aluminium.	0,21	»	1,60	»	2040	4400	36,35	Plié à froid.
	— au chrome . .	0,21	»	»	1,51	2980	5180	38,07	Plié à froid.
3	Acier au silicium . .	0,26	3,53	»	»	3930	4240	0,37	N'a pas plié.
	— à l'aluminium .	0,22	»	5,60	»	4240	5650	6,45	Cassé à 16°.
	— au chrome . .	0,77	»	»	5,19	3140	8640	8,20	Plié à froid.

Ces épreuves mettent en évidence l'analogie qui existe entre les aciers au chrome, à l'aluminium ou au silicium lorsqu'ils contiennent de faibles proportions de carbone; pour des proportions plus grandes de carbone, l'analogie est moindre, mais subsiste néanmoins.

5° Essais a la compression. — Ces essais ont été effectués sur des aciers non recuits ayant la forme de petits cylindres de $25^{mm},5$ environ de hauteur et de 20 millimètres environ de diamètre; ces échantillons ont été soumis à une pression de 15 700 kilogrammes par centimètre carré. Le tableau n° 7, ci-après, donne, d'une part, les réductions de longueurs p. 100 obtenues sur des aciers chromés dont les teneurs en chrome

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

variaient, et, d'autre part, il permet de comparer ces aciers chromés à d'autres ayant des teneurs analogues en carbone, mais dans lesquels l'élément ajouté a été soit du silicium, soit de l'aluminium.

On peut constater que, pour ces essais comme pour les précédents, l'influence de chrome ne se fait sentir que lorsque la teneur en carbone dépasse 0,25 p. 100; la résistance à l'écrasement augmente alors très rapidement avec la teneur en chrome. On voit de plus que, pour des proportions analogues de carbone, le chrome communique à l'acier plus de résistance que le silicium ou l'aluminium. On a, de plus, observé, au cours des essais, qu'après compression, les spécimens d'acier chromé ne laissaient pas apparaître les grossières saillies fréquentes sur les spécimens correspondants d'acier à l'aluminium ou au silicium.

Tableau n° 7.

DÉSIGNATIONS	ANALYSES p. 100				RÉDUCTIONS DE LONGUEUR p. 100	
	C	Si	Al	Cr	ACIERS DIVERS	ACIERS CHROMÉS
1. Acier chromé	0,07	»	»	0,22	»	53,6
2. Acier au silicium	0,18	0,79	»	»	49,8	»
2. — chromé	0,15	»	»	0,48	»	50,5
2. — à l'aluminium	0,18	»	0,66	»	49,0	»
3. Acier chromé	0,12	»	»	0,84	»	48,2
3. — à l'aluminium	0,26	»	1,16	»	47,5	»
4. Acier chromé	0,21	»	»	1,51	»	44,6
5. Acier au silicium	0,20	2,67	»	»	38,5	»
5. — chromé	0,39	»	»	2,54	»	29,5
5. — à l'aluminium	0,24	»	2,24	»	45,8	»
6. Acier au silicium	0,25	4,49	»	»	32,5	»
6. — chromé	0,77	»	»	5,19	»	11,15
6. — à l'aluminium	0,22	»	5,60	»	36,5	»
7. Acier chromé	0,86	»	»	6,89	»	14,4

6° Essais divers. — L'auteur a fait un certain nombre d'essais sur lesquels il n'insiste pas autant que sur les précédents, mais qui ont néanmoins donné lieu à des mesures et à des observations qu'il est intéressant de rappeler :

(*a*) *Essais de trempe à l'eau.* — Ces essais, dont les principaux résultats sont consignés dans le tableau n° 8, ont prouvé clairement le non-durcissement de l'acier chromé pauvre en carbone. Les spécimens contenant moins de 0,25 p. 100 de carbone n'ont pas durci, même en faisant succéder leur refroidissement aux plus hautes températures.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Tableau n° 8

DÉSIGNATIONS	ANALYSES p. 100		MÉTAL FORGÉ ET RECUIT	TEMPÉRATURE DU MÉTAL AVANT LA TREMPE		
	C	Cr		ENVIRON 650°	ENVIRON 920°	ENVIRON 1250°
Acier chromé B . .	0,16	0,29	Se plie.	Se plie.	Se plie.	Se plie.
— C . .	0,15	0,48	Se plie.	Casse à 47°.	Casse à 45°.	Casse à 25°.
— E . .	0,12	0,84	Se plie.	Casse à 68°.	Casse à 41°.	Casse à 32°.
— G . .	0,21	1,51	Se plie.	Casse à 4°.	Casse à 21°.	Casse à 20°.
— H . .	0,39	2,54	Se plie.	Casse à 2°.	Casse à 4°.	Casse à 2°.
— I. . .	0,41	3,17	Se plie.	Ne plie pas.	Casse à 1°.	Casse à 2°.
— K . .	0,86	6,89	Se plie.	Casse à 3°.	Casse à 2°.	Ne plie pas.

La détermination des températures a manqué de précision, l'auteur caractérisant celles-ci par les teintes : rouge sombre, rouge vif, rouge blanc.

(*b*) *Essai thermal.* — Des échantillons d'acier chromé ont été refroidis brusquement à l'air; on a pu constater que le métal contenant, avec une proportion suffisante de carbone, de notables quantités pour 100 de chrome, possède la propriété de durcir de lui-même. Ce fait est intéressant, car, jusqu'ici, on pensait que, seul, le tungstène donnait lieu à cette propriété.

(*c*) *Essais de soudure.* — On a cherché à souder des aciers chromés tenant : le premier, 0,16 p. 100 de carbone et 0,29 p. 100 de chrome, le second 0,71 p. 100 de carbone et 9,18 p. 100 de chrome; on a pu chauffer le premier échantillon à la température de fusion sans obtenir la soudure; le même acier n'a pas pu davantage se souder en faisant usage de sable et chauffant aussi fort. Le second échantillon a donné les mêmes résultats négatifs. On peut donc dire que la présence du chrome est défavorable à la soudure; l'auteur ajoute qu'il en est de même, d'après ses précédentes expériences, pour l'aluminium et le silicium. M. Brustlein est arrivé, quant au chrome, aux mêmes conclusions.

(*d*) *Essais de corrosion.* — Des échantillons de 6 centimètres de long et de 13 millimètres × 6 millimètres de section ont été immergés pendant vingt et un jours dans une solution à 50 p. 100 d'acide sulfurique; les résultats ont été les suivants :

Acier chromé . . . . . **C** 0,27 p. 100 — **Cr** 1,18 p. 100 — Perte 3,32 p. 100
— . . . . . **C** 0,77 p. 100 — **Cr** 5,19 p. 100 — Perte 4,78 p. 100
— . . . . . **C** 0,71 p. 100 — **Cr** 9,18 p. 100 — Perte 5,64 p. 100

Dans les mêmes conditions, l'acier ordinaire perd 7,48 p. 100 et le fer forgé 4,47 p. 100.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MÉTALLURGIE

COMPOSITION ET CONSTITUTION DE CERTAINS ALLIAGES D'APRÈS C. R. A. WRIGHT (1)

Ce travail donne le résumé et la conclusion des nombreuses recherches exécutées par M. Wright, en partie avec le concours de M. Thomson, sur les alliages, principalement sur les alliages ternaires.

Quand on mélange deux métaux fondus séparément, il se produit parfois une solidification plus ou moins complète, due à ce qu'il se passe entre eux une action chimique donnant lieu à la formation d'un composé atomique défini, solide à la température du creuset, et incomplètement soluble dans un excès des métaux constituants; mais on peut presque toujours éviter cette solidification par une température suffisante pour maintenir la masse parfaitement liquide. Dans ce cas, il se produit de deux choses l'une : 1° ou les deux métaux se mélangent parfaitement en se dissolvant mutuellement en une masse qui reste homogène tant que la température est assez haute pour éviter tout commencement de solidification, ou 2° ils forment deux liquides non mélangeables, et qui se séparent par leurs densités quand on les laisse en fusion tranquille pendant assez longtemps, chacun de ces liquides étant constitué par l'un des métaux saturé de l'autre. Ces deux cas sont corrélatifs de ceux des mélanges, à la température ordinaire, d'alcool et d'eau, d'eau et d'éther en volumes égaux.

Dans certains cas, la séparation par densité se fait très lentement. Malgré la grande différence des densités des deux métaux, il faut parfois plusieurs journées : les deux liquides formant entre eux une sorte d'émulsion comparable à celle des globules d'huile suspendus dans du lait. Cette circonstance a, dans quelques cas, fait croire que certains métaux pouvaient se mélanger d'une façon permanente en toutes proportions à l'état fondu, tandis qu'ils ne formaient en réalité que des émulsions constituées par le mélange intime de deux alliages différents : tel est, par exemple, le cas de l'aluminium et du bismuth, de l'aluminium et du cadmium.

D'autre part, si l'on refroidit graduellement un mélange homogène de deux métaux liquides, la solidification commence à se produire à une température ou point qui reste constant pendant toute la durée de la solidification, mais seulement pour certaines proportions des constituants formant un composé en proportions atomiques nettement définies, sans aucun excès de l'un ou de l'autre métal. En général, le point de solidification baisse à mesure que la solidification s'avance, et principalement vers la fin. On désigne souvent le *point de solidification initiale* (1), ou la température à

(1) *Journal of the Society of Chemical Industry*, 1890, p. 944, 1892, p. 245, 449, 492, 521, 693 et 30 novembre 1894, p. 1014.

(2) Quand un mélange liquide se refroidit lentement, le thermomètre baisse graduellement jusqu'au commencement de la solidification, point où il monte un peu, parce que le mélange s'est plus ou moins *surfondu* avant sa solidification réelle. Cette élévation dépend de la nature du mélange, de la capacité calorifique du thermomètre par rapport à celle du mélange, et de la quantité de chaleur latente rendue sensible par la séparation de la matière solide. Avec une masse suffisante pour éviter tout refroidissement brusque par rayonnement, etc., on constate une température invariable pendant un temps assez long, 30 à 100 secondes, durant lequel la perte par rayonnement est compensée par le dégagement de la chaleur latente, puis le thermomètre baisse. C'est cette température constante que l'on prend souvent pour *point de solidification initiale*. Cette méthode a été appliquée à l'évaluation des graisses : procédé *Dalican*. (*Moniteur scientifique*, 1889.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

laquelle la solidification commence, sous le nom de *point de congélation*, mais il vaut mieux réserver cette appellation à la température fixe — fonction de la pression seule — à laquelle un corps chimiquement défini, comme l'eau, passe de l'état liquide à l'état solide, sa température restant constante pendant toute la durée du changement d'état. Le point initial de solidification désigne, au contraire, la température variable du commencement de la solidification de certains constituants d'un mélange qui laisse liquide une sorte de « liqueur mère » de composition différente de celle des parties solidifiées : cette température non seulement diffère en plus ou en moins de celle de la solidification des dernières parties de la masse, mais varie même, toutes choses égales, avec les proportions relatives des mêmes constituants. C'est ainsi que les belles expériences de Neville et Hycock ont démontré que des proportions très faibles d'un métal dissous dans de très grandes quantités d'un autre métal suffisent pour faire varier le point de solidification initial par rapport à celui du métal prédominant, et cela presque proportionnellement au poid du métal ajouté. Ce point s'élève quand les deux métaux peuvent, en se combinant chimiquement, former des composés moins fusibles que le métal prédominant (antimoine dissous dans du bismuth, ou étain dans de l'argent), tandis que, dans d'autres cas, ce point s'abaisse et permet de tirer de cet abaissement, d'après la loi de Raoult, des conclusions relativement à la constitution moléculaire du métal dissous. L'addition d'une petite quantité de zinc à une grande masse de bismuth ou de plomb a, par exemple, pour effet d'abaisser le point de fusion initial d'environ 5° au-dessous de celui du bismuth, et de 1°,5 au-dessous de celui du plomb; valeurs comparables à celles observées avec des métaux mélangeables en toute proportion au plomb ou au bismuth, comme Cu, Ag, Sn, Cd, Au. L'aluminium est tellement soluble dans le plomb et le bismuth qu'il est très difficile d'effectuer des mesures exacts, mais il paraît se comporter avec ces métaux comme l'étain, auquel il se mélange fondu en toute proportion.

Le phénomène de la ségrégation, par refroidissement, d'un composé différent de la masse restée liquide est évidemment tout différent de celui de la non-mélangéabilité de deux métaux sans la présence d'aucune partie solide : néanmoins, on a quelquefois confondu ces deux phénomènes. C'est ainsi que l'on dit parfois que le cuivre et le plomb fondus au rouge forment des alliages, mais que leur masse tend à se séparer en deux couches, dont la supérieure très riche en cuivre et l'inférieure en plomb. En réalité, tant que la température est assez élevée pour maintenir la masse parfaitement liquide, il n'y a aucune tendance à la séparation; mais, dès que la température baisse, il commence à se former de la matière solide : cuivre seul ou combiné avec un peu de plomb en un alliage peu fusible; de même que, dans un mélange d'alcool et d'eau, il se forme par congélation des cristaux de glace pure seule ou des cryohydrates d'alcool. Cette matière solidifiée flotte sur la masse de cuivre et de plomb, et la tendance à cette ségrégation — dont l'importance varie avec le refroidissement — est telle qu'il est presque impossible de refroidir 30 ou 40 grammes d'un mélange en parties à peu près égales de plomb et de cuivre sans trouver un excès de cuivre dans le haut de la masse, et un excès de plomb dans le bas.

Ces remarques s'appliquent bien entendu aussi, pour la plupart, aux alliages ternaires ou plus complexes. Ces alliages peuvent, quand ils sont complètement liquéfiés par la chaleur, se diviser en deux classes : suivant qu'ils forment des masses liquides parfaitement homogènes, ou se séparent en deux ou plusieurs liquides non mélangeables entre certaines limites. Quand la température baisse assez pour que la solidi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fication commence, il se produit en général une ségrégation des constituants : la portion de la masse qui se sépare en se solidifiant ayant une composition différente de celle de la masse restée liquide.

La séparation spontanée des constituants d'un mélange liquide de différents métaux présente incontestablement une grande importance pratique, parce qu'elle entraîne, quelle que soient sa raison d'être et son processus, dans les alliages et les coulées de fonderie, des défauts d'homogénéité très graves, principalement pour les pièces qui doivent être ensuite travaillées mécaniquement. En ce qui concerne la ségrégation ou différentiation pendant la solidification, on sait qu'elle est, en général, d'autant plus sensible que la masse fluide est plus importante et son refroidissemeut plus lent, et l'on emploie, dans les fonderies, plusieurs artifices pour la réduire le plus possible. Quant à la formation des alliages non mélangeables qui se séparent les uns des autres à l'état fluide, on n'en savait pas grand'chose avant les recherches de M. Wright, qui ont eu le résultat de la préciser beaucoup pour un grand nombre de mélanges binaires et ternaires des métaux usuels, que l'on peut classer, suivant une nomenclature indiquée pour la première fois par Stokes (1), en *alliages réels* et en *alliages fictifs* (ideal) ou *temporaires* suivant que ces mélanges restent parfaitement homogènes ou se différencient à l'état liquide.

L'examen attentif des alliages à ce point de vue est extrêmement complexe, car, même en se limitant aux neuf métaux suivants : Pb, Bi, Zn, Al, Sn, Ag, Cu, Cd, Sb, le nombre des combinaisons possibles est très grand. On peut, en effet, ainsi que l'indique le tableau ci-dessous, en former 502 : dont 36 binaires, 80 ternaires, 126 quartaires, etc.

	NOMBRE DE COMBINAISONS POSSIBLES		
DEGRÉ DES COMBINAISONS	Métaux mélangeables en toute proportion tant que la température est assez élevée pour en maintenir la liquidité parfaite.	Mélanges se divisant en au moins deux alliages non mélangeables quand les constituants sont en des proportions comprises entre certaines limites.	TOTAL
2.	31	5	36
3.	55	29	84
4.	55	71	126
5.	9	93	126
6.	1	75	84
7.	0	9	36
9.	0	1	0
	182	320	502

On a, en dehors des combinaisons binaires et ternaires de ces neuf métaux, étudié différents alliages contenant d'autres métaux dont les propriétés troublent plus ou moins ces phénomènes de mélangéabilité. C'est ainsi que la volatilité de l'arsenic et du mercure empêche leur emploi aux températures légèrement élevées, tandis que l'oxydabilité considérable du sodium et du potassium exige des précautions spéciales. Pour d'autres métaux, c'est ou leur prix élevé ou leur fusion difficile qui interviennent pour en compliquer l'expérimentation plus qu'avec les neuf métaux précités, et l'a empêchée jusqu'ici, malgré son vif intérêt.

Alliages binaires. — L'examen des 36 alliages binaires indiqués au tableau ci-dessus a fait immédiatement ressortir l'inexactitude des affirmations que l'on rencontre dans

(1) *Proc. Royal Society*, 1890-91, p. 179.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la plupart des traités. C'est ainsi que l'on affirme ordinairement la non-mélangéabilité de l'aluminium et de l'antimoine en fusion. Au contraire, quand on effectue ce mélange en certaines proportions et qu'on l'agite, il se différencie en un alliage solide, Sb Al, difficilement fusible (1) et en une matière liquide constituée par une dissolution de cet alliage dans celui des deux constituants en excès. Mais, tant qu'on maintient la masse à une température suffisamment élevée pour la liquéfier, elle reste parfaitement homogène, sans aucune tendance à la différentiation, même après un repos de huit heures. De même pour le plomb et le cuivre, le cuivre et le bismuth. D'autre part, certains traités affirment que l'aluminium et le bismuth forment des alliages usuels. Les mélanges de 1 de zinc et 2 d'étain en poids, de 1 d'étain pour 1 de cadmium, de 2 de cadmium pour 1 de cuivre et de 1 de bismuth pour 1 de cuivre, maintenus fondus pendant plusieurs heures, puis refroidis brusquement, ne présentent aucune trace appréciable de différentiation. Avec un mélange de 3 d'étain pour 1 d'aluminium, il semble se former un alliage un peu plus léger tendant à flotter à la surface de la masse; différentiation très faible, que l'on peut attribuer vraisemblablement plutôt à un commencement de ségrégation pendant la solidification qu'à la formation véritable d'un alliage fictif, incapable de durée, et se divisant en deux alliages réels tout à fait différents.

Les 31 mélanges binaires ci-dessous forment des alliages réels ou permanents en toute proportion.

Aluminium avec antimoine.	Antimoine avec bismuth.
— — cuivre.	— — cadmium.
— — argent.	— — cuivre.
— — étain.	— — plomb.
— — zinc.	— — argent.
	— — étain.
Bismuth avec cadmium.	Cuivre avec plomb.
— — cuivre.	— — argent.
— — plomb.	— — étain.
— — argent.	— — zinc.
— — étain.	
Cadmium avec cuivre.	Plomb avec argent.
— — plomb.	— — étain.
— — argent.	Argent avec étain.
— — étain.	— — zinc.
— — zinc.	Étain avec zinc.

Dans certains cas, il paraît se former des composés atomiques définis de ces métaux qui, pendant le refroidissement lent, tendent à se séparer du métal en excès. Si ce composé est peu fusible, comme Al, Sb, il se sépare d'abord de la masse, en laissant comme liqueur mère sa dissolution dans le métal le plus fusible. Si ce métal est moins fusible que le composé, il se sépare d'abord, laissant comme liqueur mère une dissolution du composé dans le métal le plus fusible.

D'autre part, les cinq mélanges binaires suivants :

Aluminium-bismuth.	Bismuth-zinc.
— cadmium.	plomb-zinc.
— plomb.	

(1) Point de solidification déterminé au pyromètre Le Chatelier, 1045°, d'après Roberts Austen, ou à 350° plus haut que celui du constituant le moins fusible. De même, l'alliage Al_2Au fond à 1070°, ou à 30° au-dessus du point de fusion de l'aluminium.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ne forment que des alliages transitoires quand on les fond en des proportions comprises entre les limites suivantes, qui se resserrent quand la température s'élève.

LIMITES POUR L'ALUMINIUM-BISMUTH

A 870° environ, entre { Bi = 99.72 / Al = 0.28 } et { Bi = 2.02 / Al = 97.98 }

LIMITES POUR L'ALUMINIUM-CADMIUM

A 750° environ, entre { Cd = 99.78 / Al = 0.22 } et { Cd = 3.39 / Al = 96.61 }

Alliages ternaires. — Des 84 mélanges ternaires indiqués au tableau : 55 sont réels en toute proportion, et 29 forment des alliages transitoires entre certaines limites de compositions, que l'on peut figurer géométriquement comme on le verra plus bas.

Théoriquement, l'on peut distinguer trois classes d'alliages ternaires fictifs, dont l'une n'est pas représentée parmi les combinaisons possibles des 9 métaux en question. Soient A, B et C, trois métaux pouvant former les alliages (AB) (AC) (BC). Dans la première classe, (AB) seul ne peut pas se mélanger en toute proportion; dans la seconde, (AB) et (AC) ne peuvent pas se mélanger; dans la troisième, aucun des binaires ne peut se mélanger à l'autre : d'où le tableau suivant :

	Binaires non mélangeables.	Binaires mélangeables.
1re classe.	(AB)	(AC) (BC)
2e —	(AB) (AC)	(BC)
3e —	(AB) (AC) (BC)	0.

La classe non représentée parmi les 29 combinaisons présentées est la troisième; mais on peut, avec les 9 métaux, former 23 combinaisons de la première classe et 6 de la seconde, conformément aux tableaux ci-dessous :

CLASSE I

A	B	C	
Pb	Zn	Sn Ag Sb Cu ou Cd	(5)
Bi	Zn	» »	(5)
Pb	Al	Sn Ag Sb ou Cu	(4)
Bi	Al	» »	(4)
Cd	Al	Sn Ag Sb Cu ou Zn	(5)
		Total.	23

CLASSE II

A	B	C	
Zn ou Al	Bi	Pb	(2)
Bi ou Pb	Al	Zn	(2)
Al	Bi ou Pb	Cd	(2)
	Total.		6

Les alliages ternaires transitoires de la première et de la seconde classe se divisent toujours en couples d'alliages permanents : ceux de la troisième classe peuvent, dans certains cas, se diviser en trois. Par exemple, si A ne peut dissoudre que peu de B et de C, B peu de A et de C, et C peu de A et de B, un mélange de A B et C en parties à peu près égales se divisera en trois alliages ternaires différents; à savoir : A, avec un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

peu de B et de C, B avec un peu de C et de A, et C avec un peu de A et de B, la masse se différenciant en trois couches, suivant les densités de ces alliages.

Bien que l'on n'ait pas encore réalisé de pareils mélanges de trois métaux, on peut en préparer d'analogues avec des corps non métalliques; c'est ainsi qu'un mélange à volumes égaux d'huile de ricin, de pétrole (Kérosène) et d'eau bien secoué forme une émulsion qui se sépare au repos en trois couches.

DÉTERMINATION DES LIMITES ENTRE LESQUELLES SE FORMENT LES ALLIAGES TERNAIRES FICTIFS DE LA CLASSE 1.

Pour préciser les limites correspondant à trois métaux quelconques, il faut exécuter un grand nombre d'expériences à la même température. Avec les alliages de la première classe, on y parvient le mieux en fondant des quantités convenables des métaux non mélangeables A et B avec une proportion graduellement croissante du troisième métal C, appelé par Stokes le métal dissolvant. Les proportions de A et de B se calculent facilement en partant d'expériences antérieures, et par la méthode graphique indiquée plus bas : elles doivent pouvoir fournir des volumes à peu près égaux des alliages produits, parce que, si l'un de ces alliages prédomine beaucoup, il se produit toujours des résultats anormaux. Peu à peu, l'on dépasse la limite des alliages temporaires, et il se forme des alliages permanents; mais, avant cela, il se forme des couples d'alliages « *conjugués* » avec chaque mélange. Sir C. C. Stokes a proposé, pour représenter ces phénomènes, le graphique suivant (fig. 1) :

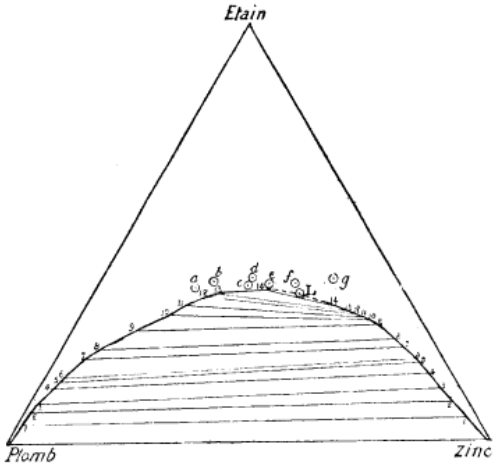


Fig. 1. — Diagramme de *Stokes*.

On suppose ici les trois métaux concentrés aux sommets d'un triangle équilatéral, le métal dissolvant au sommet, et on détermine le centre de gravité de leurs masses. Ce point représente l'alliage correspondant à ces proportions; de sorte qu'il suffit de joindre par une transversale les deux points figuratifs, ainsi déterminés, des deux alliages réels ou permanents dans lesquels se divise un alliage fictif ou temporaire pour obtenir la représentation graphique de cette différentiation. Une série d'alliages à proportions croissantes du dissolvant donne ainsi une série de transversales réunissant les points conjugués de chaque mélange. Si l'on trace en outre une courbe par tous les points représentatifs des alliages les plus lourds, et une autre par ceux des alliages les plus légers ainsi déterminés, on obtient deux branches d'une courbe continue, appelée *courbe critique*, dont les extrémités sont séparées par un intervalle d'autant plus petit que les séries de mélanges employés se rapprochent plus d'une composition, limite particulière, représentée sur le diagramme par un point vers lequel convergent et où s'évanouissent toutes les transversales. On peut calculer exactement la position

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de ce point limite d'après les positions des paires de points conjugués à l'aide d'ingénieuses méthodes proposées par sir C. C. Stokes (1).

La figure ci-contre représente les courbes critiques tracées au moyen de 14 transversales, résultant chacune de plusieurs expériences concordantes, avec des mélanges de plomb, d'étain et de zinc à 650° environ. Le point L est le point limite des points *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, représentant plusieurs alliages réels, tous en dehors de la courbe critique, d'allure parabolique; tous les points à l'intérieur de cette courbe représentent, au contraire, des alliages temporaires. Dans ce cas particulier, l'allure des transversales est remarquable : les inférieures s'inclinent du zinc vers le plomb, ce qui montre la prédominance de l'étain dans les alliages lourds, tandis que les transversales supérieures s'inclinent en sens contraire, montrant qu'il se produit l'inverse dans les mélanges qui renferment à l'origine un plus grand excès d'étain. En outre, les transversales supérieures convergent vers un point central correspondant à peu près à la formule $SnZn_4$ pour la proportion du zinc à l'étain, ce qui semble indiquer, comme raison de cette convergence, une tendance à la différentiation de ce composé. Le point où la transversale la plus inclinée (n° 5) coupe la branche gauche de la courbe correspond à un mélange d'étain et de plomb de formule $SnPb_3$; ce qui indiquerait l'existence probable de ce composé comme la cause de la différence des inclinaisons des transversales inférieures et supérieures. Cette hypothèse est confirmée parce qu'il se produit un fait analogue avec des alliages de plomb, d'étain et d'aluminium, dont la transversale inférieure la plus inclinée correspond aussi à $SnPb_3$, tandis qu'il n'y a pas de double inclinaison avec les alliages qui ne contiennent pas à la fois du plomb et de l'étain. On a tracé de même les transversales et les courbes critiques des 22 alliages de la première classe (2), ce qui a permis à M. Wright d'en déduire les conclusions générales suivantes, pour les alliages de la première classe :

1° Pour chaque combinaison des métaux, la position de la courbe critique varie avec la température, de façon que les courbes correspondant aux températures élevées sont à l'intérieur de celles des températures plus basses. Vers la base de ces courbes, c'est-à-dire pour les mélanges contenant les plus petites proportions du dissolvant, l'effet de la température est faible, tandis qu'aux environs du point limite, — pour les mélanges les plus riches de dissolvants, en compatibilité avec la conservation à l'état d'alliage fictif, — l'action de la température est beaucoup plus sensible. Dans certains cas, il suffit d'une variation relativement faible de la température pour transformer un mélange donné en un alliage temporaire se différenciant en deux alliages réels de compositions très différentes, ou en un seul alliage réel indivisible (3).

2° La position du point limite correspond à un rapport, entre les deux métaux non mélangeables, non pas constant, mais largement variable avec le volume du métal dissolvant.

3° Dans la plupart des cas, la courbe critique ne présente aucune sinuosité ni irrégularité notables; mais, dans certain cas, elle présente une saillie vers l'intérieur ou l'extérieur, qui atteint son maximum quand le rapport entre le métal dissolvant et l'un

(1) *Proceedings Royal Society*, 1890-1891, p. 174-178.

(2) *Proc. Roy. Soc.*, 50, part. V, 38.

(3) Certains liquides autres que les métaux fondus, présentant les mêmes caractères de mélangéabilité mutuelle, se comportent de même : c'est ainsi qu'un mélange d'eau, de chloroforme et d'acide acétique se comporte exactement comme un mélange de plomb, d'étain et de zinc. Aux environs du point limite, l'influence de la température est très grande. (*Proc. Roy. Soc.*, 50, part. V.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des métaux non mélangeables se rapproche de celui correspondant à un composé atomique défini. Les composés atomiques $AgZn_3$, Ag_4Zn_3, $BiSb_3$, CuZn, sont ainsi bien nettement définis par des saillies ou des rentrées de la courbe critique.

4° Dans quelques cas très rares, malgré la régularité de la courbe critique, l'allure des transversales présente des particularités donnant à supposer la formation d'un composé atomique de quelques-uns des métaux affectant leur distribution dans les deux alliages conjugués : tel est le cas précité : de la double inclinaison et de convergence des transversales des alliages ZnPbSn et AlPbSn. L'existence de l'alliage Pb_2Cd est aussi clairement indiqué par une convergence analogue. Dans la majorité des cas, au contraire, les transversales sont inclinées toutes dans le même sens, mais sans que l'on ait encore pu établir la loi générale déterminant cette direction. Avec l'argent ou le cuivre comme dissolvant, et à gauche le plus lourd des deux métaux non mélangeables, PbZn., BiZn, PbAl., BiAl., CdAl, à gauche, les transversales penchent toujours à gauche, c'est-à-dire que l'alliage le plus lourd formé renferme moins de dissolvant que le plus léger. Avec l'étain pour dissolvant, les transversales penchent au contraire toujours à droite, excepté celles correspondant à une faible proportion d'étain dans les alliages de PbSnZn, PbAlSn, probablement à cause de la formation du composé défini précité Pb_3Sn. Avec l'antimoine comme dissolvant, toutes les transversales des PbZn, PbAl, BiAl penchent à gauche, et celles des BiZn à droite ; avec le cadmium, on penche à gauche pour les PbZn et à droite pour les BiZn. Avec le zinc comme dissolvant dans les mélanges CdAlZn, les transversales penchent à gauche. Il semble donc que, bien que la nature des dissolvants influe évidemment sur la direction des transversales, qui penchent à gauche dans la majorité des 23 cas possibles, l'on ne peut néanmoins affirmer d'avance qu'un dissolvant donné fera toujours pencher à gauche et l'autre à droite.

5° En ce qui concerne les aires des segments de la courbe critique entre lesquels les alliages réels se forment dans les différents cas, on remarque, en comparant la courbe critique des alliages ternaires de plomb et celle de ces mêmes alliages où l'on a remplacé le plomb par le bismuth, que cette dernière courbe est toujours à l'intérieur de la première. De même quand on déplace, dans un ternaire donné, le zinc par l'aluminium, la courbe de l'aluminium dépasse toujours celle du zinc. Des relations analogues s'appliquent, mais pas invariablement, à certains couples de métaux dissolvants, la température et les deux métaux non mélangeables restant les mêmes. C'est ainsi que, avec le plomb et le zinc, le plomb et l'aluminium, le bismuth et le zinc ou l'aluminium, le cadmium et l'aluminium, la courbe obtenue avec l'argent comme dissolvant est toujours en dehors de celle obtenue avec le cuivre, et celle de l'antimoine toujours au-dessous de celle de l'étain.

ALLIAGES TERNAIRES DE LA SECONDE CLASSE

Pour représenter graphiquement les résultats de l'analyse des alliages réels en lesquels se divisent les alliages fictifs de la 2e classe, on peut employer avantageusement le même diagramme que précédemment, avec cette différence que les deux métaux mélangeables sont placés aux extrémités de la base, et, au sommet, le troisième métal non mélangeable complètement avec les deux autres. Le champ de formation des alliages temporaires, déterminé comme précédemment par les transversales joignant leurs points conjugués, présente un tout autre aspect, non parabolique mais quadran-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gulaire, avec deux côtés constitués par une partie de ceux du triangle, et les deux autres par deux courbes plus ou moins horizontales, découpant, par conséquent, dans le grand triangle, un petit triangle au sommet et un quadrilatère au bas. Les mélanges compris dans ce petit triangle ou dans ce quadrilatère sont des alliages réels, tandis que les autres sont des alliages temporaires, qui se divisent en deux alliages réels, situés chacun respectivement sur l'un des côtés courbes du grand quadrilatère et l'autre sur une autre ligne.

ALLIAGES QUINAIRES

On peut évidemment diviser *a priori* les 126 combinaisons quinaires possibles avec les 9 métaux employés, dont 95 forment des alliages fictifs, en un plus grand nombre encore de classes et de catégories, dont la plupart sont représentés parmi les combinaisons usuelles de ces métanx.

C'est ainsi que les alliages :

Zn. Pb. Cd. Sn. Ag.
Al. Cd. Sn. Hg. Cu.

contiennent un couple fictif primaire (A B), tandis que les alliages

Zn. Pb. Cd. Sn. Cu.
Al. Cd. Sn. Ag. Cu.

en contiennent deux : (A B) et A C.

ALLIAGES SEXTAIRES

Des 84 alliages sextaires possibles, 9 seulement sont réels : à savoir les 7 obtenus en retranchant successivement l'un des métaux de la série

Pb. Bi. Sn. Ag. Cu. Sb. Cd.

et les deux séries suivantes :

Al. Zn. Sn. Ag. Cu. Sb.
Zn. Cd. Ag. Cu. Sb. Sn.

ALLIAGES SEPTAIRES, OCTAIRES ET NONAIRES

Des 36 combinaisons septaires possibles, une seule est réelle.

Pb. Bi. Sn. Ag. Cu. Cd. Sb.

Aucune des 9 combinaisons octaires n'est réelle, sinon au delà de certaines proportions linéaires, et de même pour les nonaires. C'est ainsi qu'un mélange constitué en grande partie par l'un des cinq alliages fictifs binaires PbZn, PbAl, BiZn, BiAl, CdAl, et un peu des autres métaux, se divise en deux alliages différents formés, par exemple, principalement de plomb ou de petites quantités d'autres métaux.

G. R.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MÉTALLURGIE

LES PROGRÈS AU HAUT FOURNEAU

Résumé du « Stahl und Eisen », par M. PAUL BAYARD, *ingénieur conseil.*

A l'assemblée générale des industries du fer allemandes du 13 janvier 1895, ont été présentés de très intéressants rapports sur les progrès de la fabrication de la fonte en Allemagne depuis 1882.

La statistique générale de la production se résume en ce fait que les États-Unis sont actuellement à la tête des producteurs depuis 1890, malgré les variations considérables de leur tonnage depuis cette époque. L'Angleterre vient ensuite, puis l'Allemagne, dont la production croît régulièrement chaque année.

Les conditions économiques de production des divers pays, au point de vue des frais de transport dont sont grevées les matières premières, sont également étudiées d'une façon intéressante par M. Schrœdter. Les Allemands considèrent comme très préjudiciables à leur industrie nationale, l'élévation des tarifs par voie de fer, et le manque de voies fluviales dans leur pays.

Les progrès techniques réalisés dans cette période ressortent de ce fait, que la production a augmenté de 47 p. 100, tandis que le nombre de fourneaux diminuait de 22 p. 100, et que le nombre des ouvriers n'augmentait que de 3 p. 100.

Ces progrès consistent surtout dans : 1° l'agrandissement des hauts fourneaux et les améliorations apportées à leur construction; 2° l'augmentation de la température du vent; 3° les améliorations des machines soufflantes, et la meilleure utilisation des gaz; 4° les améliorations des procédés de transport.

I. Le *haut fourneau* de 16 à 18 mètres de haut, sur 5 mètres de diamètre au ventre, a passé à 20 et 22 mètres de hauteur, et à 6 mètres de diamètre : volume 400 mètres cubes.

Les profils élancés se maintiennent; la pente des étalages est devenue plus forte : 72 à 76° au lieu de 67 à 70°. Dans la cuve, le fruit est considérable : de 4 mètres et demi au gueulard, on passe à 6 mètres au ventre. Des fruits moindres ont donné des résultats médiocres. Le diamètre du creuset a beaucoup augmenté ; de 2 mètres, il est passé à 3 mètres et plus.

Avec les mêmes minerais, un haut fourneau qui donnait 60 tonnes par jour, rend maintenant, aux nouvelles dimensions, 100 tonnes en fonte de moulage, et de 100 à 160 tonnes en fonte blanche.

Le cuvelage n'est pas entouré de briques rouges, il est fretté directement. La plateforme du gueulard repose sur colonnes indépendantes. Les matériaux réfractaires sont maintenant exclusivement de fabrication allemande. On prend des briques réfractaires bien cuites, avec 36 à 38 p. 100 d'alumine pour la cuve, et de 41 à 44 p. 100 pour la sole, le creuset et les étalages. Aux températures élevées, avec les productions intensives actuelles, ces briques tiennent mieux à la chaleur qu'à l'action des laitiers. Elles doivent toujours être bien refroidies. On a essayé les briques de carbone, mais sans grand succès, surtout en fonte blanche.

Les dimensions des briques ont diminué; au lieu de 150 millim. de hauteur, 600 et plus de longueur, elles ont d'ordinaire 100×300. On a même, sauf pour la sole, employé des petites briques de 250×70 à 80.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Suivant les minerais employés, les appareils de chargements restent très variables, *Cup and cone Parry*, et *cloche Langen*. Le premier système, souvent avec tuyau central, est destiné non pas à la prise de gaz mais à la bonne répartition des charges. Il reste encore des gueulards ouverts.

La prise de gaz se fait dans la plate-forme de chargement qui, restant indépendante de la cuve, doit se raccorder avec elle par une disposition permettant la dilatation en hauteur de la cuve, lors de la mise en feu. Divers types de Lürman ont heureusement résolu le problème.

La marche intensive usait rapidement le creuset, provoquant des passées de fonte et de laitier fréquentes. On a dû recourir à un refroidissement très énergique, et armer solidement le creuset. Lürman, à Rombach, Creuzthal et Wittkowitz, a installé le creuset entièrement blindé, complètement isolé, posé sur poutrelles.

Les étalages, également blindés, sont entièrement suspendus aux marâtres portant la cuve et déchargent le creuset. Le refroidissement se fait entièrement par arrosage intérieur. Van Vloten, à Dortmund, refroidit ses étalages par deux rangées de caisses à eau, et en reporte le poids sur une série de colonnes. Il a, au-dessus du plan des tuyères, une série de fausses tuyères en bronze portées sur un anneau en fonte d'acier et réglables par coins, qui maintiennent le profil; creuset et étalages sont seulement frettés.

Les tuyères, autrefois en bronze, se font souvent en cuivre chaudronné et soudé. Leur nombre varie de quatre à huit; de grands hauts fourneaux marchent bien encore à quatre.

II. L'*augmentation dans le chauffage du vent* constitue le plus grand progrès, et produit les économies principales. L'appareil Cowper est maintenant à peu près seul employé; au lieu de 600° maximum, on chauffe maintenant de 700 à 800°: d'où augmentation de production et économie de coke, que l'on peut chiffrer de 200 à 300 kilogr. par tonne de fonte.

Le diamètre des appareils reste toujours à 6 mètres, tandis que la hauteur, de 20 a été portée à 23, 25 mètres et plus. La cheminée de combustion, autrefois ronde, est maintenant elliptique, ou formée d'un ou deux segments plats.

Les canaux d'empilages sont généralement carrés, de 125 à 175 milim. de côté; il y en a de ronds et d'hexagonaux. Pour mieux répartir le tirage, Bœcker fait les conduits plus larges à la circonférence qu'au centre.

Dans l'appareil de combustion resté généralement très simple, Lürman a introduit un brûleur à lames parallèles.

La grille en fonte qui portait les empilages a été remplacée par une maçonnerie; pour chauffer à 700 et 800° le vent d'un grand haut fourneau, il faut trois appareils en marche; il en faut un de réserve, en nettoyage, par groupe de deux fourneaux.

La batterie de quatre appareils avec conduites isolées pour chaque fourneau est préférable, permettant de varier la pression suivant nécessité.

Les soupapes séparées pour le gaz et les fumées, isolant complètement l'appareil en vent, constituent une amélioration notable: les types Schmidt et Burger sont avantageux.

Pour les empilages, on prend d'ordinaire les briques de silice comme étant meilleur marché; mais, pour la cheminée de combustion, la coupole et les parties supérieures des empilages, on préfère la brique de haut fourneau comme moins fusible aux poussières du fourneau.

Le nettoyage des appareils se fait d'ordinaire tous les deux à quatre mois, mais

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tous les ans seulement si les gaz sont bien débarrassés de poussières. Il se fait à la brosse en fils de fer; au besoin au vent sous pression ou à la poudre.

III. Dans les anciennes *machines soufflantes*, il était difficile de marcher à grande détente sans avoir des chocs, des grippements, des ruptures de traverses; on revenait alors à la forte admission, et on consommait beaucoup de vapeur, même avec machines couplées. La machine Compound a remédié à tous ces inconvénients : on marche de trente à quarante-cinq tours; on prend la vapeur à 8 atmosph. au lieu de 6. La machine horizontale et la machine verticale jouissent d'une égale faveur. Chaque haut fourneau a sa machine soufflante et sa conduite séparée, ce qui permet de marcher avec la pression correspondante à l'état du fourneau.

Les hautes températures rendant plus fréquents les collages, on a dû augmenter les pressions : on arrive à 250 et 300 millim. de mercure. Pour diminuer les pertes de charges dans les conduites, on en a augmenté le diamètre, on a évité les coudes brusques. Les conduites de vent chaud sont toujours garnies en réfractaires à 300 millim. d'épaisseur. On a cherché à faire des briques plus légères et moins conductrices, en mélangeant du petit coke aux argiles réfractaires.

A ces températures de 700 à 800°, les porte-vent brûlaient rapidement : on les fait maintenant à joints sphériques; on les garnit intérieurement, ou bien on les forme de deux tuyaux de fonte séparés par de l'amiante.

Les soupapes à siège autrefois employées pour les conduites sur le haut fourneau ou sur les appareils ont été remplacées par des registres, généralement sans refroidissement, mais pouvant facilement se changer. La maison Dango et Dienenthal les fait en bronze refroidies à l'eau ou au vent.

Avec les améliorations apportées aux machines et appareils, le gaz des hauts fourneaux suffit à donner toute la vapeur nécessaire à l'installation. Les chaudières n'ont plus de grilles de secours, elles sont du type multitubulaire ou Cornwall, avec brûleur extérieur suffisamment vaste pour effectuer la combustion complète.

Bien que l'on attache beaucoup plus d'importance à débarrasser entièrement les gaz de leurs poussières, on ne voit pas d'appareil nouveau réalisé dans ce but.

IV. Avec les hauts fourneaux ayant chaque jour de 160 à 200 tonnes de matières premières à remuer, les *moyens de transport* ont une importance considérable. Pour les déchargements et stocks de minerais, on emploie soit les estacades, soit les trémies permettant sans main-d'œuvre le remplissage des wagonnets de chargement.

Pour le transport des laitiers, on n'a plus que des grands wagons tenant de 1 à 4 mètres cubes, avec locomotives et basculage mécanique. Les moules à crasses se font en fonte d'acier; on granule les laitiers quand il y a assez d'eau et quand on peut en trouver l'utilisation en briques, mortiers ou ciments; autrement, la granulation est un inconvénient, triplant les emplacements de dépôt nécessaires. Le transport se fait aussi très économiquement par câbles aériens.

Dans la *discussion* qui suit cette intéressante communication de M. Van Vloten, le docteur Wedding insiste pour protéger la cuve du haut fourneau contre les refroidissements par une enveloppe démontable. A Berge-Borbeck, on préfère les petits hauts fourneaux aux grands. Avec 17 mètres de hauteur, $1^m,88$ de diamètre au creuset, $4^m,86$ au ventre, $3^m,13$ au gueulard, une capacité de 165 mètres cubes, on produit de 110 à 115 tonnes par 24 heures avec 860 kilogrammes coke à la tonne de fonte Thomas. On traite des scories de forges, puddlage et réchauffage avec des magnétites suédoises. On conteste la nécessité de relever le fourneau pour en refroidir les gaz.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le directeur de Friedenshütte préfère multiplier les appareils destinés à débarrasser les gaz de leurs poussières et ne pas construire de Cowper supplémentaire; on a pu ainsi rester six ans sans nettoyages, toujours désastreux pour la solidité et le bon fonctionnement des appareils.

M. Martin Bœcker donne des renseignements intéressants sur les hauts fourneaux en Haute-Silésie. Ayant perdu son exportation en Russie et même en Autriche, cette région a dû transformer son industrie. On avait, il y a quinze ans, des fourneaux de 14 à 16 mètres et de 200 mètres cubes de capacité, traitant 80 p. 100 de minerais locaux en poussière, qui tenaient 24 p. 100 de fer, 35 p. 100 d'humidité, une forte proportion de zinc, et exigeaient 35 p. 100 de castine; le vent était chauffé à 400° avec une pression de 150 à 200 millimètres de mercure. La consommation de coke était de 1 700 à 1 800 kilogrammes, la production journalière de 40 tonnes; on avait à la tonne une main-d'œuvre de 1,80 journées d'homme.

Les fourneaux actuels ont 20 mètres de hauteur, $4^{m},40$ au gueulard, 6 mètres au ventre, $3^{m},20$ au creuset, 330 mètres cubes de volume. Ils ne traitent plus que 20 p. 100 de minerais locaux; le reste du lit de fusion est formé par des magnétites suédoises, des fers spathiques hongrois et des scories. Le coke est fabriqué dans des fours à récupération de sous-produits; le vent est chauffé à 700-800° et sous pression de 300 millimètres; la production est de 100 à 120 tonnes, la consommation de coke de 1 000 kilogrammes et la main-d'œuvre de 0,80 journées d'homme.

Dans la construction, les petites briques ont donné de mauvais résultats : les joints se remplissent de zinc, et des dilatations qui se produisent démolissent le fourneau, malgré tous les frettages.

Pour empêcher de filtrer dans la sole le plomb qui provient des minerais, on a dû employer des briques à feuillures horizontales et verticales. Le procédé Bansen permet, au contraire, l'écoulement du plomb. A Kœnigshütte, deux fourneaux ont des briques de carbone qui ont donné toute satisfaction; on emploie pour le chargement l'appareil Langen, avec prise centrale, qui permet de voir et d'enlever les dépôts de zinc.

Pour débarrasser le gaz des poussières de zinc, on a, à Friedenshütte, des chambres de dépôt de 700 mètres cubes de capacité, faisant faire au gaz un parcours de 220 mètres.

C'est en Allemagne que la fabrication de la fonte Thomas a pris le développement le plus rapide et le plus considérable. Inférieure à 500 000 tonnes en 1883, elle est maintenant de 2 millions et demi. Les renseignements donnés à ce sujet par M. Schilling d'Oberhausen offrent donc un intérêt tout particulier; d'une façon générale, il signale un abaissement de 25 p. 100 dans la consommation de coke, une augmentation de 50 p. 100 dans la production, dus aux perfectionnements signalés ci-dessus.

On fait de la fonte Thomas en Lorraine, sur la Sarre et en Westphalie, avec les minettes du Luxembourg, les crasses de puddlage, les minerais suédois, les hématites brunes manganésées du Nassau. Les minettes du Luxembourg tiennent : fer, de 35 à 40; manganèse, 0,15 à 0,25; phosphore, 0,75 à 0,85; silice, de 5,50 à 11,50; alumine, de 3 à 5,5; chaux, 8 à 16; magnésie, 0,50 à 2.

La fabrication de la fonte Thomas, basée sur le traitement des minettes, paie comme transport sur matières premières : $9^{mk},42$ à Duddelange, $13^{mk},54$ sur la Sarre, $19^{mk},82$ sur la Ruhr, ce qui met cette dernière région dans un état notable d'infériorité; il faut, pour en sortir, l'abaissement des tarifs de chemins de fer et la canalisation de la Moselle.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On a consommé tout d'abord beaucoup de crasses de puddlage qui, se trouvant à très bas prix, permirent de produire la fonte Thomas à bien meilleur marché que les fontes Bessemer demandant du minerai de Bilbao très cher. Mais les scories de puddlage, de 3 marks la tonne en 1882, sont arrivées à 16 marks en 1894, tandis que le Bilbao passait de 19mk,70 à 12 marks. La consommation de scories va donc baisser d'autant plus que, depuis 1890, les minerais suédois de Gellivara et de Grängesberg viennent donner un appoint élevé de fer en même temps que de phosphore.

Le Grängesberg tient 1 p. 100 de phosphore, le Gellivara varie de 0 à 2 1/2 p. 100; ces minerais coûtent à Rotterdam 13mk,50 ± 30 pf. par unité, sur la base de 60 p. 100 de fer; ces minerais sont des magnétites difficilement réductibles.

Les fontes ainsi produites se ramènent à deux types :

MM	S	0,05	à	0,1	Si 0,5 — 1	Mn 1,3 à 1,6	Ph 1,7 à 1,8	C 3,7 à 3,9
OM	S	—		0,15	Si 0,5 — 1,5	Mn 0,3 à 0,0	Ph 1 à 1,8	C 3,2 à 3,7

Le laitier de la première fonte tenant 43 de chaux et 1,9 d'oxyde de manganèse, celui de la seconde 43 à 44 1/2 de chaux et 0,8 seulement de manganèse; la différence de prix entre ces deux fontes est de 2mk,40.

La fonte, traitée directement au sortir du fourneau, doit tenir 1 p. 100 de manganèse, pour S < 0,1 et Ph < 2 1/2; on peut considérer comme type 1 p. 100 Mn, 1 p. 100 Si, 1,7 Ph. Encore faut-il tenir compte de la longueur du parcours de la poche entre le fourneau et le convertisseur.

1.29	Mn	0.17	S	et	1.86	Mn	0.23 S
1.03	Mn	0.09	S		1.42	Mn	0.11 S
24	Mn	8.03	S		18.	Mn	5.07 S

Deux fontes ayant au fourneau, l'une 1,29 Mn, 0,17 S, et l'autre 1,86 Mn et 0,23 S, arrivèrent au convertisseur avec 1,03 Mn, 0,09 S et 1,42 Mn, 0,11 S, les scories formées sur la poche ayant 24 p. 100 Mn, 8,03 S et 18 Mn, 5,07 S.

Si l'on refond la fonte au cubilot, la teneur en manganèse doit être de 2 p. 100, la perte au cubilot étant de moitié.

Si les conditions de marche des fourneaux sont irrégulières, on emploie le mélangeur. Là encore, il y a, au contact entre le manganèse et le soufre de la fonte, réaction et départ du soufre.

La fonte ayant	Mn 2 1/2	Si 0.64	S 0.14
Arrive au mélangeur avec.	1.82	0.50	0.08
Et en sort avec.	1.70	0.46	0.05

Dans d'autres essais, la fonte avait perdu 40 p. 100 de son Si, 60 p. 100 de son S, 25 p. 100 de son manganèse. Il ne faut pas que les scories soient trop basiques, et il faut employer à l'alimentation du mélangeur le moins grand nombre possible de poches. Le dimanche, il faut ou vider le mélangeur, ou continuer à l'alimenter en mettant en lingotières ce qu'il est nécessaire d'en enlever.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS MÉCANIQUES

UNIFICATION DES FILETAGES ET DES JAUGES

LETTRE ET CIRCULAIRE DE **M. le Ministre de la Marine** PRESCRIVANT L'ADOPTION DU **Système de filetages** DIT **Système français** ET DE LA **Jauge décimale métrique** PROPOSÉS PAR LA **Société d'Encouragement.**

Paris, le 13 mars 1895.

Le Ministre de la Marine à Monsieur le Président de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, 44, rue de Rennes, — Paris.

Monsieur le Président, après examen des règles formulées par la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, comme étant susceptibles d'être admises pour un système uniforme de filetages et pour les jauges des fils métalliques, et prenant en considération l'intérêt sérieux que présente l'adoption générale d'un tel système, j'ai l'honneur de vous faire savoir que j'ai décidé d'appliquer en principe, dans la Marine, le nouveau système de filetages, dit système français, et la jauge décimale métrique pour les fils métalliques.

Je vous transmets ci-joint 5 exemplaires d'une circulaire en date du 11 février dernier, adressée à tous les ports et établissements de la Marine, et indiquant les conditions dans lesquelles les règles établies par la Société d'Encouragement seront appliquées au matériel de mon département.

Je suis heureux d'avoir pu ainsi répondre à l'appel fait par votre Société, et je lui adresse mes remerciements tant pour l'initiative prise par elle en vue de la réglementation des filetages et jauges de tréfilerie, que pour le zèle avec lequel elle poursuit, auprès des intéressés, l'adoption de cette réforme.

J'apprendrais avec plaisir que les efforts de cette Société ont été couronnés de succès, et qu'une entente générale a pu, grâce à elle, être établie sur la question dont il s'agit.

Recevez, Monsieur le Président, les assurances de ma considération la plus distinguée.

G. BESNARD.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LE MINISTRE DE LA MARINE, *à Messieurs les Vice-Amiraux commandant en chef, Préfets maritimes; Directeurs des Établissements hors des ports.*

Direction du matériel; 1er Bureau : *Constructions navales;* — 2e Bureau : *Travaux hydrauliques et Bâtiments civils.* — Direction de l'Artillerie; 1er Bureau : *Bureau administratif.* — 2e Bureau : *Bureau technique.* — Service des Défenses sous-marines.

Paris, le 11 février 1895.

Adoption, dans la marine, du nouveau système de filetage, dit « Système français », et du système de jauge décimale métrique, pour les fils métalliques, d'après les règles établies par la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale.

MESSIEURS,

La *Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale*, après avoir examiné les observations qui lui ont été présentées par les grandes Administrations publiques et les Compagnies industrielles qu'elle avait consultées sur son projet d'unification des filetages, a établi récemment (1) les règles qui lui paraissent pouvoir être admises pour un système uniforme de filetages.

La Marine a un intérêt tout particulier à l'adoption de mesures tendant à unifier, en France, l'outillage et les procédés de fabrication des pièces de machine comportant des filetages; les divers services techniques des ports et établissements, consultés à cet égard par une circulaire du 16 septembre 1893, ont unanimement souhaité la réalisation, à bref délai, de la réforme projetée.

Aussi, j'ai l'honneur de vous faire savoir, qu'après avoir pris sur cette question l'avis de M. l'Inspecteur général du Génie maritime, j'ai décidé d'adopter, en principe, le nouveau système de filetages, dit « Système Français, S. F. », établi par la *Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale*, et la jauge décimale métrique pour les fils métalliques.

L'application de ces deux systèmes au matériel de la Marine aura lieu dans les conditions suivantes :

1° Les règles formulées ci-après ne s'appliquent qu'aux seules *vis mécaniques*, c'est-à-dire aux vis métalliques de diamètre égal ou supérieur à 6 millimètres, destinées à l'assemblage des pièces de machine et aux constructions mécaniques.

Ces règles ne s'appliquent pas aux très petites vis, dites *vis horlogères*, aux vis découpées sur des tubes, aux vis spéciales qui servent soit aux transmissions de mouvement dans les tours et aux machines-outils, soit aux mesures micrométriques, soit à des usages particuliers exigeant certaines dispositions qui ne peuvent rentrer dans un système uniforme de filetage; enfin, elles ne s'appliquent pas aux vis à bois, qui pratiquent elles-mêmes leur logement dans une matière relativement molle.

2° Rien n'est changé dans les usages de la Marine relativement aux filetages pour *constructions en fer*, établis par M. l'Ingénieur Godron (Lorient, 17 février 1881), et rendus réglementaires le 16 août 1885.

Ces filetages, complétés par l'introduction du calibre de 6 millimètres, figurent dans l'*Atlas d'Indret* (22 janvier 1886).

3° *Nature du filet.* — Le tracé des vis mécaniques est déterminé par l'enroulement

(1) *Bulletin* d'avril 1894.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en hélice *à droite* d'un filet simple, obtenu par la troncature d'un triangle primitif dont la base, placée parallèlement à l'axe de la vis, est égale au pas de la vis.

4° *Jeux entre les vis pleines et les vis creuses.* — Les vis pleines et les vis creuses ou écrous qui se correspondent ont, en principe, même filet; mais, afin de tenir compte des tolérances d'exécution indispensables dans la pratique, tolérances qui doivent varier selon les circonstances, le profil fixé est un *profil-limite,* pour la vis pleine comme pour la vis creuse; cette limite est prévue *par excès* pour la vis pleine, et *par défaut* pour la vis creuse : en d'autres termes, la vis pleine doit toujours rester à l'*intérieur* du profil-limite et la vis creuse à l'*extérieur* de ce même profil.

Les écarts entre la surface théorique commune et les surfaces réalisées sur la vis pleine et sur son écrou déterminent le *jeu* que présenteront les deux pièces montées l'une sur l'autre. Aucune valeur n'est fixée pour ce jeu, chaque constructeur restant juge des tolérances admissibles, suivant la destination des vis et suivant l'outillage employé pour la fabrication.

5° *Forme du filet.* — Le triangle primitif du filet est un *triangle équilatéral,* dont le côté égale le pas; ce triangle est tronqué par deux parallèles à la base menées respectivement au 1/8 de la hauteur à partir du sommet de la base.

(Sur ce point, rien n'est changé aux usages de la Marine.)

6° *Arrondis que peuvent présenter les angles dans l'exécution.* — Dans la pratique, et suivant le degré de fini dans l'exécution, les angles vifs saillants et rentrants du profil se trouvent arrondis, plus ou moins légèrement, mais de telle sorte que ni la vis pleine ni la vis creuse ne dépassent leur surface-limite commune, fixée suivant la règle indiquée plus haut.

7° *Diamètre des vis.* — Le diamètre des vis se mesure sur l'extérieur des filets *après troncature.*

Cette règle est une innovation importante, la Marine définissant jusqu'ici le calibre des vis par le diamètre du cylindre fictif sur lequel se trouvent les pointes tronquées des filets.

8° Le tableau ci-après renferme les vis réglementaires adoptées dans la Marine; il comprend la *série normale* de *vis principales* établie par la *Société d'Encouragement,* et complétée par l'intercalation d'un certain nombre de vis intermédiaires, conformes aux règles admises par cette Société.

Par l'addition de ces vis intermédiaires, la Marine sera en possession d'une série aussi complète que celle en usage.

TABLEAU DES FILETAGES RÈGLEMENTAIRES. (Système français, S. F.)

(Les calibres en italique appartiennent à la *série normale* des *vis principales* du S. F.)

Calibres.	Pas.	Calibres.	Pas.	Calibres.	Pas.	Calibres.	Pas.
6 m/m	1 m/m	20 m/m	2,5 m/m	*36* m/m	4 m/m	*88* m/m	7,5 m/m
8	1	22	2,5	*42*	4,5	*96*	8
10	1,5	*24*	3	*48*	5	*106*	8,5
12	1,5	26	3	*56*	5,5	*116*	9
14	2	28	3	*64*	6	*126*	9,5
16	2	*30*	3,5	*72*	6,5	*136*	10
18	2,5	32	3,5	*80*	7	*148*	10,5

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Si l'on est amené *exceptionnellement* à faire usage d'un calibre ne figurant pas sur le tableau ci-dessus, on devra adopter un nombre pair de millimètres pour le calibre, et, comme pas, celui de la vis principale immédiatement inférieure.

Diamètre du corps des boulons. — Le *corps* des boulons ou des vis peut avoir un diamètre un peu supérieur à celui de la partie filetée. L'excès du diamètre du corps ne devra pas dépasser :

0 m/m,5	pour les vis de	6 à 14 m/m
1	—	16 à 48
2	— plus de	48

Les diamètres des trous traversés par les boulons seront fixés en conséquence, de manière à toujours rester au-dessus de ces limites.

10° *Têtes de boulons et écrous.* — Les *têtes* des boulons et les *écrous* de formes usuelles, hexagonales et carrées, s'inscrivent dans un cercle dont le rayon est égal au diamètre de la vis.

L'inclinaison des *têtes coniques* sera de 9 bases sur 10 de hauteur (comptée parallèlement à l'axe de la vis), ce qui correspond, pour le cône, à un angle au sommet de 84° environ.

La hauteur des têtes et des écrous ne paraît pas susceptible d'être fixée d'une manière générale; on peut toutefois considérer comme valeur normale de cette hauteur le diamètre de la vis.

De même, les dimensions des trous de goupilles, des ergots, des fentes pour recevoir les tournevis, peuvent varier beaucoup; on recommande toutefois de fixer à deux fois le pas la largeur de ces fentes et le diamètre des trous de goupille, et de prendre, pour les dimensions des ergots, des multiples entiers du pas.

11° *Vis horlogères.* — Aucune règle n'est imposée pour l'établissement des vis horlogères, c'est-à-dire des vis de calibres inférieurs à 6 millimètres.

Toutefois, dans le but de pousser à l'unification, la *Société d'Encouragement* préconise l'emploi de la *série dite Thury*, adoptée en divers pays, sur la proposition de la *Société des Arts de Genève*.

Jusqu'à nouvel ordre, la Marine ne peut que suivre les usages des constructeurs spécialistes, qui, en France, ne semblent pas disposés à modifier leurs errements.

12° *Jauge décimale métrique.* — Les différentes jauges en usage, ne reposant sur aucune base méthodique, ne doivent plus être employées; elles seront remplacées par la *jauge décimale métrique*, dans laquelle on désigne le calibre des fils métalliques par la valeur même de leurs diamètres exprimée en *dixièmes de millimètres*.

Comme on le voit par l'exposé qui précède, la Marine, en adoptant les règles formulées par la *Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale*, s'est imposé certains sacrifices. C'est ainsi, qu'en premier lieu, elle abandonne la règle, en vigueur depuis longtemps, relative à la définition du calibre des vis.

Cette modification aux usages des arsenaux maritimes est la plus sérieuse de celles qu'entraîne l'introduction dans l'outillage de la Marine du nouveau système de filetages; elle aura, en effet, pour conséquence obligatoire, le renouvellement presque intégral de l'outillage en tarauds et en filières.

L'adoption, par la *Société d'Encouragement*, du profil de filets en usage dans la Marine (triangle équilatéral, tronqué au 1/8 de la hauteur) atténue, il est vrai, mais dans une faible mesure, les conséquences du changement de calibre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour réaliser, dans les conditions les plus économiques, la transformation dont il s'agit, il ne sera procédé que progressivement au renouvellement de l'outillage.

J'ai décidé, à cet effet, qu'à partir du 1er janvier 1896, les commandes de machines de toute nature devront spécifier que les vis, boulons, etc., seront établis conformément aux règles du Système français, tel qu'il est adopté par la Marine.

En outre, les établissements d'Indret et de Guérigny devront prévoir l'application du nouveau système à tous les appareils dont la construction sera entreprise à partir de cette même date du 1er janvier 1896; ces établissements devront, d'ici à cette date, être outillés en conséquence.

Recevez, etc.

Signé : G. BESNARD.

PROCÈS-VERBAUX

Séance du 22 février 1895.

Présidence de *M. Mascart*, président.

MM. les Secrétaires font le dépouillement de la correspondance.

M. François Martin, place du Théâtre, à Cazère (Haute-Garonne), remercie la Société de l'accueil fait à son projet de bicyclette examiné par le Comité des Arts mécaniques.

M. A. Tauziet, 25, rue Polonceau, inventeur d'un système pour atténuer les collisions des trains sur les voies ferrées, offre de communiquer ses mémoires et dessins. (Arts mécaniques.)

M. Delessert, ingénieur des arts et manufactures, à Lardy (Seine-et-Oise), demande un rapport sur son ouvrage intitulé : *La filature du coton par les machines modernes*. (Arts mécaniques.)

Faire part de la mort de *M. Charnelet,* ancien industriel, membre de la Société, et de *Mme Vve Ménier*.

Le *Comité de l'Exposition centenaire de la Lithographie* sollicite le patronage de la Société pour cette exposition. (Comité des Beaux-Arts.)

M. Buil, 47, rue Vivienne, présente une invention de machine à travailler le bois. (Arts mécaniques.)

M. Roussy, 6, rue Merlin, présente un moteur à force absolument gratuite. (Arts mécaniques.)

M. També, 80, rue de Montreuil (Vincennes), présente un appareil photographique. (Beaux-Arts.)

Mme Vve Queruel. — Demande de secours. (Arts mécaniques.)

CORRESPONDANCE IMPRIMÉE. — Ouvrages offerts à la Société :

Extrait du *Bulletin de la Société des ingénieurs civils de France : Expériences sur la condensation des machines à vapeur*, par *M. Ch. Compère*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Bulletin de la Société d'économie politique, année 1894, 1 vol. in-8, 243 p. (Guillaumin.)

Mémoires de la Société nationale d'Agriculture de France, vol. 136, 1895, 1 vol. in-18, 836 p. (Chamerot et Renouard.)

Conférence. — *M. Abdank Abakunowitch* fait, avec projections et modèles à l'appui, une première conférence sur l'*Industrie du vélocipède.* — Historique et statistique du vélocipède. — Théorie générale du vélocipède. — Description complète et fabrication d'un vélocipède moderne. — Une seconde conférence traitera des *détails de construction du vélocipède.*

M. le Président remercie *M. Abdank* de son intéressante communication, qui sera insérée au *Bulletin.*

Séance du 8 mars 1895.

Présidence de *M. Mascart*, Président.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. le Président annonce la mort de *M. Rousselle*, inspecteur général des Ponts et Chaussées, membre du Comité des Arts économiques, et de *M. Armand Dumaresq*, artiste peintre, membre du Comité des Constructions et Beaux-Arts.

La Société sera représentée aux funérailles de ces deux membres de notre Conseil, qui laissent après eux d'unanimes et très vifs regrets.

M. Bunel, membre du Comité des Constructions et Beaux-Arts, architecte en chef de la Préfecture, a l'honneur de porter à la connaissance de la Société qu'il a réussi à faire donner définitivement à une rue de l'arrondissement des Ternes le nom de *Jean-Baptiste Dumas.*

Dépouillement de la correspondance. — *MM. les Secrétaires* font le dépouillement de la correspondance.

M. Bienaymé communique une circulaire de M. le *Ministre de la Marine*, du 11 février 1895, prescrivant, à partir du 1er janvier 1896, l'adoption du *système de filetages français* et de la *jauge décimale métrique* proposés par la Société d'Encouragement. Cette circulaire est reproduite *in extenso* p. 314. L'approbation ainsi donnée officiellement par la Marine française aux travaux de notre Société fera certainement faire un grand pas à l'importante question de l'unification des filetages et des jauges, au succès de laquelle M. Bienaymé a lui-même si largement contribué. Cette question préoccupe vivement tous les ingénieurs, et la Société d'Encouragement doit se féliciter non seulement de l'avoir fait aboutir pratiquement en France, mais aussi de l'avoir fait remettre à l'ordre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du jour à l'étranger, notamment en Allemagne, par le *Verein der Deutscher Ingenieure*, avec qui elle est entrée en correspondance à ce sujet.

M. le colonel Pierre remercie la Société de sa nomination de vice-président honoraire.

M. E. Bourdon remercie le Conseil de sa nomination de membre du Comité des Arts mécaniques.

M. Duclaux remercie la Société de sa nomination de membre du Comité des Arts chimiques.

M^me^ Hélène Aernoudt, 34, rue de la Bienfaisance, remet un pli cacheté destiné à assurer la priorité d'une invention qu'elle ne décrit pas.

M. F. Martin, à Cazères (Haute-Garonne), remercie la Société de lui avoir accordé une annuité de brevet.

M. Haton de la Goupillière envoie, de la part de *M^me^ Lebon*, sœur de *M. Mallart*, pour la bibliothèque de la Société, les 300 brochures et ouvrages suivants, provenant de la bibliothèque de ce savant :

107 *tirages à part des comptes rendus de l'Académie des sciences et d'autres collections.*

Travaux scientifiques de MM. Damour, C. Lory et Delesse.

L. Bourgeois. Synthèse des minéraux. — F. Massieu. Propagation des ondes planes. — L. Lecornu. Équilibre des surfaces flexibles. — F. Beaulard. Réfraction du quartz. — Poincaré. Équation aux différentielles partielles. — De Rudolz. Mission en France et Angleterre. — A. Choisy. Mission au sud de l'Algérie. — Chemins de fer de l'Est. Exposition de 1889. — Aperçu des richesses minérales de la Russie d'Europe. — Ministère des travaux publics. Répertoire des carrières de pierre de taille exploitées en 1889. — Combes. Exploitation des mines. — N. B.-Wyse. Canal de Panama. Rapport général. — E. Gruner. Associations et syndicats miniers en Allemagne. — Déjardin-Verkinder. Projet de loi sur les mines. — P. Chapuy. Cours de machines. — Ville. Notice minéralogique sur les provinces d'Oran et d'Alger. — Arrault. Outils et procédés de sondage. — E. Dupont. Législation des mines. — F. Mathet. Mémoire sur les mines de Ronchamp. — F. Faure et Nadaud. Observations sur l'hygiène et la sécurité du travail. — H. Fayol. Études sur le terrain houiller de Commentry. — E. Fuchs. Note sur la recherche de la houille dans le pays de Bray. — E. Dupont. Questions législatives intéressant les mines. — Centenaire de M. Chevreul. Discours. — Bauhaut. Observations au projet de loi sur les mines. — E. Dormoy. Topographie du bassin houiller de Valenciennes. — O. Keller. L'industrie minérale en France et à l'étranger. — E. Combescure. Les lignes de courbure de la surface des ondes. — Expositions de l'État au Champ-de-Mars. — E. Cumenge. Note sur Rio-Tinto. — Ed. Gruner. Les lois d'assistance ouvrière en Allemagne. — Wickersheimer. Étude sur le rachat des chemins de fer. — Élie de Beaumont. Tableau de données numériques du réseau pentagonal. — Reyneau-Gilliot. Loi relative aux conseils de prud'hommes mineurs. — Eaux minérales analysées à l'École des mines. — Della regione volcanica del monte Vulture. — Benoit. Comparaisons ayant servi à déterminer les équations des nouveaux prototypes métalliques. — Dujardin-Beaumetz. L'industrie houillère en Angleterre depuis 1865. — Matériel de l'exploitation des mines à l'Exposition de 1889. — C^ie^ des Asphaltes de France. Mines de Seyssel (Ain). — J.-B. Marsaut. Étude sur le lavage de la houille. — Bertrand. Thermodynamique. — La Société géologique de France dans le Jura méridional. — Denis de Lagarde. Richesse minérale de l'Espagne. — G. Chesneau. Rapport sur l'industrie des huiles de schistes en France et en Angleterre. — H. Couriot. La mobilisation et les houillères. — Bertrand et Killian. Missions d'Andalousie. — Drouot. Notice sur les gites de houille. — Ferd. Gautier. Forgeage comparé au marteau-pilon et à la presse. — H. Vincotte et Manee. Le bronze phosphoreux. — A. Brustlein. Le ferro-chrome. — Errington de la Croix. Mines d'étain de Perak. — Chaudron. Le système Kind et Chaudron pour le fonçage des puits. — Ch. Segré. Essai pétrographique et géognostique. — A. Meugy. Leçons de géologie appliquée à l'agriculture. — L.-F. Kaeutz. Cours de météorologie. — Fayol. Note sur les mouvements de terrain

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

provoqués par l'explosion des mines. — P. Challon. Triage des mines par l'électricité. — E. Nibault. Observations au projet de loi Baïhaut sur les mines. — A. Salvetat. Leçons de céramique. — A. Favier. Les matières explosibles en 1889. — Séguin. De l'influence des chemins de fer et de l'art de les tracer et de les construire. — Brosselin. Note sur la construction des ponts Sully. — E. Boutan. Constitution géologique de l'isthme de Panama. — J. Roth. Der Vesuv und der Umgebung von Neapel. — Nadault de Buffon. Eaux de sources naturelles et artificielles. — Manès. Mémoire sur les terrains de grès avec houille. — L. Gruner. Pouvoir calorifique et classification des houilles. — Mussy. Carte géologique de l'Ariège. — F. Saac. Précis de chimie agricole. — Mémorial des poudres et salpêtres. — First, second and third annuals Reports of the geological Survey. — Notice sur les sources thermales et minérales de l'Algérie. — Babu. Précis d'analyse qualitative. — Chargement des dispositifs de mine. — Domeyko. Mineralogia. — L. de Lavergne. Économie rurale de la France. — L'agriculture et la population. — Scipion-Gras. Traité de géologie agronomique. — Brisse et André. Cours de physique. — Gruner et Lan. État présent de la métallurgie du fer en Angleterre. — T. Egleston. Catalogue of minerals and synonymes. — De Lapparent. Traité de géologie. — J.-D. Dana. Manual of geology. — C. F. Rammelsberg. Handbuch der mineral chemie. — J. Barraude. Défense des colonies. — E. Malagutti. Leçons de chimie agricole. — L. Lecornu. Les tremblements de terre en Normandie. — Chaper. Extraits d'un rapport de mission sur la côte du Venezuela. — De Chancourtois. Sur la théorie des soulèvements. — L. Gruner. Chaleur absorbée aux températures élevées par la fonte, les aciers. — F. Mateet. L'air comprimé aux mines de Blanzy. — Gruner. Études sur l'acier. — F. Delafond. Rapport sur les explosions. — A. Denayrouse. Des aérophores et leur application dans les mines. — L. Lermusiaux. Lampes de sûreté dans les mines de houille. — Ziegler. Éclaircissements de la troisième carte de la Suisse. — Ch. Gomel. Projets de réforme de la législation des mines. — Janet et Bergeron. — Excursion géologique aux environs de Beauvais. — Ch. L. Frossard. L'or des Pyrénées (mémoire). — T. Egleston. The formation of gold nuggets. — J. G. Hardy. Freins continus pour chemins de fer. — Hoskold. Mémoire général sur les mines et la métallurgie dans la République argentine. — Estatistica mineira per 1882. — L. Regray. Rendement des machines locomotives. — F. Jacqmin. Étude sur l'exploitation des chemins de fer par l'État. — H. Frontault. Métallurgie au bois. — J.-M. Bel. Les mines d'or du Transvaal. — Compagnie des Chemins de fer du Midi. Exposition 1889. Notice sur le matériel exposé. — Er. Mallard. Sur la théorie des macles. — Les groupements cristallins. — F. Delafond. Essais effectués sur une machine Corliss au Creusot. — Er. Mallard. Sur le grenat pyrénéite. — Sur l'isomorphisme. — Sur la forme cristalline du ferromanganèse. — Sur la théorie de l'hémitropie. — Sur les clivages du quartz. — Sur la sellaïte. — Sur la tridymite et la christobalite. — Note sur une disposition particulière du goniomètre de Wollaston. — Revue des principaux travaux publiés sur la minéralogie. — Sur les propriétés optiques des mélanges de substances isomorphes et sur les anomalies optiques des cristaux. — Étude théorique sur les machines à air comprimé. — De l'action de la chaleur sur les cristaux de boracite. — Des anomalies optiques de la prehnite. — Sur le polychroïsme des cristaux. — Sur les propriétés optiques des mélanges cristallins de substances isomorphes et sur l'explication de la polarisation rotatoire. — Sur la mesure de l'angle des axes optiques. — Sur l'isomorphisme des chlorates et des azotates. — Note sur les gisements stannifères du Limousin et de la Marche. — Sur le réfractomètre de M. Bertrand. — Notice nécrologique sur M. B. de Chancourtois. — Notice sur les travaux scientifiques de M. Mallard. — Sur la théorie de la polarisation rotatoire. — Sur le système cristallin de plusieurs substances présentant des anomalies optiques. — Sur les rapports qui existent entre les réseaux cristallins des différents corps. — Sur la lussatite. — Sur la production d'un phosphure de fer cristallisé dans les incendies des houillères de Commentry. — Mallard et Cumenge. Sur une nouvelle espèce minérale, la boléite. — Mallard et Le Chatelier. Sur le dimorphisme de l'iodure d'argent. — Er. Mallard. Sur quelques phénomènes de polarisation chromatique. — Mallard et Le Chatelier. Sur la vitesse de refroidissement des gaz aux températures élevées. — Sur la variation qu'éprouvent avec la température les biréfringences du quartz. — Sur la variation de la température à laquelle se produit la transformation de l'iodure d'argent. — Sur les pressions instantanées produites pendant la combustion des mélanges gazeux. — Sur la constatation de la présence du grisou dans l'atmosphère des mines. — Sur les vitesses de propagation de l'inflammation dans les mélanges gazeux explosifs. — Sur les procédés de tirage des coups de mines dans les mines à grisou. — Sur les lampes de sûreté, à propos des expériences de M. Marsant. — Du rôle des poussières de houille dans les accidents des mines. — Procédés propres à déceler la présence du grisou. — Recherches sur la combustion des mélanges gazeux explosifs. — Er. Mallard. Commission d'études de l'emploi des explosifs dans les mines à grisou. Résumé des rapports adressés à la Commission. — Sur l'emploi des explosifs dans les mines à grisou. — Expériences sur la pression du grisou dans la houille. — Commission des substances explosives. Rapports présentés au nom de la sous-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

commission. — Expériences sur les lampes de sûreté. — Rapport à la Commission du grisou au nom de la sous-commission. — Principes à consulter dans l'exploitation des mines à grisou. — Rapport présenté au ministre des Travaux publics au nom de la commission d'études des moyens propres à prévenir les explosions de grisou. — L'inflammabilité du grisou par les étincelles de l'acier. — MARSANT. Étude sur la lampe de sûreté des mineurs. — Les lampes de sûreté des commissions officielles du grisou. — ER. MALLARD. Les groupements cristallins. — Essais pratiques faits dans quelques exploitations de mines sur divers explosifs indiqués par la commission des substances explosives. — MALLARD et LE CHATELIER. Sur les chaleurs spécifiques des gaz aux températures élevées. — Sur la température de combustion et sur la dissociation de l'acide carbonique et de la vapeur d'eau.

M. le Président, au nom de la Société, remercie vivement Mme Lebon de cette généreuse donation.

M. le Président du Patronage industriel des enfants de l'ébénisterie, 77, avenue Ledru-Rollin, fait appel aux sympathies de la Société en faveur de ce patronage. (Renvoyé au Comité de Commerce.)

M. Délchg Kleine, 15, rue Richomme. Prospectus d'un abécédaire polyglotte mécanique pour sourds-muets.

M. Canard, 99, rue Oberkampf. Découverte pour augmenter les bénéfices des éleveurs français. (Renvoyé au Comité d'Agriculture.)

M. B. Nicollet, de Grenoble, envoie une série de Mémoires sur la sériciculture et diverses questions agricoles. (Comité d'Agriculture.)

M. J. Ludovic, 51, rue de Belleville. Diaphason du dessin. (Comité des Beaux-Arts.)

M. Ch. Bourquin, à Saint-Symphorien, par Pontanevaux (Saône-et-Loire). Procédé pour empêcher les explosions de grisou. (Arts chimiques.)

CORRESPONDANCE IMPRIMÉE. — Ouvrages reçus pour la Bibliothèque :

De notre collègue *M. le colonel Laussedat : Le Conservatoire des Arts et Métiers*. Une broch. gr. in-8, 24 p. avec gravures. Publication très belle extraite de *la France monumentale et artistique*, Librairie illustrée, 8, rue Saint-Joseph.

De *M. Polonceau*, ingénieur en chef du matériel et de la traction au chemin de fer d'Orléans, membre de la Société : *Les nouvelles machines à vapeur à l'Exposition de* 1889. 1 vol. in-8, 135 p. avec atlas, Paris, Bernard.

Du *Ministère du Commerce et de l'Industrie :* Rapports sur l'Exposition de Chicago. Comité 33, Éducation et Enseignement, 1 vol. in-18, 128 p. Imprimerie nationale.

De la collection *Leauté* (Gauthier-Villars) : *G. Bourlet, Traité des cycles et des bicyclettes. Dudebout et Croneau :* Appareils, accessoires des machines à vapeur.

L'or à Minas Geraes (Brésil), par *M. Paul Ferrand*, vol. 2, une brochure in-8, 123 p. Imprimerie officielle d'Ouro Prêto (Brésil).

Traité scientifique et industriel des plantes textiles. L'ortie, par *M. L. Michotte*, une brochure in-18, 67 p. Paris, Michelet.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Conférence sur l'industrie des laits concentrés, par *M. J.-J. Escuyer*, président de la Compagnie générale des laits purs.

Du *Ministère de l'Agriculture d'Italie : Statistica degli Sciopperi avenuti nell'industria e nell'agricoltura*, 1892, 1893.

De *M. Brull : Sur la confection mécanique des éprouvettes cylindriques de ciment et de mortier de ciment.*

Déclaration de vacance : *M. Collignon*, au nom du *Comité des Arts mécaniques*, propose de déclarer une vacance pour le remplacement de *M. le colonel Pierre*, nommé membre honoraire de la Société et vice-président honoraire.

La vacance est déclarée.

Nominations de membres de la société. — Sont élus membres de la Société :

M. Rozé, répétiteur d'astronomie à l'École polytechnique, présenté par *MM. Haton et Le Roux.*

M. Arbel, administrateur des forges de Couzon, présenté par *M. le général Sebert.*

M. Letort, ingénieur de la raffinerie Say, présenté par *MM. Raffard et G. Richard.*

M. Mesureur, ingénieur, présenté par *M. le général Sebert.*

La Compagnie française des métaux, présentée par M. *le général Sebert.*

M. Postel-Vinay, ingénieur électricien, présenté par *MM. Carpentier et Le Chatelier.*

M. Luuyt, ingénieur des mines, présenté par *MM. Haton de la Goupillière et Le Chatelier.*

M. Longuinine, professeur à l'Université de Moscou, présenté par *MM. Haton de la Goupillière et Le Chatelier.*

M. Collot-Laurent, ingénieur-constructeur, présenté par *MM. Haton de la Goupillière et Le Chatelier.*

Rapports des comités. — *M. Simon* fait, au nom du *Comité des Arts mécaniques*, un rapport sur les appareils de sûreté de *M. Lucien Meyer*, 13, rue Fontaine-au-Roi.

M. *Raffard* fait, au nom du *Comité des Arts mécaniques*, un rapport sur les joints amovibles au caoutchouc pour tuyaux à bouts unis de *M. Borané*, 101, boulevard Voltaire.

Les conclusions de ces deux rapports sont adoptées. Ces rapports seront publiés *in extenso* au *Bulletin d'Avril.*

Communications. — M. le Dr Détourbe fait la communication suivante sur un *masque respirateur contre les poussières industrielles.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ce masque respirateur, destiné à empêcher la pénétration des poussières dans la bouche et les narines, leur influence morbide sur les voies respiratoires et digestives et les troubles généraux qu'elles provoquent, a la *forme* d'une *pyramide triangulaire* à sommet antérieur tronqué et complètement ajouré. La *base* postérieure, triangulaire, à sommet supérieur et à bords courbes, est *montée sur une gouttière* de même forme, accusée surtout sur le squelette de la face qui entoure le nez et la bouche, et dans lequel elle est pour ainsi dire calée par les plans inclinés de ses bords. Une bande de feutre épais et souple double son pourtour, et rend *parfaites* son *adaptation au visage*, la *fermeture de la cavité du masque* et l'*interception des poussières, en arrière*. La face inférieure et le bord supérieur sont ajourés sur leur plus grande partie, et forment, avec la surface ajourée du sommet, une *grande ouverture antérieure* triangulaire, à sommet supérieur et fermé par un *treillis*. En avant de cette ouverture, existe une *chambre filtrante* de 5 millimètres de profondeur, limitée en avant par une *porte treillissée*, toutes deux de même forme et de même dimension. Cette porte pivote autour d'une charnière supérieure, et se ferme en bas par un anneau, pourvu d'un orifice dans lequel s'engage un crochet de la face inférieure. La chambre filtrante est remplie par une *plaque d'ouate non hydrophile*, préférable à l'ouate hydrophile, qui garde plus longtemps que celle-ci sa perméabilité, et se trouve placée et fixée à sa périphérie, entre le bord plein de la porte treillissée et le masque, réalisant ainsi l'*occlusion hermétique de sa cavité en avant* et l'*étanchéité absolue de l'appareil au point de vue des poussières*. Les *moyens d'attache* sont représentés par deux courroies élastiques, l'une inférieure, l'autre supérieure, rejetée sur le front et agissant sur le sommet de la base, à l'aide d'une *lame de ressort* fonctionnant à la manière d'un *levier de troisième genre*. La face interne du masque est doublée d'une étoffe de laine pure, caoutchoutée à sa face profonde contiguë au métal. Le masque est établi en *trois types d'une hauteur moyenne*, susceptibles de s'allonger et de se raccourcir dans les limites de 15 millimètres, et de toucher ainsi à des hauteurs extrêmes, maxima et minima, grâce à la malléabilité de la mince lame d'aluminium qui les forme et à son aptitude à la déformation voulue sous l'influence de pressions graduées et méthodiques. Ces trois types suffisent à tous les cas. La *profondeur* totale du masque est de 40 millimètres, suffisante pour loger toujours la saillie nasale, et ménager en avant d'elle une *chambre d'air*, destinée à prévenir l'échauffement du visage.

Les qualités filtrantes de l'ouate assurent une *filtration parfaite*, *l'interception absolue des poussières* et l'arrivée d'un *air pur* aux voies respiratoires. Le fonctionnement du masque ne détermine *aucune gêne de la respiration* ni *de la parole*, et ne produit *aucune condensation de vapeur d'eau* dans sa cavité : le feutre, la laine caoutchoutée, le coton du treillis postérieur, l'ouate filtrante, qui enveloppent cette cavité, sont des corps mauvais conducteurs de la chaleur ; ils empêchent le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

refroidissement de l'air expiré et la condensation de sa vapeur d'eau. *Le masque ne mouille pas*. Il n'apporte *aucune entrave à l'exercice de la vue*, et ne cause *ni chaleur incommode, ni congestion, ni sudation, ni irritation* des parties qu'il recouvre. Il est *peu saillant, extrêmement léger*; sa *pose* et son *enlèvement* sont *rapides* et *faciles*.

Il suffit de prendre la hauteur de la face de l'ouvrier, de l'angle fronto-nasal au sillon labio-mentonnier, pour savoir quel numéro lui conviendra. On donnera à ce numéro la hauteur exacte et la largeur voulues, en agissant, par des pressions graduées et méthodiques, sur la courbe inférieure de la base, sur ses courbes latérales et sur sa petite courbure supérieure, suivant des indications données par l'auteur à ce sujet et sur quelques autres détails.

La *durée de la plaque d'ouate* est très variable ; elle est, en moyenne, de dix à douze heures. Des plaques d'ouate, des bandes de feutre, des doublures de laine caoutchoutée, du fil d'aluminium entouré de coton, des bandes élastiques pourvues d'anneau et de crochet, toutes ces pièces prêtes à l'usage, accompagnent le masque et rendent son entretien très facile.

Nous dirons enfin, en terminant, que les *expériences* faites avec ce masque, depuis juin 1894, sur des ouvriers cardeurs de crin des ateliers du Chemin de fer du Nord, de la Chapelle et d'Amiens, sous la direction de M. Bricogne, ingénieur en chef de cette compagnie et vice-président de l'Association des industriels de France contre les accidents du travail, ont donné des *résultats excellents et tout à fait concluants*.

M. le Président remercie *M. le Dr Détourbe* de son intéressante publication qui sera renvoyée au *Comité des Arts économiques*.

M. Gabriel Bonvalot : *Mes voyages en Asie et la colonisation*.

Il n'est pas de Français qui ne connaissent, au moins dans leurs grandes lignes, les beaux voyages de M. Bonvalot. Les deux derniers surtout sont placés au rang des plus célèbres explorations.

C'est d'eux que M. Bonvalot entretint le nombreux auditoire qui était venu l'entendre. Ne pouvant entrer dans les détails trop circonstanciés, qui eussent demandé un temps trop considérable, M. Bonvalot se borna à faire défiler une série de projections représentant des scènes et des types d'après des photographies ou des dessins recueillis durant le voyage. Les projections étaient accompagnées d'explications sommaires, mais auxquelles le conférencier savait donner un grand attrait par les rapprochements et les enseignements qu'il en tirait.

Cette partie de sa conférence terminée, M. Bonvalot, comme il l'avait annoncé, parla de la colonisation en général. D'abord, il rappela comment, en arrivant au Tchatral, après avoir franchi le Pamir, il avait pu constater que des émissaires anglais avaient pénétré dans ces régions et y avaient fait des préparatifs de défense en achetant des chefs et en y plaçant des dépôts d'armes, et ce fut pour

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lui l'occasion de vanter l'admirable esprit de suite avec lequel les Anglais traitent leurs affaires coloniales.

Les Anglais possèdent un empire colonial plus vaste que leur propre pays; et, loin d'en être écrasés, ils en tirent d'inépuisables richesses. Les leviers les plus puissants des Anglais sont l'*initiative privée* et la *décentralisation*. Là où s'installent des Anglais, il se forme une nouvelle Angleterre, et cela par suite d'un phénomène analogue à celui de la segmentation de certains animaux, dont chaque morceau crée un organisme et devient un nouvel être. De la sorte, la métropole est aidée par la colonie, et non mangée par elle, comme c'est parfois le cas chez nous.

En France, l'esprit d'initiative et de décentralisation nous manque totalement, et, de là, viennent tous nos mécomptes coloniaux. M. Bonvalot ne croit pas qu'on puisse actuellement créer cet esprit chez des hommes faits. Aussi, tous les efforts de ceux qui veulent s'employer à la tâche patriotique d'engager notre pays dans des voies plus sages et plus fécondes doivent se tourner vers les enfants. Il faut, selon M. Bonvalot, préparer une nouvelle génération, et, pour cela, il ne craint pas de réclamer le concours des mères elles-mêmes. A leur intention, il cite l'exemple de jeunes Anglais se rendant en Australie pour jouer une partie de foot-ball, la gagnant, et repartant immédiatement pour l'Angleterre.

Le jour où les mères se décideront à imiter les mères anglaises, c'est-à-dire à ne plus tenir leurs enfants sous leur aile protectrice mais amollissante, quand leur amour maternel, plus éclairé, aura la louable ambition de faire d'eux des hommes vigoureux et énergiques, prêts à toutes les tentatives propres à faire leur fortune et celle de la France, ce jour-là, mais ce jour-là seulement, nous aurons une France coloniale forte et prospère.

Le peuple français, qu'on ne l'oublie pas, n'est pas seul sur la terre. Il est entouré d'autres peuples qui ont des qualités qui lui manquent. Il lui faut donc les acquérir au plus vite, sous peine de voir son infériorité augmenter chaque jour, et devenir irrémédiable.

M. Gabriel Bonvalot, pour travailler à la propagation de ces idées, a fondé à Paris, 16, rue de Choiseul, le *Comité Dupleix*. Il a placé son œuvre sous le patronage de Dupleix, parce que, a-t-il dit, ce nom comporte un bel exemple, un beau souvenir et surtout un avertissement à l'adresse de ceux qui s'ingèrent à tort et à travers dans les affaires coloniales.

M. Bonvalot met au service de la tâche patriotique qu'il a entreprise autant d'ardeur et de ténacité qu'il en a mis au service de ses voyages. Il s'est fait le propagateur de la colonisation, non pour que nous étendions notre domaine colonial, mais pour que nous tirions parti de celui que nous possédons.

Avec un tel programme, il doit rallier autour de lui tous ceux qui ont souci de la prospérité et de la grandeur coloniale de la France.

M. Bonvalot a exposé ses idées avec une communicative chaleur qui fait bien

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

augurer du succès de son œuvre. Il a su intéresser vivement ses auditeurs. Ce n'est pas chose facile que de propager des idées nouvelles, mais on ne doit pas considérer comme impossible une entreprise qui n'a pas été tentée, ou qui a été mal tentée. M. Bonvalot le pense, et il est à souhaiter que beaucoup le pensent comme lui.

M. le Président, s'associant aux applaudissements de l'auditoire, remercie *M. Bonvalot* de sa très intéressante communication, qui sera renvoyée au *Comité du Commerce*.

BIBLIOGRAPHIE

OUVRAGES REÇUS

BOURLET (C.), Professeur au Lycée Henri IV, Docteur ès Sciences. — **Traité des Bicycles et des Bicyclettes, suivi d'une application à la Construction des Vélodromes.** Petit in-8°. (*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire.*)

Cet Ouvrage est le premier Ouvrage complet paru jusqu'à ce jour sur la Théorie mathématique de la bicyclette et ses applications. Il sera très utile aux constructeurs de bicyclettes, aux architectes de vélodromes et, d'une façon générale, intéressera toute personne désireuse de connaître les raisons mathématiques de la possibilité de l'équilibre et de la direction en bicycle.

La première Partie est presque complètement théori que. L'auteur y donne d'abord les conditions analytiques de l'équilibre à bicycle et à bicyclette dans les cas les plus fréquents. Il étudie ensuite le rétablissement et le maintien de l'équilibre lorsque le cavalier tient le guidon avec les mains et lorsqu'il l'abandonne.

Ce premier Chapitre se termine par l'étude de la direction en ligne droite et au virage. Chaque formule est suivie d'une petite application pratique qui donne l'explication d'un fait connu, ou qui fournit matière à un conseil.

Le second Chapitre contient une étude très détaillée, au point de vue théorique et au point de vue pratique, du travail dépensé par un cycliste. On étudie d'abord, séparément, les diverses causes de résistance : frottements intérieurs, frottement du roulement, vibrations de la machine, résistance de l'air calme et du vent. Ceci conduit à une formule générale du travail dépensé dont on tire des conclusions pratiques. Des tableaux numériques donnent les valeurs moyennes du travail dépensé par un cycliste sur piste et sur route, et la discussion de ces nombres montre comment on devra choisir une machine. Enfin, l'auteur décrit les expériences à faire pour mesurer le travail et les appareils qu'on peut employer pour cette mesure.

M. Bourlet a réservé le troisième Chapitre à la détermination de la forme d'une piste de vélodrome. Il montre d'abord les graves défauts des pistes qu'on construit généralement ; puis, en se servant des formules qu'il a établies dans le premier Chapitre, il calcule la forme exacte que doit avoir le virage d'une piste pour pouvoir être parcourue, sans danger, à toute vitesse. Les formules sont mises sous une forme pratique ; il y a plusieurs exemples de calculs de pistes et un tableau numérique, suivi d'indications, qui permet, par de simples opérations arithmétiques, de calculer tous les éléments d'un virage.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LIVRES ET OUVRAGES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE

EN MARS 1895

Le Conservatoire des Arts et Métiers, par le colonel Laussedat, membre de l'Institut. Une brochure grand in-8. Librairie illustrée, 8, rue Saint-Joseph.

Les nouvelles machines à vapeur à l'Exposition de 1889, par E. Polonceau, ingénieur en chef du matériel et de la traction au chemin de fer d'Orléans. 1 vol. in-8 de 135 pp. avec atlas. Paris, Bernard.

Éducation et Enseignement, rapports sur l'Exposition de Chicago (Comité 33), *Ministère du Commerce et de l'Industrie*. 1 vol. in-8 de 128 pp. Imprimerie Nationale.

Traité des cycles et des bicyclettes, par M. G. Bourlet, et **Appareils, accessoires des machines à vapeur**, par MM. Dudebout et Croneau. De la *Collection Leauté*, imp. Gauthier-Villars.

L'or à Minas-Geraes (Brésil), par M. Paul Ferrand, vol. II. Une brochure in-8 de 123 pp. Imprimerie officielle d'Ouro-Préto (Brésil).

Traité scientifique et industriel des plantes textiles : l'Ortie, par M. L. Michotte. Une brochure in-8 de 67 pp. Paris, Michelet.

Conférence sur l'industrie des laits concentrés, par M. J. Escuyer, président de la Compagnie générale des laits purs.

Statistica degli Sciopperi avenuti nell' industria e nell' agricoltora, *Ministère de l'Agriculture d'Italie*, 1892-1893.

Note sur la confection mécanique des éprouvettes cylindriques de ciment et de mortier de ciment, par M. Brull, membre du Conseil.

Expériences sur la condensation des machines à vapeur, par M. Ch. Compère. (Extrait du *Bulletin* de la Société des ingénieurs civils de France.)

Bulletin de la Société d'économie politique, année 1894. 1 vol. in-8 de 243 pp. (Guillaumin).

Mémoires de la Société nationale d'Agriculture de France, 136e vol., 1895. 1 vol. in-18 de 836 pp. (Chamerot et Renouard.)

Les machines agricoles sur le terrain. Récoltes, par M. A. Debains. 1 vol. in-18 de 200 pp. Société d'éditions scientifiques, 4, rue Antoine-Dubois.

Revue agricole, industrielle, historique et artistique, vol. XLIV. Imprimerie Prignet, Valenciennes. 1 vol. in-8 de 380 pp.

Le Crédit agricole, par M. E. Mille. Une brochure in-18 de 28 pp. Imprimerie J. Nicot, 16, rue du Louvre.

Leçons élémentaires de Télégraphie électrique (2e édition), par MM. L. Michaut et Gillet. 1 vol. in-18 de 232 pp. Gauthier-Villars.

L'Iode et ses produits secondaires extraits des gaz des hauts fourneaux et **Fabrication de la soude**, par P. Hippert, ingénieur des Arts et Manufactures. 2 brochures in-18. Imprimerie Berger-Levrault.

300 Brochures et Ouvrages divers provenant de la Bibliothèque de M. Mallart et donnés par Mme Lebon (voir p. 320).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LITTÉRATURE

DES

PÉRIODIQUES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIÉTÉ

Du 15 Février au 15 Mars 1895.

DÉSIGNATIONS ABRÉGÉES DES PUBLICATIONS CITÉES (1)

D., Décembre. *Janv.*, Janvier. *Fév.*, Février.

Ag. . . . Journal de l'Agriculture.
Ac. . . . Annales de la Construction.
Acp. . . . Annales de Chimie et de Physique.
Ai. . . . Annales industrielles.
AM. . . . Annales des Mines.
Ap. . . . Journal d'Agriculture pratique.
APC . . . Annales des Ponts et Chaussées.
At. . . . Annales télégraphiques.
Bam . . . Bulletin technologique des anciens élèves des écoles des arts et métiers.
Btp. . . . Bulletin du ministère des Travaux publics (statistiques).
Ci. . . . Chronique industrielle.
Co. . . . Cosmos.
CN. . . . Chimical News (London).
Cs. . . . Journal of the Chemical Society (London).
CR. . . . Comptes rendus de l'Académie des Sciences.
Dp. . . . Dingler's Polytechnisches Journal.
E. . . . Engineering.
EaM. . . . Engineering and Mining Journal.
EE. . . . Eclairage Électrique.
El. . . . Electrician (London).
Elé. . . . L'Électricien.
Eg. . . . Journal de l'Éclairage au gaz.
Ef. . . . Économiste français.
Es. . . . Engineers and Shipbuilders in Scotland (Proceedings).
Fi . . . Journal of the Franklin Institut (Philadelphie).
Gc. . . . Génie civil.
Gh. . . . Bulletin de Géographie historique.
IC. . . . Ingénieurs civils de France (Bullet.)
Ie. . . . Industrie électrique.
Im. . . . Industrie minérale de Saint-Étienne.
IME. . . . Institutions of Mechanical Engineers (Proceedings).
In. . . . Inventions nouvelles.
Ln. . . . La Nature.
MoC. . . . Moniteur officiel du Commerce.
Ms. . . . Moniteur scientifique.
N. . . . Nature (anglais).
Pc. . . . Journal de Pharmacie et de Chimie.
Pm . . . *Portefeuille* économique des *machines*.
Rgc. . . . Revue générale des chemins de fer.
Rgds. . . . Revue générale des Sciences.
Ri. . . . Revue industrielle.
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 (Bulletin).
Sfp . . . Société française de photographie (Bulletin).
Si. . . . La Science illustrée.
SuE. . . . Shahl und Eisen.
Sie. . . . Société internationale des Électriciens (Bulletin).
Sg. . . . Bulletin de la Société de géographie.
SL. . . . Bulletin de statistique et de législation.
USR. . . . Consular Reports to the United States Government.

(1) Exemple, Ri 22 *D.* 505 doit se lire *Revue Industrielle*, 22 Décembre 1894. page 505.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

Avoines. Composition de quelques avoines (Ballard). *CR.* 4 *Mars*, 502.

Crambé. Culture du (Ducerf). Bulletin Société d'horticulture de France. *Fév.*, 81.

Concours général (le) en 1895. *Gc.* 9 *Mars*, 299.

Cidre (le). (R. Cooke). *SA.* 8 *Mars*, 396.

Élevage. L'hérédité dans l'espèce chevaline (Ollivier). Bulletin du ministère de l'Agriculture. *Déc.*, 892.

Engrais. Valeur agricole des phosphates d'alumine (Gautier). *CR.* 18 *Fév.*, 356.

— Recherches sur la fertilité des terres (Dyer). *Ap.* 14 *Mars*, 378.

— Sur un engrais à base d'humus (Dehérain). *Ag.* 23 *Fév.*, 300.

— Conditions d'achat des *Scories de déphosphoration* (Grandeau). *Ap.* 28 *Fév.*, 305. — Emploi des (Grandeau). *Ap.* 7 *Mars*, 342. Solubilité des. *Cs.* 28 *Fév.*, 170.

— Formules d'engrais chimiques appliqués au jardinage. *Ag.* 9 *Mars*, 383.

— Perte d'azote entraîné par les eaux d'infiltration (Schlœsing). *CR.* 11 *Mars*, 526.

Lait, Beurre et Fromage. Détermination des graisses étrangères dans les beurres (Killing). *Cs.* 28 *Fév.*, 198.

— Progrès de l'industrie du lait et importation du bétail en Amérique (E. Marié). *Ap.* 28 *Fév.*, 311.

Mécanique agricole. Les Brise-tourteaux (Ringelmann). *Ap.* 21 *Fév.*, 376.

— Machines agricoles au palais de l'Industrie (Ringelmann). *Ap.* 28 *Fév.*, 7 et 4 *Mars*, 316, 351 et 388.

Pomme de terre. Recherches sur la (Genay). *Ag.* 16 *Mars*, 410.

Propriété rurale. En France et en Angleterre. *Ef.* 9 *Mars*, 293.

Seigle. Champignon des chaumes du. *Ap.* 7 *Mars*, 296.

Syndicats agricoles (les). *Ef.* 9 *Mars*, 296.

Vigne. Expériences de vinification en 1893 (E. Kayser). Bulletin du ministère de l'Agriculture. *Déc.*, 874.

— La vinification en Algérie et en Tunisie (Dugast). *Rgds.* 28 *Fév.*, 142.

— Les exigences de la vigne (Muntz). *CR.* 4 *Mars*, 514.

Vigne. Vins de Californie (caractères des). *Cs.* 28 *Fév.*, 174.

CHEMINS DE FER

Accidents en 1893, en Angleterre. Rapport du Board of Trade. *Rgc. Fév.*, 109.

Coloniaux (les chemins de fer.) *E.* 22 *Fév.*, 249.

Locomotives. Contrepoids des. *E.* 15 *Mars*, 351.

— Express du Great Eastern Railway (à pétrole). *Gc*, 9 *Mars*, 296.

— à 6 roues couplées du Highland Railway. *Pm. Mars*, 38.

— Compound 4 cylindres 6 couplées du St Gothard. *Rt.* 10 *Mars*, 138.

— 4 cyl. 4 couplées, express de l'Ouest. *Gc.* 16 *Mars*, 309.

— des chemins mexicains (Neilson). *E.* 8 *Mars*, 309.

— Calcul de la puissance des (Leitzman). Société d'Encouragement de Berlin. *Fév.*, 71.

Matériel roulant. Boîtes à graisse Korbilly. *E*, 1 *Mars*, 296.

— Truck transbordeur Soret pour circulation des wagons ordinaires sur voie étroite. *Rt.* 10 *Fév.*, 67.

Métropolitain de Glascow. *Rt.* 2 *Mars*, 87.

Soudage des rails par coulage. *Ln.* 16 *Mars*, 241.

Traverses. Injection des au P.-L.-M. (Euverte). *Rgc.*. *Fév.*, 90.

Voie étroite. Les chemins à. *E.* 8 *Mars*, 313.

TRANSPORTS DIVERS

Roues. Usure des roues de tramways. *Rt.* 10 *Mars*, 115.

— Roue de voiture. (Morgans et Fox). *E.* 1 *Mars*, 296.

Plan incliné à contrepoids d'eau. *Pm. Mars*. 46.

Traction mécanique des tramways. (Regnard), *Ic. Janv.*, 122.

Tramways électriques et à cables. Le Stanserhon. *E. I.* 15 *Mars*, 266, 331.

— aériens Langen. *In.* 20 *Fév.*, 149.

— de Buda-Pesth. *Rt.* 10 *Fév.*, 64.

— Les (Dawson). *E.* 22 *Fév.*, 231. 1, 8, 15 *Mars*, 265, 302, 335.

— Les (Moutier). *Elé.* 16 *Mars*, 161.

— Comparés aux tramways à air comprimé (Badois) *Ic. Janv.* 98,

— Holroyd Smith. *R.* 25 *Fév.*, 73.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Tramways électriques du South Staffordshire. *Rt.* 10 *Mars*, 101.
— Locomoteurs Reiniker. *E.* 15 *Mars*, 359.
— à 2 ou plusieurs moteurs (Hoho). *EE.* 2 *Mars*, 402.
— (Statistique des) en Europe au 1er *Janv.* 95. *Ie.* 10 *Mars*.
— (Station des). *Elé.* 23 *Fév.*, 118.
Tramways à vapeur Serpolet. *Pm. Mars*, 24.
Truck pour transport des grandes poulies. Dujardin. *E.* 1 *Mars*, 277.

CHIMIE ET PHYSIQUE

Abrastol (Recherche de l') dans les denrées alimentaires (Bellier). *Ms. Mars*, 191. *Pc.* 15 *Mars*, 298.
Acide chlorhydrique (Résultats des tours Lunge Rohrman pour la condensation de l'). *Ms. Mars*, 208. *ScP.* 5 *Mars*, 281.
— campholique (l'). (Guerbet). *Acp.* 289.
Alun. Concentration des eaux-mères (Wiernsick). *Ms. Mars.* 221.
Analyses et laboratoires. Anal. des alliages de Zn et Cu (Warren). *CN.* 22 *Fév.*, 92.
— *Carbone.* Estimation dans les fers, par la méthode Touchais (Peiper) *SuE. Fév.*
— Dosages des hydrates et carbonates alcalins en présence des cyanures alcalins (Clennell). *CN.* 22 *Fév.*, 93.
— Inertie des agents oxydants et réducteurs dans les analyses par voie humide (Berthelot). *Acp.* 429.
— Laboratoires (les) à l'étranger (Haller). *Rgds.* 15 *Mars*, 200.
— Séparation de As. Sn. Sb. (Clark). *ScP.* 286.
Argon. Rgds. 28 *Fév.*, 199. *CN.* 8 *Mars*, 115, 116 (Berthelot). *CR.* 11 *Mars*, 521.
Brasserie et Malterie (Progrès de la). *Dp.* 15 *Fév.*, 164.
— Les fermentations mousseuses (Knacfuss). *Cs.* 20 *Fév.*, 173.
Caoutchouc (Analyse du). 28 *Fév.*, 198.
Chaux, ciments et mortiers. Ciment de Portland (le). *E.* 1 *Mars*, 287, 291.
— Ciment artificiel de schiste. *Gc.* 16 *Mars*, 310.
Cyanure (Fabrication du) (Haller). *Ms. Mars*, 215.
Dissolutions (Volume des sels dans les) (L. de Boisbaudran). *CR.* 11 *Mars*, 539.
Explosifs (Recherches sur les) (Noble), *Cs.* 28 *Fév.*, 185.
Équivalents (Les) en fonction de la température (Trevor et Kortright). *ScP.* 5 *Mars*, 275.
Ferrocyanures de potassium (Les) (Dufet). *CR.* 13 *Fév.*, 377.
Gaz d'éclairage. Acétylène (Note sur l') (Carpenter). *Cs.* 28 *Fév.*, 115.
— Becs incandescents. *Dp.* 1, 8 *Mars*, 194 et 217.
— — Bouas et Dutertre. *Ci.* 17 *Fév.*, 78.
— — Oberlé. *Cs.* 3 *Mars*, 102.
— Étude sur le chauffage au (Bayard). *Ri.* 16 *Mars*, 101.
— Carburation par benzine (Rus). *Ms. Mars*, 230.
— Fabrication du (Lunge). *Ms. Mars*, 230. Dunsmore. *Cs.* 28 *Fév.*, 139.
— *de pétrole* (Noyes), *Cs.* 28 *Fév.*, 224.
— *d'huile* (Blinks). *Cs.* 28 *Fév.*, 136. Procédés Herring. *Cs.* 28 *Fév.*, 137. Armour. *Cs.* 28 *Fév.*, 140.
— Régulateurs Tobier. *Ci.* 24 *Fév.*, 85.
— Vapeurs de carbone, leur effet dans la flamme du gaz (Wright). *Cs.* 28 *Fév.*, 103.
Huile de lard (Analyse de l') (Lungewitz). *Cs.* 28 *Fév.*, 131.
— *de baleine* (Analyse de l'). Évaluation par l'iode. *Cs.* 28 *Fév.*, 132.
Magnésie. Utilisation de la, obtenue comme sous-produit dans la fab. de Co^2 par la magnésite (Endemann). *Cs.* 28 *Fév.*, 127.
Ozone (Fabrication de l'.) Schuetter et Wyse. *E.* 1er *Mars*, 295. Applications de l'. Frolich. *Cs.* 28 *Fév.*, 164.
Papier. Ind. du papier de bois au Canada. *Cs.* 28 *Fév.*, 204.
— Fab. de la pyroxiline (Field). *Cs.* 28 *Fév.*, 179.
Pétroles. L'épreuve d'Abel. *CN.* 1er *Mars*, 106.
Photométrie. Mesure directe de l'intensité lumineuse moyenne sphérique des sources de lumière (Blondel). *CR.* 11 *Mars*, 550.
Point de congélation des dissolutions étendues (Ponson). *CR.* 25 *Fév.*, 434.
Plombates alcalino terreux. (Préparation et usages des). (Haller). *Ms. Mars*, 219.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pyrite et Marcassite, Rôles chimiques comparés (Brown). *CN.* 8 *Mars*, 120.

Soude à l'ammoniaque. Fabr. de la. Schreib. *Cs.* 28 *Fév.*, 151.

Sucrerie. L'industrie sucrière. *Ci.* 3 *Mars*, 106. — *Ag.* 9, 15 *Mars*, 369, 426. Urbain et Lindet. *Rgds.* 15 *Mars*, 204, 224.

— Presse pour sucre de cannes. Drummond. *E.* 8 *Mars*, 328.

— Raffinage Tougarou. *Cs.* 28 *Fév.*, 171.

— Gravimètre Gird. pour l'analyse des sucres. *Cs.* 28 *Fév.*, 188.

Silicium amorphe. (Propriété du). (Vigouroux). *CR.* 18 *Fév.*, 367. Analyse du (Vigouroux.) *CR.* 11 *Mars*, 554.

Tanin. Dosage des composés tanniques. Aimé Girard. *CR.* 18 *Fév.*, 358. Oxydation du tanin de la pomme à cidre. (Lindet). *CR.* 13 *Fév.*, 370. Recherche sur le tannage *Dp.* 1er *Mars*, 211.

Teinturerie. (Théorie de la). Georgiewics. *Cs.* 28 *Fév.*, 148. Couleurs azoïques produites sur la fibre. Lamber et Caberti. *Ms. Mars*, 182.

— Mordançage. de la laine par le chrome (Leihte et Humel). *Ms. Mars*, 193.

— Composés antimoniés remplaçant l'émétique en teinturerie (Haller). *Ms. Mars*, 220.

— Constitution du vert à l'iode (Lefebvre). *ScP.* 5 *Mars*, 247.

— Brevets divers très importants. *Cs.* 28 *Fév.*, 144.

— Calorimètre Lovebond (Procter). *Cs.* 28 *Fév.*, 122.

— Estimation numérique de la puissance colorante des tanins (Parkes et Proctor). *Cs.* 28 *Fév.* 124.

— Distinction des couleurs naturelles et artificielles sur la fibre (Lehne). *Cs.* 28 *Fév.*, 192.

— Couleurs à l'eau et à l'huile (Lotter). *Cs.* 28 *Fév.*, 192.

Verre. Échelle de dureté des verres chauffés. Nichls. *Cs.* 28 *Fév.*, 158.

COMMERCE ET ÉCONOMIE POLITIQUE

Alimentation de la Grande-Bretagne. Viandes. (Nelson). *SA.* 15 *Mars*, 420.

Capital (Le). Cheyson. *Gc.* 16 *Mars*, 317.

Garanties d'intérêt (Les). et les annuités aux chemins de fer. (*P. L.* Beaulieu). *Ef.* 9, 16 *Mars*, 95, 321.

États-Unis (Mouvement économique et social aux). *Ef.* 9 *Mars*, 298.

Monnaie de Paris (La). *Ef.* 23 *Fév.*, 237.

Monopole de l'alcool en Suisse. *SL. Fév.*, 192.

Nègres (Question des). aux États-Unis. *RSo.* 16 *Mars*, 471.

Or (Crise de l') aux États-Unis *SL. Fév.*, 208.

Sociétés à responsabilité limitée en Allemagne (Bloch). *Ef.* 23 *Fév.*, 229.

Soieries. Situation de la fabrication à Crefeld. *Moc.* 28 *Fév.*, 132.

Sucres et boissons. (Statistiques des). *Bulletin* du Min. de l'agriculture. *Déc.* 907.

Travail des femmes. (Le). *Ef.* 23 *Fév.* 230.

CONSTRUCTIONS

Chauffage des locaux par rayonnement. Société d'Encouragement de Berlin, *Fév.*, 27. Par vap. à basse pression. *In.* 1er *Mars*, 212. Radiateurs Korting. *Dp.* 8 *Mars*, 224.

Maisons Géantes aux États-Unis. *Gc.* 23 *Fév.*, 262.

Tunnel de Blakwell. *E.* 15 *Mars*, 329.

Pont de Tolbiac. *Rt.* 10 *Mars*, 97. *Gc*, 16 *Mars*, 305.

ÉLECTRICITÉ

Accumulateurs. Emploi dans une Station centrale d'éclairage et de tramways. *EE.* 16 *Fév.*, 311.

— à poudre de plomb. *Elé.* 23 *Fév.*, 121.

— Headland. *El.* 22 *Fév.*, 510.

— Schafer Heineman. *Eam.* 16 *Fév.*, 111.

Blanchiment électrique des textiles (Matos). *Fc. Mars*, 177.

Compteurs Meylan Rechniewski. *Gc.* 16 *Mars*, 313.

Canalisations El. à Paris (Monmerqué). *EE.* 9-16 *Fév.*, 253, 304.

— jonctions de câbles Feusser. *EE.* 9 *Fév.*, 268.

Conductibilité. Spécifique du cuivre électrolysé (Swan). *EE.* 9 *Fév.*, 283.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Distribution. Par moteurs alternateurs synchrones (Picou). *Sie. Fév.*, 60.
Dynamos reversibles à faible entrefer (Sayers) *E.* 8 *Mars*, 315, 325.
— Alternomoteur synchrone (Bedell). *Fi. Mars*, 177.
— Raworth. *E.* 15 *Mars*, 359.
— Calcul des moteurs asynchromes à champs tournants (Legrand). *EE.* 23 *Fév.*, 341.
— Théorie des (Farman). *EE.* 23 *Fév.*, 348.
— Polyphasés Dolivo Dobrowolski. *EE.* 23 *Fév.*, 364.
Éclairage. L'arc électrique Ayrton. *El.* 15 *Mars*, 610.
— Théorie de l'éclairage public (Blondel). *Gc.* 2 *Mars*, 278.
— Fabrication des charbons à arc en Amérique. *Elé.* 16 *Mars*, 169. *EE.* 9 *Fév.*, 265.
— Appareils photo-électriques mobiles. *Elé.* 23 *Fév.*, 2 et 9 *Mars*, 135, 149.
— Fanaux électriques de guerre (Marcillac). *EE.* 9 *Fév.*, 255.
— municipal à Paris. *Ie.* 25 *Fév.*, 69.
— Les lampes à incandescence (Armagnat). *Ie.* 10 *Mars*, 94.
— Économiseur de charbons des lampes à arc Hardtmuth. *Ie.* 10 *Mars*, 100.
Électricité industrielle (l'). En France et en Angleterre (Léonard). *El.* 15 *Mars*, 602.
Électrolyseur Kellner. *E.* 1er *Mars*, 295. — Des sels fondus (Audreoli). *Elé.* 9 *Mars*, 155.
Galvanomètre à aimant fermé (Perrin). *Elé.* 9 *Mars*, 145.
Perméabilité magnétique du fer (variation lente de la). (Mordey). *El.* 22 *Fév.*, 498.
Piles Borcher. *El.* 22 *Fév.*, 506.
— Gulcher (thermo-élect). *EE.* 9 *Fév.*, 260.
— à électrolytes fondus et à dépolarisant gazeux (Swan). *EE.* 2 *Mars*, 416.
Rhéostats. Curseur pour (Védoville.) *Ie.* 10 *Mars*, 104.
Stations centrales. Leopoldstad, à Vienne. 22 *Fév.*, 242.
— En Suisse et en Savoie (Lavezzari). *IC. Janv.*, 73.
Mesures. Inscription électro-chimique des courants alternatifs (P. Janet). *EE.* 9 *Fév.*, 241.
— Inscription des courants variables Crehoro (Blondin). *EE.* 23 *Fév.*, 337.
Oscillations à petites longueurs d'onde et leurs analogies optiques (Righi). *EE.* 23 *Fév.*, 2 *Mars*, 350, 391.
Télégraphie Télautographe Gray. *Sie. Fév.*, 72.
Téléphonie. Microtéléphones Morlé et Porché. *Elé.* 16 *Mars*, 172.
— Circuits pour bureaux à communications multiples (Engelman). *EE.* 9 *Fév.*, 257.
— (la) aux États-Unis. (De la Thouane). *EE.* 2 *Mars*, 410.
Transformateurs. Augmentation lente de la perte (Hess). *EE.* 16 *Fév.*, 307.

GÉOGRAPHIE

Brésil, Amazone. *E.f.* 16 *Mars*, 325.
Cochinchine et Cambodge (Paris). *Bulletin* de la Société de Géographie commerciale, *Fév.*, 127.
Égypte et Soudan. *Bulletin* de la Société de Géographie commerciale, *Fév.*, 127.
Dahomey. Tour du monde. 16 *Mars*.
Paraguay. *SA.* 1er *Mars*, 353.

GUERRE

Canons. Lyod et Noble. *E.* 8 *Mars*, 327.
— Nordenfeldt. *E.* 22 *Fév.*, 337. 1er, 8 et 15 *Mars*, 271, 303 et 336.
— pénétration des projectiles dans les semi-fluides et les liquides (Résal). *CR.* 25 *Fév.*, 397.
Canonnières pour Madagascar. *Gc.* 23 *Fév.*, 257.
Fusil à répétition Manlicher. *E.* 22 *Fév.*, 263.
Grue à obus Vavasseur. *E.* 22 *Fév.*, 263.

HYDRAULIQUE

Dessèchement de la mer de Harlem. *E. Mars*, 299.
Les eaux de Londres. *E.* 1er *Mars*, 281.
Drainage de Mexico. Tunnel de Tequixquiac. *E.* 1er *Mars*, 270.
Irrigations au Pérou. *E.* 8 *Mars*, 297.
Le Nil (S. Montcrieff). *N.* 7 *Mars*, 444.
Pompe hélicoïdale Quinby. *Rt.* 10 *Mars*, 119.
Purification des eaux (Herring). *Fi. Mars*, 215.
Réservoir de Norwood. *Ac. Mars*, 38.
Syphon de Clichy. *Ac. Mars*, 34.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

HYGIÈNE

Désinfections. Les désinf. chimiques (Vincent), *Rs.* 16 *Mars*, 349.
— (Étuve à). Vaillard et Besson. *Rs.* 23 *Fév.*, 237.
— Syst. Hermite. *Sie. Fév.*, 51.
Poussières industrielles (L'industria Italiana). 24 *Fév.*, 122.
Ordures ménagères (Les) à New-York. *Ri. Mars*, 107.

MARINE. NAVIGATION

Accident de la Gascogne. *Rt.* 10 *Mars*, 115.
Lois de similitude dans les constructions navales (Normand). *Ri.* 9 *Mars* 98.
Marine de guerre. Bataille de Yalu. *Rmc. Janv.*, 5. *Rs.* 27 *Mars*, 258.
— Bateaux sous-marins Baker. *Gc.* 2 *Mars*, 282.
— Manœuvre électrique des tourelles Maxim. *P.* 22 *Fév.*, 254.
— Cuirassés de 1er rang anglais (White). *Rmc. Janv.*, 25.
— Torpilleurs Rochet et Shark. *E.* 8 *Mars*, 321.
Pétrole (Transport du). (Crépy). *Ri.* 10, 25 *Fév.*, 49, 76.
Propulseurs hydrauliques (Les). (Belet). *Rs.* 9 *Mars*, 300.
Règle de route (La). (Amiral Colomb). *SA.* 22 *Fév.*, 328.
Touage électrique de Bovet. *Ic. Janv.*, 40. *Ri.* 9 *Mars*, 94.
— Gaillot. Canal de Bourgogne. *Gc.* 9 *Mars*, 289.
Steamers du Germann Lloyd australien. *E.* 15 *Mars*, 338.
— à 2 hélices de la Manche (Havre-Southampton). *E.* 1er *Mars*, 275.

MÉCANIQUE

Accidents des appareils à vapeur en 1893. *Am. Déc.*, 646.
Aérostats. L'hélice aérienne (Hastings). Aéronaute. *Mars*, 93.
Chaudières. Coton minéral isolant. *Ri.* 16 *Mars*, 109.
Chaudières. *Express.* Seaton. *E.* 15 *Mars*, 360.
— *tubulées* (Les). Watkinson. *Es.* 22 *Janv.*, 11.
— — Stirling. *Gc.* 9 *Mars*, 293.
— Explosion de Hoxton. *E.* 22 *Fév.*, 258.
— Explosion des chaud. domestiques. *E.* 1er, 15 *Mars*, 290, 354.
— — des tuyauteries de vapeur à la mer. *Gc.* 9 *Mars*, 293.
Foyers à combustibles pulvérulants. (Kossmann) *SuE. Mars.*
— Niveau d'eau Koeppel. *Dp.* 15 *Fév.*, 159.
— Expériences en montage d'une chaudière (Carulla). *Cs.* 28 *Fév.*, 17.
— *Réchauffeurs* d'air Browne. *E.* 8 *Mars*, 327.
— — d'alimentation Green. *E.* 8 *Mars*, 328.
— — Horne. *E.* 15 *Mars*, 359.
— Rivets (Résistance des). (Dupuy). *APC. Janv.*, 5.
— Séparateurs d'huile. Mac Dougall. *E.* 8 *Mars*, 321.
— Tirage forcé Meldrun. *Ri.* 23 *Fév.*, 73.
Filtrage des huiles de graissage Wilcox. *Ri.* 2 *Mars* 80.
Enregistreur de mouvement à diagramme continu Grial. *Im.* vol. VIII, 771.
Embrayages à friction (les) (Bidermann) *Pm. Mars*, 40.
Froid. Applications du (Tate). *Cs.* 28 *Fév.*, 110.
Graisseur à pendule Lenepveu. *Ln.* 9 *Mars* 256.
— Meyer. *Ci.* 17 *Fév.*, 96.
Indicateur de vitesse. Hipp. *Dp.* 22 *Fév.*, 184.
Imprimerie. Machine à composer « La Monoline » *Rt.* 10 *Mars*, 112.
Levage. Élévateurs à poudre. Armstrong. *Ci.* 10 *Mars*, 112.
— Élévateur J. Paul. *E.* 22 *Fév.*, 263.
Monte-charge Pneumatique Pedrick et Ager. *Ri.* 16 *Mars* 109.
— Palan à vis à butée sur billes. Medan. *Ci.* 3 *Mars*, 98.
Machines-Outils. Cisaille pour tôles Lamberton. *E.* 8 *Mars*, 327.
— Fraiseuses diverses. *Dp.* 15 *Fév.*, 1er *Mars* 145, 201.
— — Huré. *Ri.* 2 *Mars*, 81.
— Tour ornemental Beddow. *E.* 22 *Fév.*, 255.
— Tour vertical. Bouhey. *Ri.* 23 *Fev.*, 74.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Moteurs. *Animés* les (Thurston). *Fi. Mars*, 162.
— *à gaz*. Dépôts de l'eau de circulation. *Ri.* 9 *Mars*, 97.
— — Holt. *E.* 22 *Fév.*, 263.
— — Atkinson Crossley. *R.t.* 10 *Mars*, 100.
— *à vapeur* à expansion multiple. (Rendement des) Mallet. *IC. Janv.*, 132.
— à grande vitesse. Creusot. *Gc.* 2 *Mars*, 273. Westinghouse Compound *Rt.* 10 *Fév.*, 2 *Mars*, 56, 179.
— Régularisation des (Sankey). *E.* 22 *Fév.*, 79.
— *Condenseurs* indépendants. Wheeler. *Rt.* 25 *Fév.*, 83.
— — Dunlop. *E.* 15 *Mars* 359.
— Pompes à air (les) et les coups d'eau. Bollinckx. *Gc.* 2 *Mars*, 285.
Stuffing-box. Newton. *E.* 1 Mars 277.
Tissage (Métiers de). *Dp.* 15 *Fév.*, 149.

MÉTALLURGIE

Altération et protection des métaux à la mer (Baucher). *Rmc. Janv.*, 110.
Aluminium. Avantages du sulfure d'aluminium comme minerai. *Pc.* 1er *Mars*, 262. Fabrication du sulfate d'alumine. *Rc.* 2 *Mars*, 88.
— l' (Andrews). *Cs.* 28 *Fév.*, 160. Métallurgie de. *Ln.* 16 *Mars*, 245. Corrosion de. *CN.* 15 *Mars*, 132.
Cuivre (Industrie du) en Russie. *Ru Janv.*, 22.
Coke (Fours à), Schon. *E.* 8 *Mars*, 327.
Électro-métallurgie. Nouveaux fours électriques. Moisan. *Acp. Mars*, 365.
Fer et **acier**. (Métallurgie du.) *Dp.* 15 *fév.*, 155.
Acieries autrichiennes. (Ledebur) (Outillage des) *SuE. Janv.*
— Les *plaques de Blindage* (Castner) id. *Janv.*
— Façonnage du fer et de l'acier (Lechner id. *Janv.*
— Progrès de la *métallurgie du fer en Allemagne* depuis 1882, id. *Janv.*
— Emploi de l'électricité pour le chauffage des fils (Wedding) id. *Fév.*
— Fonderie d'acier de Hadfield, *E.* 22 *fév.*, 233.
— Fours à reverbère Gyers. *E.* 1 *mars*, 295.
Acieries Autrichiennes. Jolicard. *E.* 1 mars 296.
— Emploi de la chaux vive dans le haut fourneau. (Lowthian Bell). *Journal of the Iron and Steel Institute*, vol. II (1894), p. 38.
— Influence de l'aluminium sur le carbone dans les ferro-carbones. (Hogg), *id.*, 104.
— Fabrication de l'acier au reverbère. (Lencauchez), *id.*, 139.
— Détermination calorimétrique du carbone. (Mac-Mellan), *id.* 157.
— Histoire de la fabrication de l'acier au creuset. (Hadfield), *id.*, 224.
— Aciers d'outils (les) au creuset. Kern. *CN.* 1 *mars*, 105.
— Limite d'élasticité des aciers; effets des efforts répétés et du recuit. (Unwin). *S. R. L.*, 20 *fév.*, 178.
— Laminoir continu Klatte pour feuillards et fils. *Ri.* 16 *mars*, 103.
Fours de grillage continus. Fraser et Chalmers. *E.* 1 *mars*, 286.
— — Victoria, Fauvel, Oxland, Rumsey, Molesworth, Hoffman, Pearce, Denny, Serjeant. *SA. fév.* 364.
Métaux pierreux. Production depuis 1492. *Eam.*, 2 *mars*, 198.
Revue annuelle de métallurgie. (Le Verrier.) *Rgds.*. 28 *fév.*
Or. Action du cyanure de potassium sur l'or et l'argent en présence de l'oxygène. *Cs.*, 28 *fév.*, 160.
— Traitement des *Tailings* par l'électricité au Witwatersrand. (Schief). *Cs.*, 28 *fév.*, 163.
— Traitement des *Tailings* au cyanure. (Bulters et Smart). *E.*, 1 *mars*, 286.
Plomb. (Fonte du) en Écosse. *Eam.*, 28 *fév.* 175.
Zinc. Sulfures de (Villiers). *CR.* 4 *mars*, 498.

MINES

Anthracite. Criblage en Pensylvanie. *Ri.* 25 *Fév.*, 89.
Coke. Utilisation des gaz d'une batterie de 84 fours aux mines de Carmaux. *Gc.*, 16 *mars* 315.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Brésil (Richesses minérales du). *Eam.* 9 *Fév.*, 125.

Diamants (Exploitation du). Brésil. *Ru. Janv.*, 1.

Électricité (Application de l') aux mines. (Mavor). *Es.* 21 *Fév.* 1.

— Corlett. *El.* 22 *Fév.* 503.

— Pompes. (Berthon.) *Elé.* 2 et 16 *mars.* 131, 168.

Fer. Mines de Suède. Grandes exploitations (Tiemann) *SuE. Mars.*

Grisou. Dosage par limite d'inflammabilité. *Ri.* 2 *mars*, 82.

— (Pression du). Au puits du Treuil (Petit). *Im.* VIII. 737.

Machines d'épuisement et d'extraction (Détente dans les). (Griot). *Im.* VIII, 771.

— Mines de fer du rivage méditerranéen. (Wilson). *Journal of the Iron and Steel Inst.* vol. 2, 1894, 182.

Or. Formation en Californie. *Eam.* 28 *Fév.*, 172.

— Mines de Cripple-Creek. *Eam.* 16 *Fév.*, 151.

— — du Lake of the woods. *Eam.* 16 *Fév.*, 152.

Perforatrice à main. Dixon. *Eam.* 16 *Fév.*, 153.

Plans inclinés aériens de la Société du nickel. (Calédonie.) *Am. Dec.*, 593.

Préparation mécanique. Appareils à toile sans fin pour l'enrichissement des minerais (Smith). *Im.*, VII. 641.

— Examen et triage des minerais. (Kirby). *Eam.*, 1 et 9 *mars*, 196, 221.

PHOTOGRAPHIE

Bain de virage. Eastman pour tons séparés. *Sfp.* 1er *mars*, 139.

Cuve laboratoire portative. Poulenc. *Sfp.* 15 *fév.*, 105.

Éclairage du laboratoire photographique. (Houdaille). *Sfp.* 15 *fév.*, 115.

Lumière oxy-éthérique. Molteni. *Sfp.* 15 *fév.*, 108.

Papier rapide Marion. *Sfp.* 1er *mars*, 127.

Le Takonet. Chambre détachée à magasin. *Sfp.* 1er *mars*, 121.

Photographie des rayons d'ondes très courtes. CN. 8 *mars*, 118.

Rideaux de verre Richard. *Sfp.* 15 *fév.*, 104.

Vues panoramiques par la photo-jumelle Carpentier. *CR.* 4 *mars*, 496.

Le Gérant : Gustave Richard.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

94e ANNÉE. Quatrième Série, Tome X. AVRIL 1895.

BULLETIN

DE

LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

ARTS MÉCANIQUES

RAPPORT *fait par* M. RAFFARD, *au nom du Comité des arts mécaniques, sur un système de joints amovibles à bagues de caoutchouc pour tuyaux à bouts unis, présenté par* M. LÉON BORAMÉ, *ingénieur civil*, 101, *boulevard Voltaire, à Paris*, BREVETÉ S. G. D. G.

MESSIEURS,

Après la résistance propre des tuyaux, la condition la plus importante à remplir dans l'établissement d'une conduite d'eau sous pression c'est d'assurer la parfaite étanchéité de tous les joints.

Le procédé le plus anciennement employé, et qui, aujourd'hui encore, est le plus simple et le plus économique dans bien des cas, consiste à réunir chaque tuyau au précédent par un emboîtement venu de fonte avec le tuyau, et dans lequel on coule du plomb. Mais, pour les grosses conduites, dont les tuyaux très lourds et très encombrants seraient trop difficiles à mettre en place et à démonter s'ils étaient joints par emboîtement, on préfère les tuyaux à bouts unis, que l'on raccorde extérieurement par des manchons en fonte à doubles joints au plomb; et, pour ne pas trop augmenter le nombre des joints et, par suite, les risques de fuites de la conduite, on donne aux tuyaux la plus grande longueur possible : 5 ou 6 mètres, et même plus.

Quand les conduites ainsi assemblées par des joints au plomb ont été soigneusement établies, bien goudronnées à l'intérieur et à l'extérieur, posées dans un terrain solide, et assez profondément pour ne pas subir les variations de la température, leur durée peut être considérée comme presque indéfinie. Mais si, au contraire, ces conduites étaient placées près de la surface, dans un sol remanié, ou sur un pont métallique où passeraient

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des trains, il arriverait, par suite des flexions et des trépidations, que les joints au plomb cesseraient d'être étanches, car le plomb n'est ni assez dur ni assez élastique pour résister en ces circonstances. En pareil cas, l'on en est réduit à remplacer les joints au plomb des manchons de raccordement par des presse-étoupes dans lesquels, afin d'éviter d'avoir à refaire trop souvent la garniture qui pourrirait, on remplace le chanvre par une bague en caoutchouc vulcanisé.

Certains de ces joints au caoutchouc, en service depuis plus de vingt-cinq ans (1), ont donné de si bons résultats qu'on commence à les employer partout, là même où les joints au plomb réussiraient.

Le seul inconvénient du système c'est que l'ouvrier chargé de poser les bagues de caoutchouc dans les presse-étoupes ne sait jamais s'il en serre trop ou trop peu les boulons : si les boulons ne sont pas assez serrés, le joint fuira; s'ils le sont trop, le joint, d'abord parfaitement étanche, cessera bientôt de l'être; car le caoutchouc, trop comprimé, se coupera ou se mâchonnera par suite des mouvements relatifs des tuyaux.

C'est pour obvier à cet inconvénient d'un serrage inégal, insuffisant ou excessif, que M. Boramé a imaginé le manchon à compression automatique des bagues de caoutchouc dont voici la description.

L'appareil se compose (fig. 1 à 3) :

1° D'un manchon en fonte A, muni intérieurement d'un talon à l'un de ses bouts, et, à l'autre bout, d'une partie évasée, que surmonte une bride percée de trous pour le passage des boulons de serrage *f*;

2° D'une contre-bride en fonte *b*, en forme de bride de presse-étoupe, servant à fermer le manchon;

3° De deux bagues en caoutchouc *e* et *d*, à section circulaire, placées l'une contre le talon du manchon et l'autre contre la contre-bride;

4° Enfin, d'un certain nombre de boulons *f*, à écrous ou à clavettes, pour réunir le manchon à la contre-bride.

Le montage de l'appareil se fait ainsi : sur l'un des tuyaux : T par exemple, on glisse le manchon A, puis l'une des bagues de caoutchouc *c*, et, sur l'autre tuyau T', on passe la contre-bride *b*, puis l'autre bague de caoutchouc *d*. Ensuite, après avoir placé les deux tuyaux bout à bout, on amène les bagues un peu en arrière de l'endroit qu'elles devront occuper définitivement de part et d'autre de l'intervalle des deux tuyaux; cela fait, on

(1) Joint universel, Lavril, Gibault, Somzée, etc.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pousse longitudinalement le manchon sur les bagues qui, en tournant sur elles-mêmes, roulent à la fois sur la surface extérieure des tuyaux et intérieure du manchon, exactement comme la bague de caoutchouc des pistons sans frottement des compteurs d'eau de Kennedy roule entre les parois du cylindre et du piston de cet appareil. Bientôt, le talon du manchon s'arrête sur la première bague *c* : celle-ci, ainsi que la seconde bague, sont alors arrivées

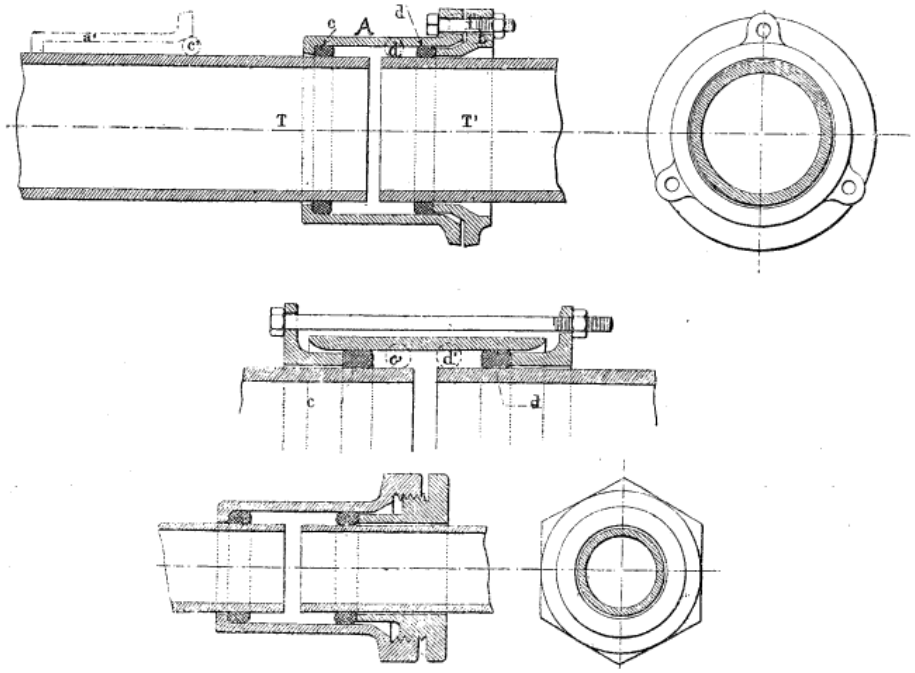


Fig. 1 à 3. — Joint amovible à bagues de caoutchouc pour tuyaux à bouts unis des conduites d'eau sous pression, par M. Léon Boramé.

Fig. 1. — T et T', deux tuyaux en fonte à bouts unis raccordés par le manchon en fonte A, la contre-bride *b*, les boulons *f* et les deux bagues en caoutchouc *c* et *d*. Les lignes ponctuées montrent le manchon disposé en *a'* pour rouler avec la bague *c*, alors en *c'*, jusqu'à ce qu'ils arrivent à leur place définitive A et *c*. — Fig. 2. — Dispositif des tuyaux en fer ou tôle d'acier pour les très groses conduites : le manchon et les brides sont en fer forgé; *c'* et *d'* sont les bagues avant qu'elles soient parvenues en *c* et *d*. — Fig. 3. — Petit raccord en laiton, pour les petits tuyaux en fer des distributions d'eau.

à leurs places définitives, et il ne reste plus qu'à rapprocher la contre-bride de la bride du manchon et à y mettre les boulons *f*, leurs écrous ou clavettes, pour que l'appareil soit prêt à fonctionner.

L'eau arrivant dans la conduite pénétrera dans l'espace qui sépare les deux tuyaux, puis dans le manchon où, exerçant sa pression dans tous les sens, elle poussera les bagues élastiques, jusqu'à ce que celles-ci s'appuient, l'une sur le talon du manchon, l'autre sur la contre-bride *b*; là, les bagues

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

s'aplatiront, et d'autant plus fortement que la pression de l'eau sera elle-même plus forte, ce qui assurera l'étanchéité des joints. Et comme la pression due à la hauteur de la colonne d'eau est faible relativement à celle que peut supporter le caoutchoue, cette matière, conservant toute son élasticité, suivra les tuyaux dans leurs mouvements relatifs dus aux dilatations et aux trépidations, sans que l'on ait à en craindre l'émiettement.

Là où les trépidations sont de nature à déplacer les tuyaux longitudinalement, on les fixe de loin en loin par des colliers; mais l'on se contente ordinairement de les poser tels quels, à même la terre, en prenant toutefois la précaution de faire les coudes avec joints à brides, pour éviter les déboîtements.

Le prix des canalisations faites avec ce joint à serrage automatique n'est que légèrement inférieur à celui des autres canalisations à joints de caoutchouc, et plus élevé que celui des canalisations à joints de plomb. Cependant si, aux avantages dont nous venons de parler, l'on ajoute celui de pouvoir être mis en place en quelques instants, par le premier ouvrier venu, et aussi de permettre l'emploi facile de tuyaux de fer dans nos habitations, on voit que le prix un peu plus élevé de ce genre de joints est presque toujours largement compensé.

En résumé, le manchon amovible à joints en caoutchouc que M. Léon Boramé a présenté à la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, satisfait à tous les *desiderata :* montage et démontage faciles, serrage automatique, grande flexibilité, dilatation libre, et, comme il est applicable à tous les cas de la pratique, nous pensons qu'il rendra de réels services.

M. Boramé a déjà fait une application de son système de joints sur une longueur de 50 mètres à une conduite d'eau sous pression de 60 millimètres de diamètre : cet essai a très bien réussi, et continue à donner toute satisfaction. Peut-être y a-t-il à craindre, qu'avec le temps, des dépôts calcaires se forment à l'intérieur du manchon, mais cela n'aura probablement d'autre effet que d'en rendre le démontage un peu plus difficile.

En conséquence, et sous cette réserve, votre Comité des Arts mécaniques a l'honneur de vous proposer de remercier M. Léon Boramé de son intéressante communication, et de voter l'insertion du présent rapport dans un de vos prochains Bulletins, en y joignant le dessin de l'appareil.

Signé : N.-J. RAFFARD, *rapporteur.*

Approuvé en séance le 8 *mars* 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS MÉCANIQUES

RAPPORT *fait par* M. ÉDOUARD SIMON, *au nom du Comité des Arts mécaniques, sur les appareils de sécurité pour l'arrêt à distance des moteurs,* BREVETÉS S. G. D. G., *par* M. LUCIEN MEYER, *à Paris, rue de Fontaine-au-Roi, n°* 13.

MESSIEURS,

M. Lucien Meyer s'est proposé de résoudre le même problème que M. Charles Cambon, dont nous avons eu l'occasion de décrire les appareils dans un récent rapport (1).

Le programme étant identique, il est superflu d'en retracer les conditions générales; nous nous bornerons à examiner les dispositifs imaginés et construits par M. Meyer.

Ces appareils peuvent fonctionner ensemble ou séparément et sont au nombre de trois :

L'*obturateur*,

Le *frein*,

L'*indicateur de vitesse*.

L'*obturateur* (fig. 1 et 2) est logé dans une boîte en fonte *a*, à proximité du moteur et sur la conduite même du fluide sous pression (vapeur, gaz, air comprimé, etc.). Il consiste en un clapet *b*, dont l'axe *c* traverse d'un bout la paroi de la boîte, et porte du même côté, extérieurement, un levier *d*, muni d'un contrepoids *e*. Ledit levier, monté en porte-à-faux, est maintenu dans cette position par un cliquet *h*, à rochet *fg*, aussi longtemps que le clapet doit rester ouvert. Le même cliquet constituant l'armature d'un électro-aimant *k*, si, d'un point quelconque de l'atelier, un courant électrique est lancé dans la bobine de l'électro, ce cliquet est attiré et dégage le levier de l'obturateur. Le clapet ferme ainsi la conduite *a*, et s'applique sur son siège avec d'autant plus d'énergie qu'il supporte toute la pression du fluide moteur. Il agit en même temps sur un sifflet continu ou intermittent.

Pour rétablir l'équilibre, une *lumière*, servie par un robinet, permet au

(1) Voir au *Bulletin* de novembre 1894, p. 729 : « Nouveau système d'appareil destiné à prévenir, éviter ou atténuer tout au moins les accidents dans les usines à force motrice, dit arrêt protecteur ou appareil de sauvegarde ouvrière. »

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fluide sous pression de passer sur la face opposée du clapet. Lorsqu'il convient de remettre en marche, on ouvre le robinet, et le levier se replace aisément à la main dans la position primitive.

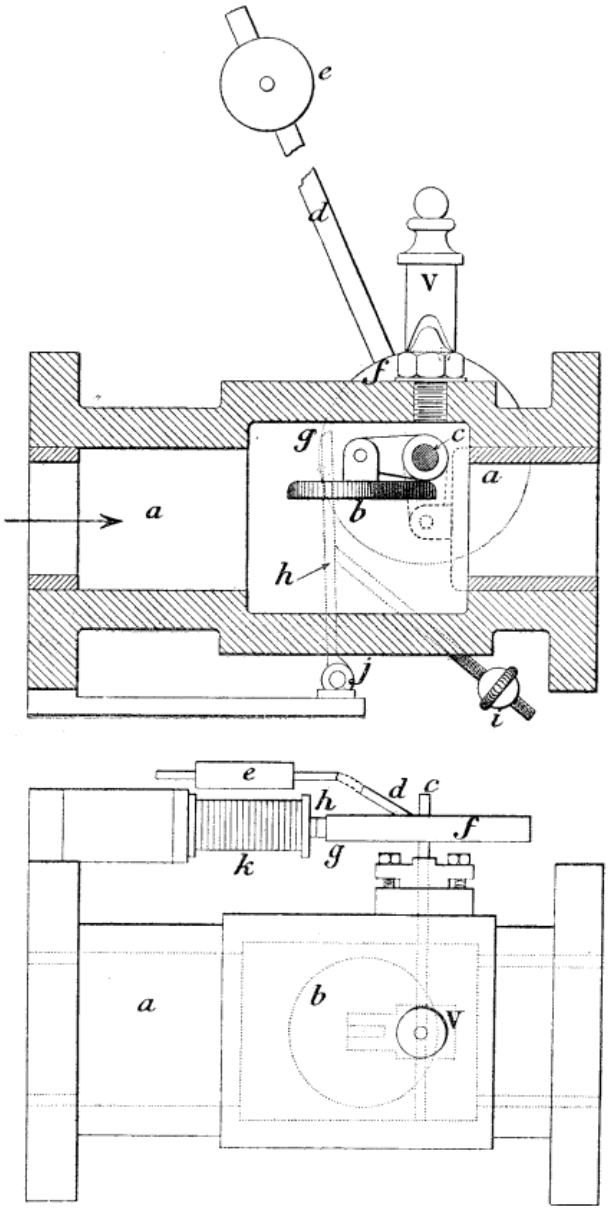


Fig. 1 et 2. Obturateur L. Meyer. Coupe verticale et plan.

aa, boîte à vapeur avec soupape de sûreté V. — *h*, cliquet pivoté en *j*, et ramené sur le rochet *gf* par le contrepoids *i'*. — *d*, levier à contrepoids *e*, calé sur l'axe *c*. — *k*, électro-aimant. — *b*, clapet articulé à un bras de *c*, et venant fermer *a*, sous l'impulsion de *d*, quand l'électro *k* attire *h*.

Afin de parer à tout événement, une soupape de sûreté V est montée sur la boîte en fonte.

L'obturateur qui vient d'être décrit fonctionne dans les ateliers de M. Meyer, non seulement aux heures d'arrêt réglementaires, mais toutes les fois qu'en cours de travail il faut remonter une courroie sur la poulie d'une machine-outil. L'ouvrier presse sur le bouton électrique le plus voisin et, en même temps que l'obturateur détermine l'arrêt de la machine motrice et de la transmission, le sifflet à vapeur prévient tout l'atelier.

L'utilisation quotidienne de l'appareil est la meilleure garantie de son fonctionnement en cas d'accident.

Ajoutons que, pour les machines à condensation, il est utile de fermer l'arrivée de l'eau au condenseur à l'aide d'un second obturateur qui fonctionne simultanément avec le premier.

Le *frein* proposé par M. Meyer en vue de réduire

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la durée de l'arrêt au minimum est basé sur l'interposition, entre la jante du volant de la machine motrice et un chemin ou coursier excentré en tôle, de galets élastiques en caoutchouc.

L'inventeur s'est ménagé la possibilité de modifier l'écartement du coursier excentré, pour permettre le glissement du volant et empêcher le galet de se comprimer au point de devenir un véritable coin. Néanmoins, votre Comité des Arts mécaniques croit devoir faire ses réserves à l'égard d'un appareil qui, mal réglé ou imprudemment manié, pourrait provoquer l'arrêt en une fraction de seconde, et serait alors particulièrement dangereux.

D'ailleurs, lors d'essais faits sur un moteur de 20 chevaux, marchant à la pression de 7 kilogrammes et à la vitesse de 90 tours, l'obturateur seul a permis l'arrêt en 7 secondes.

Il reste à vous parler de l'*indicateur de vitesse*, dont le principe est le suivant :

Lorsqu'on imprime à un vase contenant un liquide un mouvement de rotation, il se forme à la surface du liquide une courbe de dépression. La dépression est fonction du carré de la vitesse.

D'après cela, M. Lucien Meyer a monté (fig. 3 et 4), sur un axe vertical N, actionné, au moyen d'engrenages coniques OO', par la machine dont on veut connaître la vitesse, une demi-sphère en fonte K, munie de conduits rayonnants F, régulièrement espacés sur tout le pourtour interne et aboutissant, vers la partie inférieure, à une chambre centrale G, en forme de cône. Le sommet de ce cône est fermé, tandis que les conduits, ouverts à la partie supérieure, permettent d'introduire du mercure à l'intérieur de l'évidement jusqu'à une certaine hauteur CD.

En imprimant à la sphère un mouvement giratoire, on voit le mercure abandonner le cône et s'élever dans les conduits. Si maintenant on ferme par un couvercle étanche le dessus de la demi-sphère, on obtient une chambre d'air M, dont la compression augmente suivant le nombre de tours et qui, reliée par un tube L avec un manomètre, fournit un précieux moyen de régularisation.

Il suffit, en effet, de placer un contact électrique en regard de la division du manomètre correspondant à la vitesse que la machine ne doit pas dépasser, pour déterminer l'effet de l'obturateur fig. 1, et arrêter le moteur en cas d'emballement, ou encore pour actionner une sonnerie qui appelle le mécanicien. M. Meyer utilise ce dernier moyen sur l'un de ses moteurs employé à l'éclairage électrique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

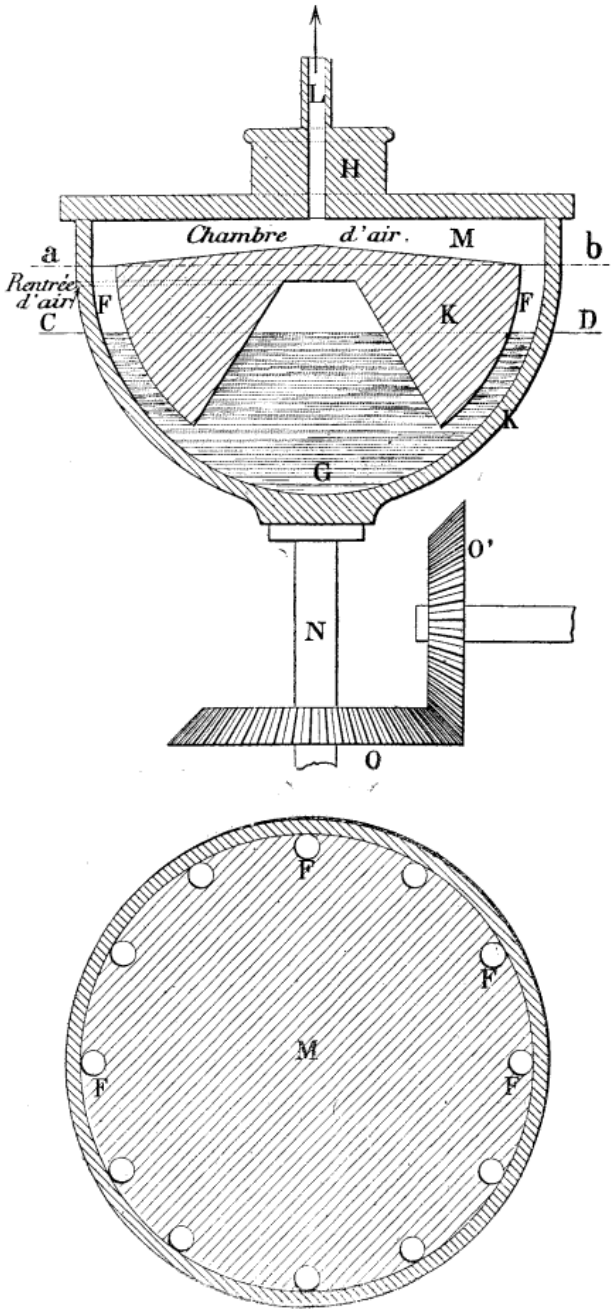


Fig. 3 et 4. — Indicateur L. Meyer. Coupe verticale diamétrale et coupe horizontale *a b*.

K, chambre sphérique, à capacité conique G, creusée de canaux FF, pleine de mercure au repos, jusqu'au niveau CD, mise en rotation par le train O'ON, et fermée par un couvercle H, mettant la chambre d'air M en communication, par L, avec un manomètre avertisseur.

Il serait peu pratique de provoquer l'arrêt de ce moteur en cas de vitesse anormale, parce que l'atelier se trouverait plongé brusquement dans l'obscurité : une sonnerie électrique se fait entendre dès que le nombre de tours voulu est dépassé, et le mécanicien averti règle l'admission en conséquence.

Les appareils ingénieux, simples et robustes de M. Lucien Meyer ont été mis à l'essai dans diverses usines; l'inventeur a bien voulu nous transmettre l'extrait ci-après d'une lettre de la « Compagnie des mines d'Anzin » en date du 25 janvier 1895 :

« L'obturateur Meyer, dont nous avons fait l'essai sur l'arrivée de vapeur de la machine motrice du criblage de Vieux-Condé, nous a donné, jusqu'à présent, complète satisfaction.

« Cet appareil, simple et bien conçu, nous paraît propre à éviter des accidents.

« Pour que son efficacité soit réelle au moment opportun, il faut qu'on le fasse fonctionner tous les jours. Cette

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

condition, commune à tous les appareils de sûreté, ne présente d'ailleurs, dans l'espèce, aucun inconvénient.

« Veuillez agréer...

« *Signé :* DAUPHIN
« Directeur du matériel du fond à la
« Compagnie des mines d'Anzin. »

Les appareils de M. Meyer ont aussi le mérite d'être d'un prix peu élevé, et c'est un motif de plus pour les faire connaître. Le Comité des Arts mécaniques vous propose donc, Messieurs, de remercier l'auteur de cette intéressante communication, et de voter l'insertion au *Bulletin* du présent rapport, avec les dessins de l'obturateur et de l'indicateur de vitesse, accompagnés de légendes explicatives.

Signé : ÉDOUARD SIMON, *rapporteur.*

Approuvé en séance le 8 *mars* 1895.

ARTS MÉCANIQUES

RAPPORT *fait par* M. BRÜLL, *au nom du Comité des Arts mécaniques, sur l'embrayage progressif, système* W. FARJASSE, *présenté par* M. E. CHOUANARD, *ingénieur-constructeur*, 3, *rue Saint-Denis, à Paris.*

M. E. Chouanard, ingénieur-constructeur, propriétaire de la maison bien connue « Aux forges de Vulcain », 3, rue Saint-Denis, à Paris, a présenté à l'appréciation de la Société un embrayage combiné par M. W. Farjasse.

Cet appareil est de la classe des embrayages à enroulement à plusieurs tours, dont divers types ont déjà été présentés à la Société (1).

Il peut servir à commander une poulie folle sur un arbre tournant, à commander un arbre traversant librement une poulie en marche, enfin, à rendre dépendants l'un de l'autre deux arbres placés suivant un même axe. Mais, comme tous les embrayages à enroulement à plusieurs tours, il ne peut assurer la connexion que pour un sens déterminé de rotation.

L'embrayage de M. Farjasse est basé sur le même principe que le frein

(1) Freins et embrayages en hélice présentés par M. Gambaro, ingénieur du chemin de fer de l'Est. Séance du 26 juin 1891.
Embrayage élastique de M. A. Brancher. *Bulletin* de septembre 1882.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

funiculaire Lemoine (1), c'est-à-dire, sur le faible effort qu'il est nécessaire

Fig. 1.

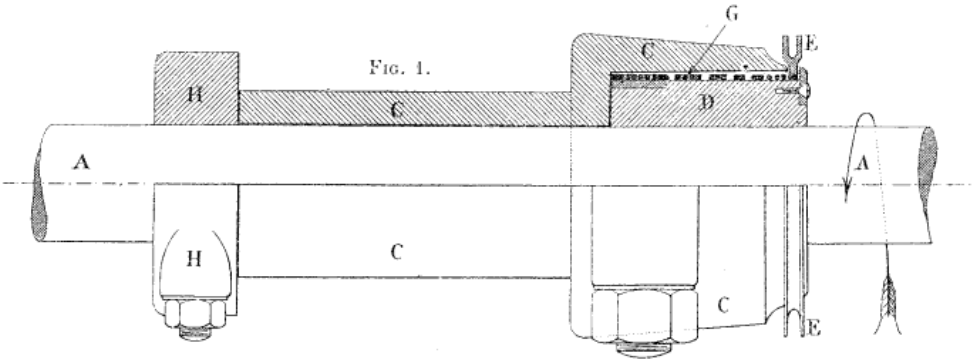


Fig. 2.

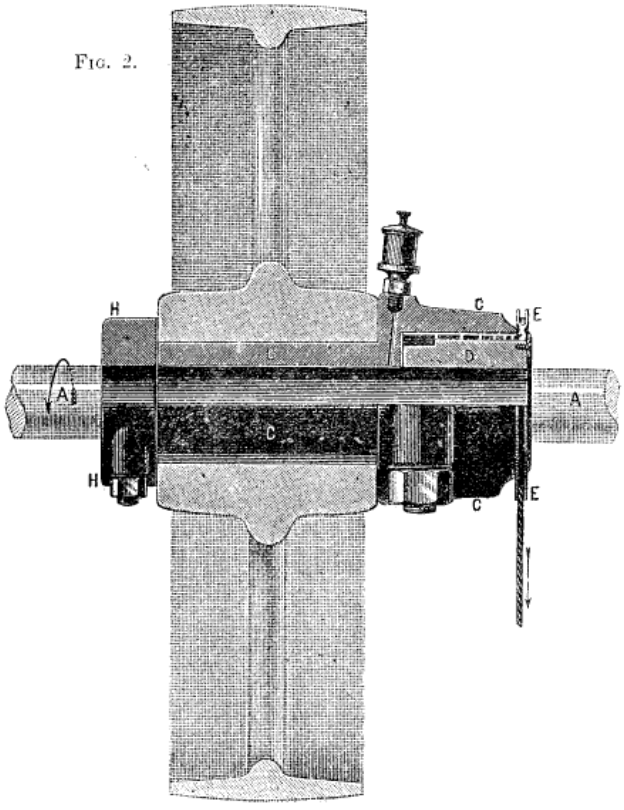


Fig. 1 et 2. — Embrayage Farjasse.

Détail en demi-grandeur d'un manchon transmettant 6 chevaux à la vitesse de 100 tours, et ensemble d'un embrayage pour poulie.

L'embrayage figuré se compose de quatre parties principales : 1° D'un manchon d'entraînement D, fixé à l'organe moteur; 2° D'un ruban d'entraînement G, solidaire du manchon D; 3° D'une bague d'embrayage E, folle sur le manchon D, et sur laquelle agit la corde de manœuvre de l'appareil; 4° D'une cuvette C, fixée à l'organe entraîné. L'arbre A, étant animé d'un mouvement de rotation dans le sens de la flèche, entraîne le manchon D et le ruban G; ce dernier communique le mouvement à la bague à gorge E, à laquelle il est attaché. Le ruban est maintenu serré contre le manchon D en vertu de son élasticité; il est complètement isolé de la paroi intérieure de la cuvette C. La cuvette fait corps avec un moyeu fou sur l'arbre; elle n'est donc pas entraînée, et la poulie calée sur le moyeu reste immobile. Une bague de butée H empêche le moyeu de se déplacer latéralement. Pour embrayer, il suffit d'opposer une faible résistance au mouvement de la bague E; le ruban G se déroule légèrement, et vient s'appliquer sur la cuvette en l'entraînant dans son mouvement. Si l'on cesse d'agir sur la bague, le ruban, grâce à son élasticité, revient s'appliquer sur le manchon, en abandonnant la cuvette, et produit le débrayage. La résistance qu'il faut opposer au mouvement de la bague E pour provoquer l'embrayage est obtenue en faisant frein sur cette bague, par l'intermédiaire d'une corde qui passe dans la gorge qui s'y trouve ménagée. L'une des extrémités de la corde est attachée à un point fixe, l'autre est fixée à un levier manœuvré à la main. En poussant le levier d'un côté, on tend la corde, et l'embrayage se produit: en agissant sur le levier en sens inverse, c'est le débrayage qui a lieu.

de produire à l'extrémité d'un lien flexible enroulé autour d'un cylindre ou

(1) Soc. d'Enc. *Bulletin* de février 1885.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à l'intérieur d'une cavité cylindrique pour obtenir à l'autre extrémité un frottement beaucoup plus grand.

L'organe d'enroulement se compose d'un ruban élastique dont la section décroît au fur et à mesure que l'arc d'enroulement augmente. Ce ruban est ordinairement composé de fils ronds d'acier doux non trempé, réunis par une soudure pour former une nappe. Afin d'obtenir la variation voulue de la section, le nombre des fils est diminué graduellement jusqu'à ce qu'il n'en reste plus qu'un seul. La soudure réunit les fils jusqu'à leur contact, et ceux-ci sont ensuite limés pour augmenter la surface extérieure du ruban.

Ce ruban est courbé par enroulement autour d'un mandrin cylindrique d'un diamètre légèrement inférieur à celui du manchon de l'embrayage ; aussi, une fois en place, et à l'état de repos, exerce-t-il sur celui-ci un léger effort de contraction. Ce manchon est calé sur l'arbre de commande. L'organe qu'il s'agit d'entraîner se termine par une partie évidée suivant un léger cône, et recouvrant de près le manchon. C'est entre ces deux pièces que se trouve le ruban élastique. Cet organe flexible est fixé à son extrémité la plus large sur le manchon et, à l'extrémité opposée, constituée par un seul fil, il est rendu solidaire d'une petite poulie à gorge qui tourne folle sur le manchon.

L'arbre de commande entraîne le manchon, le ruban et la poulie à gorge dans son mouvement. Mais si, à l'aide d'une tension exercée sur une cordelette attachée à un point fixe et passant sur la poulie à gorge, on vient à retarder la rotation de cette dernière, le ruban tend à se dérouler, il quitte le manchon, et son diamètre d'enroulement s'augmente jusqu'à ce qu'il vienne s'appliquer contre la paroi intérieure légèrement graissée du moyeu de la pièce à entraîner. C'est par la friction qu'il exerce ainsi, que le ruban élastique assure la connexion des deux pièces.

Comme on le voit, il s'agit d'un organe d'une grande simplicité, et qui peut être établi très économiquement ; il est de dimensions restreintes, puisque, pour transmettre une puissance de 6 chevaux avec une vitesse de rotation de 100 tours par minute, le manchon sur lequel s'appuie le ruban au repos n'a qu'un diamètre de 110 millimètres et une longueur de 100 millimètres.

L'entraînement que procure l'embrayage que nous venons de faire connaître est progressif ; il est assuré par le nombre des spires qui entrent en contact, nombre qui croît depuis le moment où on agit sur la cor-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

delette de la poulie à gorge jusqu'à celui où l'entraînement est obtenu.

Nous devons faire remarquer que cet embrayage devra recevoir des dispositions différentes lorsqu'il s'agira d'assurer la transmission de grandes puissances motrices. De plus, on devra veiller à ce qu'il ne s'introduise pas de poussières entre le ruban élastique et le moyeu parce que le cambouis pourrait amener des serrages intempestifs.

Sous ces réserves, nous avons l'honneur de vous proposer, Messieurs, de remercier MM. Farjasse et Chouanard et d'autoriser l'insertion du présent rapport au *Bulletin* de la Société, avec le croquis de l'appareil et la légende qui l'accompagne.

Signé : BRÜLL, *rapporteur.*

Approuvé en séance le 5 *avril* 1895.

ARTS MÉCANIQUES

RAPPORT *fait par* M. IMBS, *au nom du Comité des Arts mécaniques, sur l'ouvrage de* M. DELESSART : « *La filature du coton par les machines modernes.* »

Les industries essentiellement mécaniques, comme la filature des fibres discontinues, sont incessamment l'objet de perfectionnements apportés à leur matériel dans le but de rendre les opérations plus exactes ou plus automatiques, ou plus productives et plus économiques. La filature du lin et celle de la laine peignée sont cependant actuellement parvenues à un état de stabilité relative pour leur matériel; mais la filature du coton, qui les a précédées, subit encore journellement des modifications dans les remarquables machines devenues classiques qu'elle utilise, et, depuis une vingtaine d'années, ces modifications ne se sont pas bornées à de simples détails ou accessoires. Outre certains détails nombreux et parfois importants, cette période a vu paraître ou arriver à maturité des types nouveaux ou spéciaux de machines pour l'exécution de plusieurs des opérations fondamentales. L'essor considérable que des avantages souvent indiscutables ont valu à ces types récents, joint aux divers détails perfectionnant d'autres opérations, ont en général sérieusement modifié l'agencement des filatures de coton modernes. M. Delessart, habile directeur de filature prenant sa retraite, et ingénieur des Arts et Manufactures, était bien à même

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'entreprendre une œuvre technologique sur cette industrie, et son traité de « *La Filature du coton par les machines modernes* » est un service réel rendu à cette grande industrie, parce qu'il est bien fait, réellement conforme à son titre, et inspiré par des connaissances pratiques très complètes.

Outre les principes généraux et les machines et organes essentiels antérieurs et connus, M. Delessart présente, dans son traité, la description des nombreux progrès qui, en dehors du banc à broches, ont modifié presque toutes les machines. Nous citons ainsi :

Les principaux types d'ouvreuses et de batteuses actuels, isolés ou en connexion ;

Un des plus répandus parmi les appareils débourreurs de chapeaux de cardes ;

Les principales cardes ;

De nombreuses peigneuses ;

Les continus à anneaux, et leurs principaux types de broches ;

Les *self acting* les plus récents pour numéros ordinaires et pour numéros fins ;

Les régulateurs de self acting les plus usités.

Toutes ces descriptions, malgré leur complication forcée, sont claires, bien présentées, et bien coordonnées. De nombreux détails pratiques les accompagnent, et ajoutent à l'utilité de l'ouvrage pour des lecteurs désireux d'aborder l'industrie qu'ils concernent. L'ensemble des installations est l'objet de discussions comparatives bien raisonnées. Enfin, toutes les planches de l'ouvrage figurent les appareils à des proportions de réduction modérée, ce qui facilite l'intelligence des descriptions.

M. Delessart eût pu limiter à ces matières l'ouvrage qu'il publiait. Il a jugé, non sans apparence de raison, que l'éclairage électrique, qui s'est rapidement imposé dans les filatures, réclamait une place dans son traité. Il a jugé que les explications à ce sujet devaient être suffisantes pour éviter à ses lecteurs la difficulté de démêler les lignes essentielles dans les développements d'ouvrages spéciaux. M. Delessart a été amené ainsi à joindre à son traité de filature, avec la collaboration de M. Ph. Honel, ingénieur électricien, un traité succinct mais excellent des courants continus appliqués à l'éclairage. Ce traité présente, en 150 pages, les notions élémentaires indispensables, en réduisant et limitant autant que possible les développements algébriques aux points les plus importants, mais en sachant cependant fort habilement rendre clair et démonstratif l'exposé

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des lois fondamentales et de leurs conséquences pratiques quant au choix, à l'établissement, à la conduite et aux accidents des appareils.

A tous points de vue, l'ouvrage de M. Delessart répond parfaitement à son but d'actualité instructive au sujet d'une très grande industrie, et mérite une place très distinguée parmi les traités de technologie industrielle.

Le Comité des Arts mécaniques a l'honneur de vous proposer de féliciter M. Delessart pour son excellent ouvrage et d'insérer le présent rapport au *Bulletin*.

Signé : Jos. IMBS, *rapporteur*.

Approuvé en séance le 5 *avril* 1895.

COMITÉS DES ARTS MÉCANIQUES ET DU COMMERCE

SUR UNE DEMANDE DE RÉCOMPENSE PRÉSENTÉE PAR **M. Ch. Tellier**

(Conservation de la viande et des denrées alimentaires par le froid)

RAPPORTS *présentés, au nom du Comité des Arts mécaniques, par* M. HIRSCH *et au nom du Comité du Commerce par* M. LAVOLLÉE, *membres du Conseil.*

RAPPORT DE M. HIRSCH

MESSIEURS,

M. Ch. Tellier, 88, rue de La Fontaine, à Paris-Auteuil, sollicite une des récompenses de la Société d'Encouragement. Il joint à sa lettre trois volumes à l'appui de sa demande. Le dossier a été renvoyé au Comité des Arts mécaniques, qui l'a examiné dans sa séance du 5 janvier 1895.

Les titres que fait valoir M. Tellier sont extrêmement sérieux et importants. M. Tellier fut, on peut le dire, le véritable initiateur de l'emploi du froid pour la conservation des aliments. Ses premiers essais datent de 1860. La première expérience sur une échelle un peu grande eut lieu en 1869, à bord du steamer *City of Rio-Janeiro*, faisant le service de Londres à Buenos-Ayres; elle fut interrompue par un accident de machine.

En 1876, après avoir réuni les capitaux dont il avait besoin, M. Tellier acheta un navire spécial, qu'il appela le *Frigorifique*, et qu'il aménagea en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vue de la conservation de grandes quantités de viande pendant une longue traversée. On connaît les résultats de cette expérience grandiose. Au point de vue technique, ces résultats furent décisifs. Le *Frigorifique*, chargé de viandes fraîches à Rouen, toucha à la Plata après une traversée de 105 jours; les viandes, dégustées à l'arrivée, furent trouvées dans un état de conservation très satisfaisant. Le retour de la Plata à Rouen et à Paris donna lieu à des constatations analogues.

Comme résultats financiers, l'entreprise fut désastreuse : le *Frigorifique*, arrivé à Paris, fut vendu à vil prix, et il cessa d'en être question.

Mais cette première expérience avait ouvert la voie. Des industriels intelligents s'y aventurèrent résolument. Sans rien changer aux principes démontrés par M. Tellier, on améliora les procédés. Le succès ne se fit pas attendre, et des fortunes considérables ont été acquises par l'exploitation des viandes conservées à l'aide du froid. Aujourd'hui, l'Angleterre importe et consomme annuellement des millions de bœufs et de moutons, qu'elle tire de l'Amérique du Sud et de l'Australie, du gibier qui vient d'Égypte, des denrées de toute nature, apportées des contrées les plus éloignées et conservées par le froid, tant à bord des navires qui les transportent que dans les immenses usines installées à cet effet. L'Allemagne et la Suisse ont suivi cet exemple; et des industries importantes se sont fondées pour la construction des machines frigorifiques et l'exploitation des procédés de conservation par le froid.

La France est restée en arrière; pour des raisons qu'il est inutile de rechercher, l'usage des viandes frigorifiées s'y est peu répandu; elles ne sont guère consommées qu'à l'état subreptice. Néanmoins, plusieurs grands établissements ont été installés par le ministère de la Guerre ou avec son concours, en vue d'emmagasiner et de conserver par le froid les viandes et aliments.

Les procédés dont il s'agit comportent l'emploi de machines puissantes; c'est à ce titre que la demande de M. Tellier a été renvoyée au Comité des Arts mécaniques; c'est pour le même motif que M. Tellier a reçu de notre Société un encouragement de 500 francs, qui lui a été décerné en 1875. Mais l'industrie de la conservation des viandes est loin de présenter les caractères exclusifs d'une industrie mécanique. Elle comporte tout un ensemble d'opérations : transport, manipulation, empilement, achat, vente des denrées, etc., qui sont d'ordre essentiellement commercial. En essayant de traiter la question de la récompense à attribuer à M. Tellier, le Comité

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des Arts mécaniques craindrait d'empiéter sur le domaine d'autres comités, plus compétents en la matière. Il estime, en conséquence, qu'il y a lieu de soumettre l'affaire à l'examen du Comité de Commerce.

Il convient de faire observer que le malheureux inventeur se trouve aujourd'hui dans un état voisin de l'indigence. Le Comité des Arts mécaniques appelle donc votre attention sur les mérites de M. Tellier, et le recommande à votre bienveillance, sans préjuger de la récompense sur laquelle le Comité de Commerce serait appelé à délibérer.

Signé : J. Hirsch, *rapporteur*.

Approuvé en séance le 5 *avril* 1895.

Rapport de M. C. Lavollée

Messieurs,

Il appartenait au Comité des Arts mécaniques d'apprécier au point de vue technique les travaux déjà anciens de M. Ch. Tellier sur la conservation de la viande et des denrées alimentaires par le froid. Dès 1874, l'Académie des sciences et les Conseils d'hygiène exprimaient une opinion favorable sur ces travaux, et, en 1875, notre Société ayant ouvert un concours pour la conservation des denrées alimentaires, le rapporteur du Comité des Arts économiques, M. le comte du Moncel, s'exprimait ainsi :

« M. Tellier est le seul des concurrents qui ait résolu jusqu'à un certain point la question proposée. Ses expériences et les conséquences qu'il en tire présentent un grand intérêt, mais elles n'ont pas encore un caractère assez pratique pour trouver dans l'industrie des applications capables d'exercer prochainement une heureuse influence sur le commerce des denrées alimentaires... »

Le prix du concours ne fut donc pas décerné ; mais le Conseil, d'accord avec le Comité des Arts économiques, et sur l'avis de notre illustre Président, M. J.-B. Dumas, décerna une récompense de 500 francs à M. Tellier, à titre d'encouragement pour la poursuite de ses études.

C'est afin de démontrer par une expérience décisive l'application industrielle et commerciale de son système que M. Tellier arma, en 1875, un bateau à vapeur, auquel il donna le nom de *Frigorifique*, et qui était intérieurement aménagé en vue du transport spécial qu'il avait à effectuer.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le *Frigorifique* partit de Rouen le 20 septembre 1876 avec un chargement de viandes fraîches, qu'il débarqua à Buenos-Ayres après une traversée de 105 jours, et qui furent reconnues en parfait état comestible. Au retour, les viandes fraîches, chargées à la Plata, arrivèrent en France, après une traversée de 120 jours, dans des conditions suffisantes de conservation et de salubrité. L'expérience était concluante. Elle fut le point de départ d'études plus actives, poursuivies en Europe, en Amérique et en Australie pour faciliter le transport à longues distances, non seulement des viandes abattues, mais encore des principales denrées alimentaires. De là, des procédés scientifiques nouveaux, des perfectionnements industriels, des combinaisons commerciales, qui ont singulièrement développé dans le monde entier ce genre de trafic, dont les expériences faites sur le *Frigorifique* ont marqué les premiers pas (1).

M. Tellier a communiqué à notre Société divers écrits, publiés de 1871 à 1889 (2), dans lesquels il s'est attaché à exposer ses études sur la conservation de la viande et à résoudre en partie le problème de la *Vie à bon marché* (c'est le titre d'une brochure qui date de 1880). Il signale, en

(1) Le *Bulletin de la Société d'Encouragement* contient dans son numéro de septembre 1894 (pages 616 et 624) l'extrait d'une notice très intéressante sur l'industrie des viandes en Australie et en Nouvelle-Zélande. Il s'est fondé, dans ces régions, de grandes usines, munies de l'outillage le plus perfectionné et pouvant préparer, chaque semaine, les viandes de milliers de moutons et de centaines de bœufs, en vue de l'exportation pour l'Europe. La notice indique également les procédés par lesquels il est pourvu au transport par chemins de fer des viandes congelées.

Indépendamment des viandes, l'Australie commence à expédier en Angleterre des quantités considérables de beurres transportés en 45 jours, par les paquebots, dans des cales munies d'appareils réfrigérants. On cite l'arrivée à Londres, en janvier 1895, du paquebot *Paramatta*, qui a débarqué un chargement de 720 tonnes anglaises (731 000 kilogrammes), déclarées en douane pour une valeur de 1 750 000 francs (2 fr. 39 par kilo). Il ne faut pas se dissimuler que cette concurrence est déjà devenue très redoutable pour les beurres que la France expédie sur les marchés anglais, où nous avons, pendant de longues années, obtenu la première place, qui appartient aujourd'hui aux provenances du Danemark.

Signalons également une discussion qui a été ouverte à la *Société des Arts* de Londres, le 13 mars 1895, sur un rapport de M. E. Montague Nelson, relatif aux importations de viandes en Angleterre. Le journal de cette Société a publié, dans son numéro de mars 1895, le compte rendu de cette intéressante discussion, qui montre que les importations, dépassant 500 millions de francs, ont fourni une large part à l'alimentation nationale, assuré l'approvisionnement régulier des marchés, maintenu à des taux modérés le cours des diverses catégories de viandes, particulièrement de celles qui sont destinées à la consommation populaire, et procuré à la marine du commerce de fructueux éléments de fret.

(2) *Conservation de la viande et autres substances alimentaires* par le froid ou la dessiccation. — Paris 1871.

La Vie à bon marché. — Paris, 1880.

Importation en France des viandes fraîches conservées par le froid. — Paris, 1889.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

s'appuyant sur de nombreuses statistiques, l'insuffisance de notre production en bétail, l'infériorité de notre consommation en viande, par rapport à la consommation d'autres grands États; les conséquences fâcheuses que cette infériorité entraîne au point de vue de l'accroissement de la population, de la santé générale, des forces productives du pays, la hausse du prix de la viande, en dépit des progrès accomplis par l'agriculture, la nécessité de faciliter, dans la plus large mesure, l'approvisionnement du marché français et des différents marchés européens, en ajoutant aux produits nationaux les denrées alimentaires que les contrées lointaines, notamment les deux Amériques et l'Australie, mettraient en abondance à leur disposition, enfin le remède qu'apporte à la cherté des subsistances le transport rendu facile de tout ce que la nature crée et multiplie pour la nourriture de l'homme.

A ces considérations d'ordre général il convient d'ajouter que l'importation des viandes abattues est préférable à l'importation du bétail sur pied. Elle coûte beaucoup moins en frais de transport; elle n'entraîne pas les déperditions considérables de poids que cause à l'animal un long trajet sur route ou même le transport par wagons; enfin, elle n'expose point le pays qui la reçoit au danger des épizooties.

Il est donc certain que les procédés de conservation, en répartissant les approvisionnements entre les différents marchés du monde, peuvent concourir utilement, pour une part appréciable, à la solution de cet important et difficile problème de la « vie à bon marché », auquel M. Tellier a consacré l'une de ses publications. Cependant, jusqu'ici, la législation des États européens s'est montrée peu favorable à l'importation des viandes exotiques. La question est, en effet, très complexe. L'agriculture européenne voit avec appréhension la concurrence que peuvent lui faire les régions de l'Amérique et de l'Australie, où le bétail est produit et se multiplie presque sans frais, alors qu'elle est grevée de charges toujours croissantes. Elle déclare qu'il serait inique de l'exposer à une lutte trop inégale avec des pays neufs, disposant de pâturages illimités, supportant peu d'impôts et se procurant la main-d'œuvre à bas prix. Elle réclame donc des tarifs protecteurs, analogues à ceux qu'a obtenus l'industrie, et cela, non pas pour maintenir le prix des viandes au taux élevé qu'il a atteint, et qui est un obstacle à l'augmentation si désirable de la consommation, mais pour lui permettre de conserver, d'étendre, d'améliorer la production nationale, de telle sorte que celle-ci puisse d'elle-même, par ses propres ressources, par l'effet de la con-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

currence intérieure, diminuer les prix de revient, et par suite les prix de vente, et réaliser ainsi, plus lentement peut-être, mais aussi sûrement, l'abondance des approvisionnements avec la vie à meilleur marché.

A l'exception de l'Angleterre, qui continue à recevoir en franchise toutes les denrées d'alimentation, les principaux États d'Europe, où l'intérêt agricole tient une si grande place, ont frappé de droits élevés les viandes abattues importées à l'étranger. La législation française n'est point la seule, et elle n'a pas été la première, à pratiquer ce mode de protection. L'Allemagne, la Belgique, la Suisse, l'Autriche, etc., taxent les viandes en même temps que le bétail (1). Les tendances protectionnistes des différentes législations, s'inspirant des mêmes faits et des mêmes motifs, sont trop générales et trop prononcées pour qu'il y ait utilité de renouveler ici des débats tout récents, qui semblent pour le moment épuisés. Notre Société ne saurait d'ailleurs avoir la pensée de critiquer les décisions prises pour l'encouragement de l'agriculture nationale, et si le Comité de Commerce peut regretter que ces décisions risquent de causer des préjudices aux échanges et à l'industrie, il ne doit, à l'heure actuelle, souhaiter qu'une chose : c'est que l'expérience des nouveaux tarifs se poursuive avec grande attention de la part de tous les intérêts, et que, si cette expérience révèle des imperfections ou des exagérations inutiles, il y soit remédié par ceux-là mêmes qui ont organisé la protection agricole (2).

Au surplus, la conservation des denrées alimentaires par le froid n'intéresse pas seulement les transports maritimes à longues distances. Elle s'applique également aux approvisionnements que le gouvernement et les villes exposées à subir des sièges jugent prudent d'accumuler pour le temps de guerre. On peut prévoir encore que le transport des viandes abattues, dans des wagons spécialement aménagés, est appelé à se développer au

(1) En Allemagne, le droit de douane à l'importation des viandes fraîches est de 25 francs les 100 kilos au tarif général, et de 18 fr. 75 cent. au tarif conventionnel ; en Belgique, de 15 francs; en Suisse, de 6 francs au tarif général et de 4 fr. 50 cent. au tarif conventionnel. — Le droit de douane en France a été fixé, par le tarif du 11 janvier 1892, à 25 francs par 100 kil. pour la viande de bœuf, et à 32 francs pour la viande de mouton. Au droit de douane, s'ajoute, pour Paris et pour les principales villes, la taxe d'octroi. A Paris, cette taxe est de 11 fr. 60 par 100 kil. ; — de telle sorte que les viandes étrangères introduites à Paris ont à supporter, pour la douane et l'octroi, une taxe de 36 cent. 1/2 par kilogr. de viande de bœuf, et de 43 cent. 1/2 par kilogr. de mouton.

(2) Nous signalons, à ce sujet, une étude sur le *Mouton et les Tarifs douaniers*, par M. René Lafabrègue, notice qui a été publiée dans le *Journal de la Société de statistique de Paris* (Livraison de Mai 1893, pages 181 à 192).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

grand profit des producteurs et des consommateurs. Nous avons, en effet, des régions agricoles qui produisent plus qu'elles ne consomment; il en est d'autres, en grand nombre, où la population se contente des quartiers de viande ordinaires, que le détaillant est en mesure de vendre au plus bas prix, s'il a la facilité d'expédier vers les centres riches les morceaux de choix dont le prix est élevé. Cet échange est usité depuis longtemps entre les marchés qui sont voisins les uns des autres. Ils sont destinés à se multiplier par les chemins de fer avec la rapidité, la fréquence et la régularité que présente ce mode perfectionné de transports. Il en est ainsi pour d'autres denrées, notamment pour les poissons et les abats, ainsi que pour les légumes, les fruits et les fleurs que nos départements méridionaux, y compris l'Algérie, expédient aujourd'hui dans toutes les régions de la France.

En conséquence, le Comité de Commerce s'associe pleinement au Comité des Arts mécaniques pour reconnaître l'importance des travaux auxquels M. Ch. Tellier s'est livré, depuis plus de vingt ans, dans le but d'obtenir à peu de frais la conservation des denrées alimentaires, et pour signaler les services qu'il a rendus, à l'origine de cette industrie, aux intérêts de l'alimentation publique. Nous vous soumettons avec confiance cette appréciation favorable, qui s'ajoute au témoignage exprimé par le Conseil, dès 1874, sur le rapport du Comité des Arts économiques, et nous vous proposons d'approuver la publication du présent rapport dans le *Bulletin* de la Société.

Le rapporteur, C. LAVOLLÉE.

Approuvé en séance le 5 *avril* 1895.

AGRICULTURE

RAPPORT *fait par* M. LAVALARD, *au nom du comité d'Agriculture, sur une table pour opérations chirurgicales*, de M. A. MALHERBE, vétérinaire.

MESSIEURS,

M. Malherbe, vétérinaire à Paris, 83bis, boulevard Richard-Lenoir, vous présente une table permettant de pratiquer, d'une manière facile et sans danger, les opérations chirurgicales sur les animaux domestiques.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Tout le monde sait qu'il est indispensable de contenir les animaux pendant la pratique des opérations, c'est-à-dire de fixer la position de l'animal pour annuler ses moyens de défense et se mettre à l'abri de tout danger.

Les moyens de contention sont très nombreux, et nous allons les passer rapidement en revue, afin de pouvoir juger, avec tout le soin qu'il mérite, l'appareil de M. Malherbe.

L'un des moyens souvent employé consiste dans la dérivation de la douleur, que l'on provoque par des appareils spéciaux, comme le tord-nez, les morailles, le mors d'Allemagne, etc.

La contention de l'animal peut se faire ainsi debout ou couché; et il serait vraiment trop long de vous énumérer tous les moyens employés pour immobiliser les animaux debout, pour les empêcher de voir, pour les empêcher de mordre et de ruer, pour réduire les chevaux vicieux, comme on le fait dans le système de dressage connu sous le nom de système Rarey, du nom de son inventeur.

Pour abattre les animaux qu'on veut coucher et maintenir sur le sol, on se sert d'entraves qu'on place à chaque membre; et, à l'aide de cordes et de plates-longes, on parvient à obtenir l'immobilité voulue pour pratiquer avec sûreté et sécurité les opérations chirurgicales les plus douloureuses.

Vous avez tous vu aussi les travails formés de poteaux dans lesquels on attache les chevaux. Ces machines étaient déjà connues des anciens, et il n'est pas un seul atelier de maréchalerie dans les campagnes qui ne possède son travail.

C'est Gohier, en 1813, qui, le premier, eut l'idée d'une planche sur laquelle on fixait les animaux pour faire les opérations ou les pansements sur un des côtés du corps.

Mais on trouve, dans un ouvrage de Fromage de Feugré, intitulé : *Correspondance sur la conservation et l'amélioration des animaux domestiques* (1810 et 1811), la description de trois machines à abattre les chevaux : celle de Lafosse, celle de Hœrt, vétérinaire du roi de Wurtemberg, et enfin celle de Fromage de Feugré lui-même. Ce dernier appareil était très compliqué, et permettait d'assujettir l'animal debout, sur le sol, de le coucher à la hauteur d'une table, et de l'entraver dans toutes les positions nécessaires pour la pratique des opérations chirurgicales et pour les pansements à faire.

Dans ces dernières années, MM. Daviau et Sauvayre ont reproduit, en les perfectionnant, les appareils à coucher les chevaux; ils les ont rendus transportables, et ont permis toutes les applications, c'est-à-dire le maintien

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

absolu du cheval dans toutes les positions et le relèvement et transport du cheval tombé malade ou blessé sur la voie publique, etc.

Cet appareil a obtenu une médaille d'or à l'Exposition universelle de 1889, et il est bien certain qu'il rend de très grands services aux vétérinaires et aux personnes chargées de donner des soins aux chevaux. Mais c'est un appareil compliqué, et dont le prix est assez élevé. M. Vinsot, vétérinaire à Chartres, a aussi imaginé un travail-bascule qui donne de très bons résultats, mais qui est aussi assez compliqué et d'un prix élevé.

C'est ce qui donna l'idée à M. Malherbe de chercher un appareil simple, peu coûteux, nullement encombrant, facilement transportable, et répondant aux exigences de la chirurgie moderne.

Cet appareil est une simple table en sapin, et peinte en blanc pour être tenue dans un état de propreté absolue. Il ne comporte aucun engrenage ni coussins.

Cette table, placée verticalement, peut permettre d'approcher facilement le cheval ; et l'on obtient la position horizontale par un simple renversement sur deux cornières cintrées fixées sous le tableau de la table.

Quatre hommes suffisent pour toutes les manœuvres.

Pour coucher le cheval, on doit :

1° Fixer la tête par un licol sur la planche ;

2° Fixer la queue de l'animal à un point déterminé ;

3° Fixer les pieds par des entraves ;

4° Abandonner la table en enlevant l'arc-boutant qui se trouve derrière : elle bascule doucement, et entraîne sur elle le cheval, qui ne peut faire aucun mouvement, étant immobilisé par la tête, la queue et les pieds. On peut ensuite entraver l'animal dans toutes les positions, le retourner, etc. ; et il est très facile, ainsi que le décrit l'auteur, de le relever et de le remettre sur pieds.

L'appareil imaginé par M. Malherbe est simple, peu coûteux, et en rapport avec les moyens économiques qu'exige la chirurgie des animaux domestiques.

C'est pourquoi nous vous proposons de remercier l'auteur et de demander l'impression de son mémoire dans le Bulletin de votre Société, afin d'être porté à la connaissance du public spécial qu'il intéresse, c'est-à-dire les éleveurs et les agriculteurs : M. Malherbe n'ayant pas pris de brevet, et autorisant quiconque veut le construire à le faire suivant les détails qu'il a fournis.

Le Rapporteur, LAVALARD.

Approuvé en séance le 5 *avril* 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Table pour opérations chirurgicales de M. A. Malherbe, *médecin-vétérinaire de la Compagnie générale des Omnibus.*

Appelé, dans notre service, à faire de fréquentes et graves opérations, nous avons été frappé des inconvénients multiples que présentent les modes de couchage des chevaux sur des lits de paille ou de tourbe; et cela, d'autant plus que ces modes de couchage sont non seulement dangereux au point de vue de l'abatage seul du cheval, mais, en outre, déplorables au point de vue des méthodes aseptiques et antiseptiques.

Il nous a donc paru, malgré les nombreux appareils existants déjà, et destinés soit à la contention simple des chevaux, soit à leur couchage nécessaire, de chercher un appareil simple, peu coûteux, nullement encombrant, facilement transportable et répondant en outre aux exigences de la chirurgie moderne.

Cet appareil est une simple table en sapin, pour être plus légère;

Elle est peinte en blanc, pour être tenue dans un état de propreté absolue;

Elle ne comporte aucun engrenage ni coussins, qui sont si difficiles à tenir propres.

Placée verticalement, on en approche facilement un cheval, et sa position horizontale s'obtient par un simple renversement sur deux cornières cintrées fixées sous le plateau de la table.

Quatre hommes suffisent pour toutes les manœuvres.

DESCRIPTION DE LA TABLE

La table se compose essentiellement des parties suivantes (fig. 1 à 4).

1° Le bâti formé de :

4 montants en sapin de $2^m,10$;

3 traverses en sapin : deux de $2^m,80$, une de $2^m,20$;

2 écharpes en sapin : une de $1^m,50$, une de $1^m,60$;

2 petits montants en sapin de $0^m,75$ reliant les 2 traverses supérieures;

2° La surface, faite de planches en sapin, rainées par frises et doublées à la partie basse de la table par une feuille de tôle.

3° 2 sabots en cornières triples de $0^m,50$ de largeur, armant les pieds sur lesquels repose la table dans sa situation verticale, et formés par un évidement de la partie basse de la table de $0^m,20$ de haut sur $1^m,20$ de largeur.

4° Pour la partie roulante : 2 cornières en fer, cintrées (corde $2^m,20$, flèche $0^m,60$); maintenues dans leur écartement de $1^m,20$ par deux croisillons contrecoudés.

5° Deux poignées en fer rond contrecoudées, de $0^m,68$ de long, situées de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

chaque côté de la partie haute de la table et servant à la maintenir dans sa position verticale et pour la relever.

6° 4 cales, également en sapin, munies d'un manche (0m,30 de haut, 0m,40 de long, 0m,20 de large), servant à fixer la table, dans sa position horizontale, et à l'incliner au besoin.

7° Un arc-boutant de 1m,85 de hauteur, placé sous la traverse du haut, sert à maintenir solidement la table dans sa situation verticale.

8° 8 trous, à double emploi, garnis de bagues métalliques, pratiqués dans l'épaisseur de la table et du bâti, servent à fixer la tête, la queue et la sangle : le cheval pouvant être couché sur l'un ou l'autre côté.

9° Un anneau, placé sur la traverse du bas, sert à fixer la chaîne du lacs à l'aide d'un mousqueton.

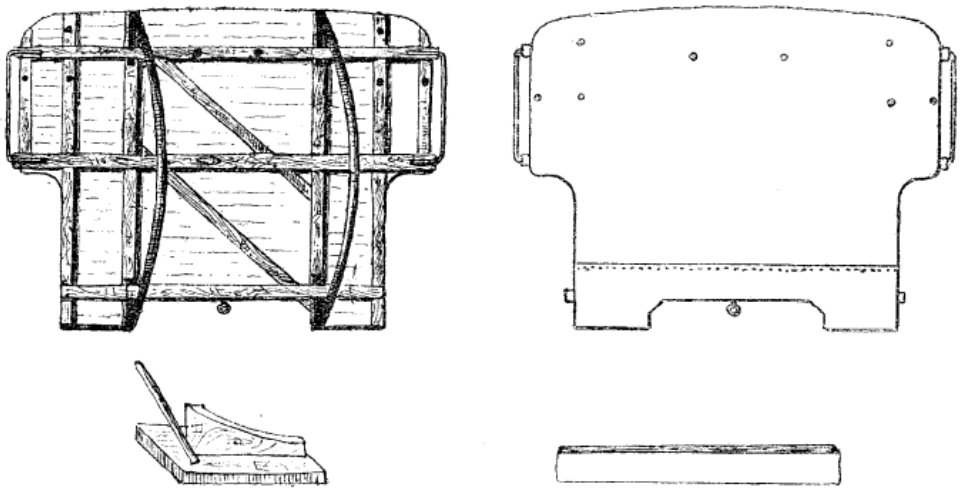


Fig. 1 à 4. — Table vue en dessous et en plan. Détail d'une cale et d'un arc-boutant.

COUCHAGE DU CHEVAL

Pour coucher le cheval, il suffit :

D'un licol fort, portant trois anneaux : (un sous la têtière, un sur la muserolle, un à la sous-gorge), auxquels sont fixés des cordes ;

D'une chaîne formant nœud coulant, que l'on place à la queue ;

D'une sangle qui est fixée à la table et d'un jeu d'entravons.

1° *Fixation de la tête.* — Le cheval est amené (fig. 5) parallèlement à la table, et les cordes du licol, passées dans les trous correspondants de la table, sont fixées derrière.

2° *Fixation de la queue.* — Ainsi que M. Vinsot, de Chartres, nous procédons

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de la façon suivante : La queue étant maintenue horizontalement, on place une tige de fer rond sous les crins à 3 ou 4 centimètres du moignon; ceux-ci sont rabattus, et, une chaîne munie d'un anneau formant nœud coulant étant placée entre l'extrémité du moignon et la tige, la chaîne est passée dans le trou supérieur de la table et fortement tendue; elle est arrêtée derrière la table par une petite tige passant dans une de ses mailles.

3° *Fixation des pieds.* — Les entravons sont placés aux quatre pieds, et le lacs passé dans leurs anneaux; la sangle est vivement bouclée.

4° *Renversement.* — Il suffit alors d'abandonner la table, après avoir enlevé

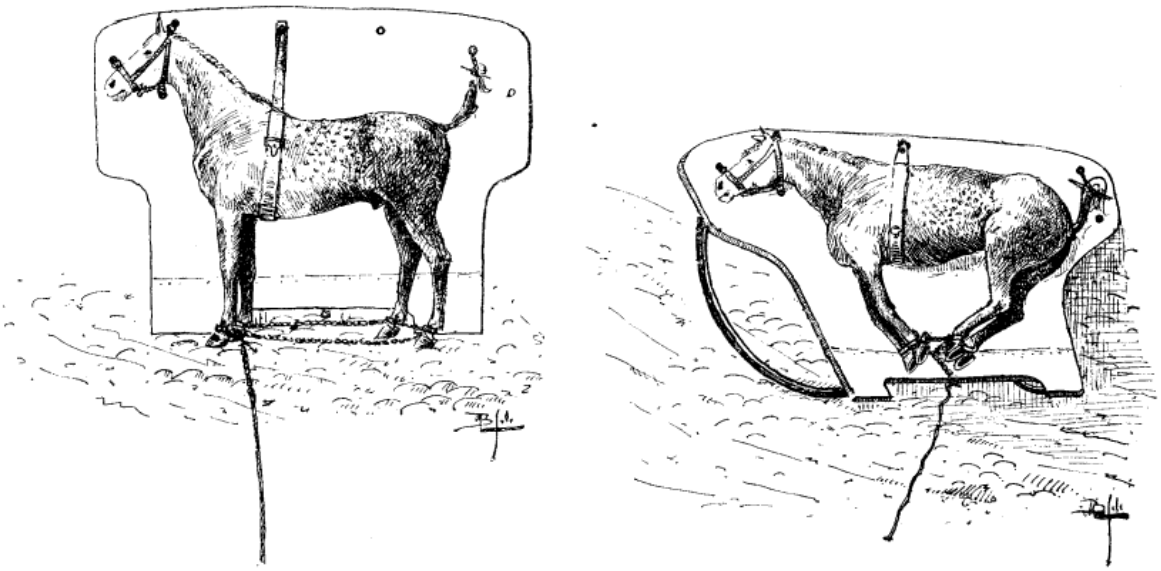


Fig. 5 et 6. — Fixation du cheval sur la table, et renversement de la table.

l'arc-boutant qui se trouve derrière, pour la voir basculer doucement et entraîner sur elle le cheval, qui ne peut faire aucun mouvement, étant immobilisé par la tête, la queue et les pieds. Pour supprimer les aides qui tiraient sur le lacs, on fixe à l'aide d'un mousqueton la chaîne à l'anneau de la table ; les quatre cales placées sous les cornières immobilisent la table dans sa position horizontale ou servent à l'incliner selon les indications.

5° *Entraver.* — A l'aide d'une plate-longe, on entrave le cheval dans les différentes positions que nécessitent les opérations que l'on doit pratiquer.

6° *Retournement du cheval sur la table.* — Il est nécessaire, pour certaines opérations : feux, névrotomies, etc., de retourner le cheval.

On procède de la manière suivante (fig. 7).

1° Enlever le mousqueton qui relie la chaîne du lacs à la table ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2° Détacher la tête et la queue après avoir enlevé la sangle ;

3° Faire tourner le cheval sur le côté où il repose, de façon que les pieds occupent la partie haute de la table, et retourner le sujet sur le dos, comme d'ailleurs cela se fait sur le lit de paille ;

4° Fixer à nouveau la tête, la queue et les pieds.

7° *Remise du cheval sur pieds.* — L'opération terminée, désentraver et remettre le membre libéré dans son entravon.

Les deux cales de la partie basse de la table sont alors enlevées, ainsi que le mousqueton qui relie le lacs à l'anneau de la table.

Deux aides inclinent celle-ci après que la sangle a été débouclée. Au fur et à

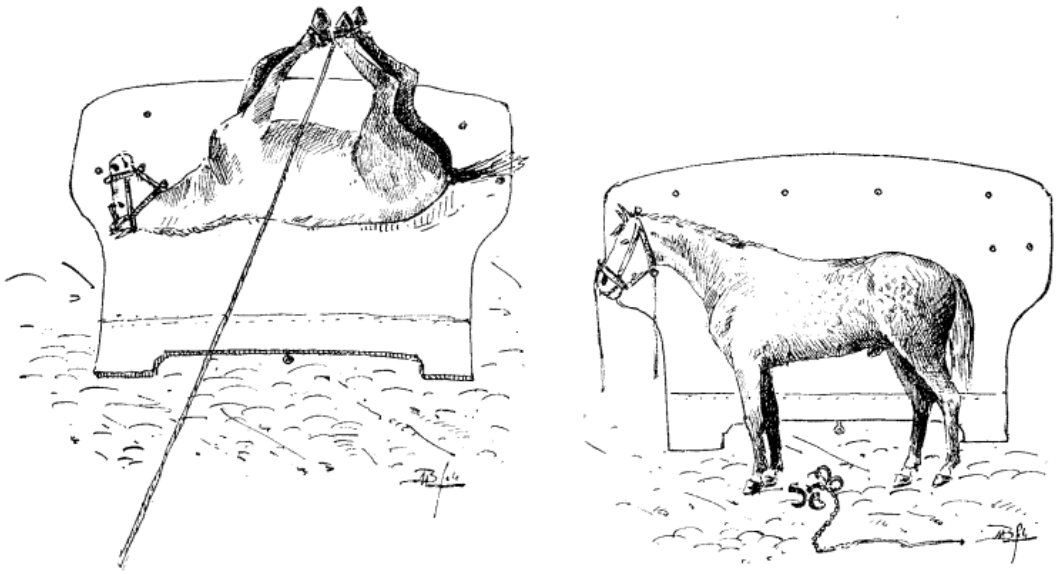


Fig. 7 et 8. — Retournement du cheval et remise sur pieds.

mesure que la table est redressée, les cordes qui fixent la tête sont détachées. Pour libérer l'arrière-train, la tige de fer retenant le nœud coulant de la chaîne placée sur la queue est retirée, pendant que l'opérateur, de son côté, enlève l'écrou des entravons. Ces manœuvres se font simultanément.

Bientôt, le cheval glisse doucement, et, sentant ses sabots porter sur le sol, il se redresse de lui-même en s'accotant à la table.

A. Malherbe.

Novembre 1894.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

REVUE

DES AMÉLIORATIONS APPORTÉES A LA PRODUCTION AGRICOLE PENDANT L'ANNÉE 1893-1894, PAR **M. Schribaux**, *professeur d'agriculture spéciale à l'Institut National agronomique.*

La campagne de 1893-1894 comptera parmi les plus mauvaises qu'ait traversées l'agriculture : au début, la disette fourragère oblige à sacrifier une partie de notre bétail; plus tard, c'est une surproduction générale qui fait tomber le blé, le sucre, l'alcool, etc., à des prix absolument désastreux.

Le souvenir de la sécheresse de 1893 est encore présent à tous les esprits. Se produisant à une époque où les plantes ont surtout besoin de trouver de l'eau dans le sol, la sécheresse a diminué considérablement les rendements. Voici, d'après la statistique que vient de publier le Ministère de l'agriculture, les écarts constatés entre les récoltes de 1893 et celles d'une bonne année moyenne:

Céréales.		Plantes des prairies.	
Blé.	10 p. 100.	Prairies naturelles. .	53 p. 100
Orge.	24 —	Trèfle.	54 —
Avoine.	30 —	Sainfoin.	48 —
		Luzerne.	40 —

Le déficit total en foin s'est élevé à plus de la moitié de la production d'une bonne année. Peu ou point de paille dans les greniers, peu ou point de fourrages dans les fenils, telle était la situation dans la généralité des exploitations au commencement de l'hiver 1893-1894. On comprend facilement le retentissement qu'une pareille diminution dans l'approvisionnement des fourrages pouvait avoir sur l'entretien et sur l'élève du bétail. Cependant, il résulte des mêmes statistiques que la diminution du bétail n'a pas été aussi désastreuse qu'on pouvait le craindre. Elle ne s'est élevée qu'à 5-10 p. 100 seulement. On y voit la preuve des immenses efforts accomplis par les agriculteurs pour ne pas réduire la population de leurs étables.

Pour servir de litière, on a fait usage de bruyères, de mousses, de feuilles d'arbres récoltées dans les bois. La tourbe, la sciure de bois, la terre sèche ont été mises également à contribution plutôt que d'acheter de la paille à des prix inabordables.

Des agronomes, en tête desquels il convient de placer MM. Grandeau (1), A.-Ch. Girard (2) Cormouls-Houlès (3), ont vulgarisé l'emploi, comme fourrage, des feuilles d'arbres, des ramilles, des sarments de vigne, des marcs de raisin, etc., etc., dans l'alimentation du bétail et montré, qu'en les associant aux tour-

(1) Grandeau, *La forêt et la disette de fourrages.*

(2) A.-Ch. Girard, *Etudes sur l'emploi des feuilles d'arbres dans l'alimentation du bétail* (*Annales agronomiques*, novembre et décembre 1892).

(3) Cormouls-Houlès, *Utilisation des ramilles d'arbres ensilées pour l'alimentation du bétail.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

teaux, aux drèches et autres déchets industriels, il était possible de constituer des rations d'un prix modique et d'une haute valeur alimentaire. Des plantes à végétation rapide, telles que le maïs, le moha de Hongrie, la moutarde, ont été cultivées sur de grandes étendues.

Bref, si la sécheresse de 1893 a infligé des pertes incalculables à nos agriculteurs, il faut reconnaître qu'elle a plus fait pour leur instruction que dix années d'abondance.

Deux mesures, dont le bénéfice s'étendra désormais aux années normales, méritent d'être signalées parmi celles qui ont été préconisées en vue de parer à la disette de fourrages : je veux parler de l'utilisation raisonnée de la pomme de terre dans l'alimentation du bétail et de l'introduction de quelques plantes fourragères nouvelles.

Utilisation des pommes de terre dans l'alimentation du bétail. — Depuis dix ans, M. Aimé Gérard s'est consacré presque exclusivement à la régénération de la culture de la pomme de terre en France.

Jusqu'à ces derniers temps, sur les 1 500 000 hectares cultivés en pommes de terre, nous récoltions, bon an mal an, 110 000 000 de quintaux seulement, soit environ 14 000 kilogr. à l'hectare, alors qu'en Allemagne la moyenne s'élevait à 20 et 25 000 kilogr.

Dix années de recherches scientifiques et de propagande active ont suffi pour changer cette situation ; aujourd'hui, lorsque la saison est favorable, c'est chose aisée que d'obtenir en terre fertile, là ou l'on était satisfait d'une récolte de 15 000 kilogr., des rendements de 30 000-35 000 kilogr. l'hectare ; en terre pauvre, là où il fallait se contenter de 8 000-10 000 kilogr., des rendements de 22 000-25 000 kilogr.

Ce n'était pas tout que de produire ces abondantes récoltes, il fallait leur procurer un débouché rémunérateur. Trois clients se présentent à l'agriculture : la féculerie, la distillerie et le bétail. La féculerie et la distillerie sont de trop petits consommateurs, et, pour le moment du moins, en face du bas prix des alcools, il ne faut pas songer à développer cette dernière industrie ; *c'est donc au bétail que la pomme de terre doit demander un débouché principal.*

L'application de la pomme de terre à l'alimentation des animaux de la ferme n'est certes pas nouvelle : dans l'Est et en Bourgogne notammeut, elle est utilisée depuis longtemps dans ce but ; mais on n'était pas fixé sur la quantité que les animaux peuvent en consommer utilement ; on ignorait également quels étaient les résultats économiques de ce mode d'alimentation. C'est l'étude scientifique de cette question que M. Girard a poursuivie en 1893-1894 à la ferme de l'Institut agronomique.

Je ne suivrai pas M. Aimé Girard dans l'exposé lumineux de ses recherches ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

je rapporterai simplement les conclusions principales qui s'en dégagent :

« La pomme de terre riche et à haut rendement doit être considérée doré-
« navant comme un fourrage de premier ordre (1).

« Introduite dans la ration des bœufs ou des moutons, elle augmente rapidement
« le poids vif de ces animaux, les enrichit en viande nette, et donne aux produits
« de boucherie qu'ils fournissent des qualités de finesse, de succulence abso-
« lument remarquables.

« Pour obtenir les résultats qui viennent d'être résumés, il est à l'inter-
« vention de la pomme de terre, dans la composition des rations, des limites qu'il
« convient de ne pas dépasser; ces limites, c'est à 25 kilogr. par tête et par jour
« pour des bœufs de 800 kilogr. environ, 2 kilogr. par tête et par jour pour des
« moutons de 35 kilogr. environ, qu'il convient de les fixer. C'est, par 100 kilogr.
« de poids vif une proportion de $3^k,125$ pour les bœufs, ou $5^k,714$ pour les
« moutons.

« A la composition des rations, d'ailleurs, doit intervenir toujours, en même
« temps que la pomme de terre, un fourrage herbacé (foin, paille, etc.,) qui
« apporte à ces rations une quantité de matières nutritives sèches sensiblement
« égale à celle qu'apporte la pomme de terre.

« Partiellement au moins, ce fourrage herbacé doit être mélangé à la pomme
« de terre de façon à diviser la masse et à rendre la rumination facile.

« C'est après cuisson, et encore légèrement tiède, que la pomme de terre
« doit être distribuée aux animaux. Pour le mouton cependant, la pomme de
« terre crue peut donner des résultats intéressants, mais il faut alors augmenter
« de moitié la quantité qu'en reçoit chaque animal, ou bien prolonger de
« 21 p. 100 la durée de l'alimentation.

« Mélangée avec le foin ou la paille qui la doivent diviser, la pomme de terre
« cuite doit être, pendant 24 heures, abandonnée au refroidissement et à un com-
« mencement de fermentation.

« Les avantages économiques réalisés par l'emploi de la pomme de terre four-
« ragère à l'alimentation sont importants. Nourri dans les conditions qui vien-
« nent d'être indiquées, un bœuf de 770 kilogr. au début augmente, en 81 jours
« de 110 kilogr. environ de poids vif, et fournit à l'abatage 60,19 p. 100 de
« viande nette de qualité supérieure; un mouton de 35 kilogr. environ au début
« augmente, en 115 jours, de 12 kilogr. environ, et fournit à l'abatage 51,5 p. 100
« de viande nette, de qualité supérieure également.

« Dans la pomme de terre riche et à haut rendement, il convient de voir non
« seulement une ressource accidentelle dans le cas de disette fourragère, mais

(1) Aimé Girard, Application de la pomme de terre à l'alimentation du bétail (*Bulletin du Ministère de l'agriculture*), 1894.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« encore et surtout un fourrage régulier, fournissant économiquement, en temps « normal, des résultats remarquables au point de vue de la production de la viande.»

Les expériences poursuivies par M. Cornevin, à l'instigation de M. Aimé Girard, sur l'alimentation des vaches laitières ont donné également des résultats très satisfaisants.

Des essais répétés lui ont montré, qu'à quantités égales, les pommes de terre crues favorisent la production du lait, tandis que cuites elles provoquent l'engraissement et l'augmentation du poids.

Comme M. Aimé Girard, M. Cornevin a constaté en outre que les animaux ne doivent pas être soumis au régime exclusif des pommes de terre.

Qu'elle soit crue ou cuite, la pomme de terre doit être mélangée à d'autres aliments pour constituer une ration convenable au point de vue de la production du lait. Le mélange a pour résultat de favoriser les actes mécaniques et chimiques de la digestion, et d'élever le coefficient de digestibilité.

A la suite d'expériences déjà anciennes, Kühn avait montré que la betterave constitue, au point de vue économique, un fourrage plus avantageux que la pomme de terre. Aujourd'hui, avec les perfectionnements réalisés dans la production de cette dernière plante, la question a changé d'aspect.

M. Aimé Girard ne pouvait manquer de mettre à nouveau les deux fourrages en comparaison, étant donné que, dans nos fermes, où la betterave fourragère est en honneur depuis longtemps, la question de savoir à laquelle il faudra désormais donner la préférence se posera souvent; les nouvelles recherches de M. Aimé Girard ne laissent aucun doute sur la supériorité de la culture de la pomme de terre pour l'alimentation du bétail. Notons de plus que la pomme de terre, beaucoup moins exigeante que la betterave, vient dans tous les sols et réclame des façons moins nombreuses et moins délicates; grâce à l'emploi des bouillies à base de cuivre, on peut désormais lutter efficacement contre la maladie si redoutable encore il y a un petit nombre d'années.

La betterave a révolutionné l'agriculture des pays riches; la pomme de terre riche à haut rendement est appelée à exercer une influence au moins égale dans les pays pauvres et mal cultivés. Elle y vulgarisera l'emploi des engrais chimiques et des semences sélectionnées, la pratique des labours profonds et des façons de de nettoyage du sol, opérations dont les bons effets retentiront sur la production agricole tout entière.

Quelques progrès restent cependant à réaliser.

Les opérations de récolte sont toujours très lentes, circonstance d'autant plus fâcheuse que les pommes de terre les plus prolifiques appartiennent toutes à des variétés tardives. Il en résulte, qu'après l'enlèvement des tubercules, le temps fait souvent défaut, avant l'hiver, pour préparer les terres destinées à recevoir les céréales d'automne.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il faut souhaiter que les sélectionneurs créent des variétés productives plus précoces, et nos ingénieurs des machines qui rendent l'arrachage des tubercules moins laborieux.

La pomme de terre s'altère facilement : en féculerie comme en distillerie, la campagne ne dure que quelques mois; l'utilisation des pommes de terre pour l'alimentation du bétail prend fin alors qu'elles commencent à germer. La découverte d'un procédé de conservation permettant d'utiliser les tubercules pendant toute l'année constituerait un immense progrès. Celui que j'ai proposé il y a quelques années, et qui consiste à tremper les tubercules pendant 10-12 heures dans une solution d'acide sulfurique à 1-2 p. 100, ne peut s'appliquer qu'à des tubercules parfaitement sains (1). Quelques grands agriculteurs en font actuellement usage; mais pour l'industrie qui met en œuvre des tubercules presque tous plus ou moins mutilés, cette méthode de conservation est absolument inapplicable.

La pomme de terre est une matière vivante, qui vit aux dépens de sa propre substance, de sorte que sa teneur en matières utiles diminue de plus en plus avec l'âge du tubercule. Veut-on prévenir ces pertes? Il faut tuer les cellules des tubercules en leur enlevant de leur eau de constitution en quantité suffisante pour que, privées de la vie, elles soient mises à l'abri des altérations qui se produisent toujours dans une matière organique humide. La dessiccation des tubercules, après les avoir préalablement divisés en cossettes, nous semble la seule méthode pratique pour la conservation industrielle des pommes de terre. Celles-ci renferment en moyenne 75-80 p. 100 d'eau; il faudrait en abaisser le taux à 10-14 p. 100 environ. Posé en ces termes, le problème de la conservation des pommes de terre nous semble facile à résoudre.

Nouvelles plantes fourragères cultivées en France. — Parmi les plantes fourragères nouvelles signalées en 1893, et qui, en 1894, ont continué à être l'objet d'expériences culturales, je citerai la consoude rugueuse du Caucase, la persicaire de Sakhalin, la gesse des bois et la vesce velue.

I. La *consoude du Caucase*, accueillie un peu partout comme une panacée, est une vieille connaissance, qu'on est sûr de voir réapparaître chaque fois que le manque de fourrage se fait sentir. Dans l'Est, où beaucoup de petits agriculteurs l'ont essayée sur la foi des belles promesses qui leur avaient été faites, on a obtenu en 1894, en terre plutôt sèche que fraîche, à peine 10 à 20000 kilogr. de fourrage vert, malgré l'été exceptionnellement favorable et les soins multipliés dont elle a été entourée. En Bretagne, M. Lechartier a démontré, qu'en terre fertile, elle ne peut lutter avantageusement ni avec la luzerne ni avec le trèfle des prés. Il

(1) Schribaux, Conservation des pommes de terre (*Bulletin de la Société d'Encouragement à l'Industrie nationale*, 1891).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

n'y a guère que dans les terres fertiles et humides tout à la fois où elle ait donné satisfaction aux agriculteurs. Il est vraisemblable d'admettre que, dans ces conditions favorables, des prairies temporaires, composées de bonnes espèces, ne lui seraient pas inférieures. Bref, de tous ces essais, il ressort que la consoude est une plante fourragère de second ordre et qu'elle ne méritait pas de sortir de l'oubli dans lequel elle était tombée.

II. Sur la *persicaire de Sakhalin*, une plante ornementale de nos jardins, recommandée pour les sols secs et de qualité médiocre, il est difficile de se prononcer exactement, car on n'en possède pas encore de culture de quelque importance. Les nombreuses expériences instituées de divers côtés ont d'ailleurs complètement échoué par suite de la mauvaise qualité des boutures et des graines employées à la multiplication. A la ferme de l'Institut agronomique, la seconde année de leur plantation, les quelques pieds qui furent sauvés ont livré des pousses grêles, mesurant à peine $0^m,40$. Dans le Midi, les résultats n'ont pas été meilleurs. Dès à présent, on peut affirmer que la valeur de la persicaire de Sakhalin a été grandement surfaite.

Nos agriculteurs oublient trop souvent que rien ne vient de rien, que, pour une plante quelconque, la rusticité est incompatible avec une haute productivité. Admettons que la consoude et la persicaire puissent réellement fournir, comme on l'a répété si souvent, 100 à 200 000 kilogr. et plus de fourrage vert à l'hectare. Pour obtenir d'aussi énormes récoltes, possédant une valeur nutritive satisfaisante, il est évident que, pendant tout le cours de la végétation, il leur faudrait trouver dans le sol une humidité suffisante et une grande richesse en éléments fertilisants. Or, pour de pareilles terres, nous disposons certainement d'espèces supérieures à la consoude et à la persicaire.

III. La *gesse des forêts* (*Lathyrus sylvestris*), autour de laquelle on continue encore à mener grand bruit, a été recommandée par Wagner comme une espèce extrêmement rustique, susceptible de fournir d'excellentes récoltes dans les plus mauvaises terres, où les autres légumineuses refussent de pousser. Le prix élevé des semences qui valent actuellement 20 francs le kilog., les résultats contradictoires obtenus de divers côtés, en France, en Suisse et en Allemagne, doivent engager le cultivateur à limiter ses essais à de petites surfaces.

IV. Entre toutes les plantes nouvelles, mises en faveur par la sécheresse de 1893, une seule à tenu ses promesses et acquis désormais droit de cité dans nos cultures, c'est la *vesce velue*.

L'histoire de cette plante est celle de la plupart de nos espèces fourragères. Elle vit à l'état sauvage un peu partout; en Allemagne, elle foisonne parfois dans les céréales d'hiver établies en terre riche au point d'en compromettre la récolte.

Il y a une quinzaine d'années environ, un agriculteur des environs de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Magdebourg, M. A. Jordan en tira les premières semences d'un champ de seigle où elle poussait spontanément.

Cultivée d'abord comme vesce de printemps, puis comme vesce d'hiver, elle se montrait constamment supérieure à du lupin semé en comparaison. Fort satisfait de ces expériences, il en publia les résultats, et, quelques années plus tard, elle était bien connue de ses compatriotes. Introduite en France, en 1891, par la Station d'essais de semences de l'Institut agronomique (1), elle occupe aujourd'hui plusieurs milliers d'hectares, et quand le prix des semences, qui s'est élevé jusqu'à 300 francs les 100 kilog., sera tombé à un chiffre raisonnable, disons 30-40 francs les 100 kilogr. la vesce velue deviendra bien vite une concurrente formidable de nos principales légumineuses annuelles.

Trois circonstances principales la désignent à l'attention des agriculteurs : 1° sa précocité ; 2° une résistance exceptionnelle au froid et à la sécheresse ; 3° la faculté de réussir dans les terres cultivées les plus mauvaises.

Semée à l'automne on la coupe de très bonne heure, sous le climat de Paris : dans la première quinzaine d'avril, à peu près en même temps que le seigle, quinze jours environ avant le trèfle incarnat. C'est là un avantage très apprécié de tous les cultivateurs qui ont hâte de donner du fourrage frais à leur bétail au sortir de l'hiver.

En prenant le soin de la faucher avant la floraison, elle livre encore une seconde coupe. Si elle doit servir d'engrais vert, on a le temps, après l'enfouissement de la première coupe, de faire des betteraves ou des pommes de terre.

Le Midi, grâce à la douceur de son climat, peut compter sur la réussite des légumineuses fourragères semées à l'automne pour être récoltées de bonne heure au printemps. Déjà, aux environs de Paris, le trèfle incarnat, la vesce, les pois et les jarosses d'hiver gèlent fréquemment ; dans l'Est, dans le Plateau central et aux altitudes élevées des différentes régions de la France, il faut renoncer à les cultiver, de sorte que les animaux ne reçoivent du fourrage vert que très tard au printemps. La vesce velue s'est montrée insensible aux froids les plus rigoureux. Dans la Haute-Loire, elle a supporté des températures de — 27° ; dans l'Isère un froid de — 26° ne lui a causé aucun dommage. D'une enquête poursuivie par la Station d'essais de semences de l'Institut agronomique en 1893 et 1894, il résulte que, sur un grand nombre de points, le trèfle incarnat a été totalement anéanti alors que la vesce velue a parfaitement résisté.

Une fois établie dans le sol, la vesce velue supporte aussi bien la sécheresse que les basses températures. En 1893, à la ferme de l'Institut agronomique, coupée le 7 avril, elle a produit, dans une mauvaise terre à seigle, 15 000 kilog. de fourrage vert à l'hectare et, malgré la sécheresse persistante, la plante a repoussé

1. Schribaux, La vesce velue. *Annales agronomiques*, 1894.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et produit des graines. Les rapports très favorables publiés en Italie, en 1894, sur la vesce velue, constatent également sa résistance à la sécheresse.

Un autre mérite de la vesce velue, c'est de réussir dans les plus mauvaises terres à la condition qu'elles ne soient pas calcaires. Dans les terres siliceuses des environs de Paris et dans les terres granitiques très légères de la Bretagne, on a obtenu facilement 20 000 kilog. de fourrage vert à l'hectare. Quand on a appliqué des phosphates et des sels potassiques, les rendements ont été considérablement augmentés, quelquefois même doublés.

La vesce velue produit un fourrage excellent. D'une analyse, effectuée par M. Condon à l'Institut agronomique, il ressort que la vesce velue est plus riche en azote que la vesce commune et le trèfle incarnat, les deux plantes avec lesquelles elle se trouvera désormais en concurrence. Plus nutritive que celles-ci, la vesce velue leur est en outre supérieure par sa précocité et sa rusticité ; il est probable que la lutte se terminera à son avantage, et que nous verrons bientôt le trèfle incarnat et la vesce commune soit d'hiver, soit de printemps, au moins dans les mauvaises terres et dans les régions à hivers rigoureux, déchoir du rang qu'ils occupaient jusqu'à présent.

Un agriculteur des Dombes, M. Bredin, qui n'en cultive pas moins de 100 hectares par an, en fait la base de l'alimentation de son bétail. Une partie seulement est consommée en vert, le reste est entassé en meules établies à l'air libre, de 20 mètres de long, 5 mètres de large et 5 mètres de hauteur.

Au lieu de recourir à des systèmes de serrage plus ou moins onéreux, M. Bredin comprime simplement le fourrage avec des galets roulés de quartzite très abondants dans cette partie des Dombes. Aux angles, on réalise un supplément de charge au moyen de caisses remplies de cailloux. Sur les bords, des planches clouées à angle droit, formant un léger relèvement, empêchent les pierres de tomber.

Pendant l'hiver de 1893-1894, M. Bredin a engraissé 150 bœufs, qui recevaient par tête et par jour environ 20 kilog. de vesce ensilée et 15 kilog. de pommes de terre. Avec ces deux aliments, l'un très protéique, l'autre très riche en hydrates de carbone, on réalise une ration qui pousse à l'engraissement sans qu'il soit nécessaire d'y ajouter des aliments concentrés.

M. Bredin ensile la première coupe et enfouit souvent la seconde, après laquelle on fait du blé. En procédant ainsi, il a pu doubler le nombre des têtes de bétail de son exploitation, et augmenter la production du blé à peu près dans la même proportion. L'engrais vert apporte de l'azote emprunté à l'atmosphère en même temps que de la matière organique qui améliore les propriétés physiques du sol. Ajoutons que la vesce, grâce à son couvert épais, étouffe les mauvaises herbes. Il serait à souhaiter que, partout où la nature du sol le permet, on la substituât à la jachère, dont elle réunit tous les avantages sans en avoir les inconvénients.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il n'est pas sans intérêt de constater une fois de plus que la vesce velue, dédaignée hier par les cultivateurs, pourchassée même comme une herbe nuisible, s'est élevée subitement au rang de nos meilleures espèces. L'avenir nous réserve certainement d'autres surprises du même ordre; parmi les plantes spontanées, parmi celles de la famille des légumineuses notamment, il en est bon nombre qui mériteraient de devenir l'objet d'une culture régulière. Une étude méthodique de ces plantes, étude qui serait si facile et qui pourrait devenir si féconde, intéresse tous les pays. Nous verrons dans un instant les efforts qui ont été tentés en Algérie dans cette direction.

V. Depuis plusieurs années, dans les États-Unis d'Amérique et notamment dans la Caroline, on cultive avec grand succès le *Lespedeza striata*, une légumineuse fourragère plus connue sous le nom de *Japan Clover,* trèfle du Japon. Elle aurait le rare mérite de prendre un grand développement dans les mauvaises terres riches en chaux. La réussite de cette culture en France serait un véritable bienfait pour les nombreuses régions calcaires où la plupart de nos bonnes légumineuses annuelles refusent de pousser. Les cultures établies par la Station d'essai de semences sur différents points de notre territoire ont totalement échoué; M. Naudin à la villa Thuret près d'Antibes, M. Burchard, en Allemagne, n'ont pas été plus heureux. La plante pousse normalement pendant plusieurs semaines, puis elle disparaît sans cause apparente. M. Naudin estime que les nodosités des racines du trèfle du Japon renferment probablement un microbe spécifique faisant défaut dans nos sols, microbe qu'il faudrait y introduire en apportant de la terre d'un champ ayant porté une bonne récolte.

Influence de la chaux sur les bactéroïdes des légumineuses. — Salfeld qui a démontré le premier l'intérêt pratique que présente parfois l'emploi, comme amendements, de terres chargées de microbes convenables pour la culture des légumineuses, a fait de nombreuses expériences dans les terres tourbeuses et siliceuses du nord de l'Allemagne. Il rapporte (1) une intéressante observation relative à l'action qu'exerce la chaux sur la vitalité de ces petits organismes.

Une terre à seigle de nature siliceuse, fumée au mois d'août 1893 avec de la kaïnite et des scories de déphosphoration, reçut en même temps sur la moitié de sa surface, 2000 kilog. de chaux éteinte et, sur l'autre moitié, la même quantité de chaux sous forme de marne. Comme les pois y poussaient mal, on répandit, en février 1894, quelques tonnes d'une terre qui avait porté une bonne récolte de cette légumineuse, terre que les façons culturales mélangèrent intimement au sol du champ d'expériences. Fin mars, on exécuta les semailles de pois. A partir du mois de mai, les légumineuses, qui jusqu'alors offraient partout la même appa-

(1) Salfeld, *Deutsche landw. Presse* n° 83 de 1894.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rence, commencèrent à présenter des différences qui allèrent en s'accentuant de plus en plus jusqu'à la récolte. Sur la partie marnée, les plantes, d'une couleur vert sombre, étaient extrêmement vigoureuses, tandis que, sur la moitié chaulée, elles se reconnaissaient de loin à leur cercle jaune et à leur faible développement.

La première parcelle produisit 2 458 kilog. de graines; la seconde, 804 kilog. seulement.

Tandis que les racines des plantes marnées portaient de nombreuses nodosités, celles de la partie chaulée en étaient totalement dépourvues.

La chaux, quoiqu'elle ait été employée en faible quantité et bien mélangée à la couche arable, avait tué les organismes de la terre importée. Les plantes de la parcelle chaulée, incapables de puiser de l'azote dans l'atmosphère, n'ayant à leur disposition que la petite quantité disponible dans le sol, ont souffert visiblement de l'insuffisance de cet élément; de là, leur teinte jaunâtre et leur maigre développement.

Dans des sols siliceux de meilleure qualité et dans des sols tourbeux plus riches en azote, Salfeld avait déjà constaté la supériorité de la marne sur la chaux, mais jamais les écarts constatés dans les rendements n'avaient été aussi marqués. De ses observations, il conclut à la nécessité d'employer la chaux sur les cultures précédant les légumineuses, lorsque, pour la réussite de celles-ci, on se propose d'inoculer au sol des organismes qu'on suppose lui faire défaut.

Nouvelles plantes fourragères cultivées en Algérie. — En Algérie, l'amélioration et l'extension de la production fourragère apparaît à tous les bons esprits comme un des moyens les plus sûrs d'y faire progresser l'agriculture.

En terres irriguées, les colons font surtout de la luzerne, qui, dans ces conditions, fournit des récoltes merveilleuses; dans les terres non arrosables, qui sont de beaucoup les plus étendues, rien n'est plus difficile que de constituer de bonnes prairies; où les terres sont suffisamment riches en chaux, on commence à semer du sainfoin d'Espagne ou *sulla*, légumineuse très répandue à Malte et au sud de l'Italie. Les essais récents poursuivis par M. Knill, aux Amouchas, ont appelé l'attention sur les qualités exceptionnelles de cette plante à laquelle les colons n'avaient pas pris garde, quoiqu'elle fût spontanée dans les terres incultes. M. Ryf, président du Comice agricole de Sétif, qui a visité les champs de sulla de M. Knill, déclare n'avoir jamais rencontré une récolte fourragère aussi riche et aussi puissante.

M. Ryf, qui habite la région des hauts plateaux depuis plus de vingt ans, a tenté, mais sans résultat, d'y acclimater les espèces fourragères d'Europe. Il estime que, pour doter l'Algérie des bonnes plantes de prairies qui lui font actuellement défaut, il suffirait de domestiquer quelques-unes des nombreuses légumineuses ou graminées spontanées dans les régions. Entre autres espèces, M. Ryf a déjà

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

recueilli un sulla à fleurs blanches plus vivace et plus rustique que la variété connue à fleurs rouges, il a récolté en outre une luzerne, une minette, une gesse et un ray-grass.

La luzerne sauvage possède une durée illimitée; elle prospère dans les terrains secs et médiocres, où la luzerne ordinaire refuse de pousser. Quand tout est grillé par la sécheresse, quand la luzerne ordinaire ne végète presque plus, la luzerne sauvage reste verte et pleine de sève.

En dépit de tous ses efforts, M. Ryf n'était jamais parvenu à obtenir une culture régulière de ces nouvelles espèces; les semis échouaient toujours faute de pouvoir faire germer les semences. L'examen de celles-ci nous a appris que ces semences refusent de lever à cause de l'imperméabilité de leur enveloppe. Quand, à l'aide d'un scalpel, on incise le tégument pour livrer passage à l'eau, la germination se produit immédiatement.

En ébouillantant les semences pendant un temps convenable, ou en les faisant passer entre deux meules convenablement réglées de façon qu'elles déchirent le tégument de la graine sans nuire à l'amande, la germination passe de 1, 2 p. 100 à 90 p. 100 et plus.

M. Ryf a été amené également, en 1894, à s'occuper de la production de la betterave fourragère; les résultats obtenus dans des terres non irriguées, c'est-à-dire dans des conditions où cette culture paraissait jusqu'alors impraticable, sont des plus encourageants.

Sur les hauts plateaux, où le thermomètre descend l'hiver jusqu'à 12°, les semis en place de la betterave ont eu lieu le 25 janvier 1894; dans le courant d'avril, une partie fut repiquée par une journée pluvieuse (1).

Au début de la sécheresse, les racines avaient déjà atteint un certain volume qui faisait bien augurer de leur avenir. Les mois de grande chaleur: juillet, août, septembre, furent marqués par un arrêt presque complet de la végétation; beaucoup de feuilles ont été entièrement grillées, de sorte, qu'à la fin de septembre, les pauvres plantes faisaient piteuse mine. Le mois de septembre et le mois d'octobre se passèrent sans pluie. En dépit de ces circonstances exceptionnelles, les rosées de l'automne ont suffi à faire prendre un nouvel essor à la végétation. A la fin de novembre, époque de l'arrachage, M. Ryf fut très surpris de trouver des racines grosses et lourdes qui ont livré 400 quintaux à l'hectare.

A quelques kilomètres d'Alger, à l'École d'agriculture de Rouïba, M. Lépiney institua également des cultures de betteraves fourragères sans irrigation. A Rouïba, les hivers étant doux, les semailles eurent lieu en pépinière dès le 20 septembre. Les betteraves repiquées au 15 novembre ont profité des pluies de l'hiver; fin mai, elles avaient atteint leur complet développement et produisirent, suivant

(1) Ryf, *Rapport sur le champ d'essais du comice agricole de Sétif pour la campagne* 1893-1894.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les variétés, de 193 000 à 221 000 kilog. de racines et 83 000 kilog. de feuilles. Ce sont là de merveilleux résultats, qui n'ont jamais été obtenus en France, même dans les conditions les plus favorables.

La culture de la betterave, si elle se généralisait, ferait faire un grand pas à l'agriculture de l'Algérie.

Dans ce pays, l'absence de fourrage frais dure sept à huit mois, soit en raison de la sécheresse, soit en raison des froids de l'hiver. Pendant cette longue période, les troupeaux sont condamnés à ne consommer que des fourrages grossiers et des pailles indigestes, qui rebutent les appétits les plus robustes et entravent le développement des animaux. L'introduction de la betterave dans les rations transformerait ce régime défectueux.

En Algérie, depuis les Romains, les terres sont livrées presque exclusivement à l'assolement céréales-jachères ; les mauvaises herbes comme la folle avoine, la ravinelle, les chardons tendent à se multiplier dans des proportions telles qu'elles finissent par devenir plus redoutables que tous les autres fléaux réunis. Une plante sarclée, comme la betterave, introduite dans l'assolement, pourrait seule combattre efficacement l'extension des végétaux parasites.

Création d'un blé riche en gluten. — L'amélioration apportée à la culture par suite de l'emploi de bonnes semences et de l'application judicieuse des engrais chimiques élève chaque année la production moyenne du blé. En 1894, des conditions climatériques favorables l'ont portée à 121 millions d'hectolitres : c'est exactement la quantité nécessaire pour notre alimentation et pour l'ensemencement des terres.

Or, depuis le 1er août 1894 jusqu'au 28 février 1895, voici, pour chaque mois, quelles ont été les quantités importées :

1894.	Quintaux.
Octobre	601,907
Novembre	754,098
Décembre	519,487
Janvier	420,276
Février	439,082

Malgré une récolte suffisante, la meunerie n'en continue pas moins à aller chercher du blé à l'étranger. Aux blés indigènes de 1894, elle adresse le double reproche d'être insuffisamment secs et de renfermer une trop faible quantité de gluten.

La moisson de 1894, poursuivie par des temps pluvieux, a livré en effet du grain renfermant un taux excessif d'humidité. C'est là un défaut auquel il serait bien facile de remédier en faisant usage de tourailles analogues à celles qu'on

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

emploie en brasserie, en féculerie, etc. Quant à la pauvreté du blé français en gluten, nos meuniers ne sont que trop disposés à l'exagérer. Il est juste de reconnaître que nos anciens blés de pays étaient supérieurs à ceux qu'on cultive actuellement ; depuis une trentaine d'années, la préoccupation d'obtenir des rendements élevés les a fait remplacer peu à peu, surtout dans les pays de culture intensive, par des variétés plus prolifiques, livrant de gros grains plutôt ronds que longs et riches en amidon plutôt qu'en gluten. A l'origine de leur importation, ces blés, la plupart de provenance anglaise, étaient notoirement inférieurs aux blés étrangers de Russie et d'Amérique. Dans leur nouveau milieu, ces variétés, cultivées dans des terres largement fumées, ne sont améliorées, tandis que les blés étrangers, tirés de terres ne recevant pas d'engrais, ont vu diminuer leur richesse en matière azotée, si bien, qu'aujourd'hui, la différence de richesse en gluten entre les blés étrangers et les blés français n'est pas aussi considérable qu'autrefois. Le regretté M. Gatellier, qui en sa double qualité d'agriculteur et de minotier était mieux placé que personne pour formuler une opinion sur la valeur industrielle de nos blés, prétendait qu'il est possible de faire d'excellente farine en n'employant que des blés français. Pendant deux années, en 1892-1893 et en 1893-1894, il a alimenté rien qu'avec des blés indigènes un moulin de moyenne importance représentant, pour ces deux campagnes, une consommation de 60 000 quintaux de blé. La farine était fabriquée pour la consommation de Paris, reçue, quand cela était nécessaire à la commission des farines douze marques : jamais on n'a constaté que ces farines fussent inférieures à celles des blés étrangers.

De nombreux essais avaient démontré à M. Gatellier l'influence prédondérante qu'exerce la variété sur la richesse en gluten et la bonne qualité du grain ; il chercha alors à créer par des croisements raisonnés de nouvelles variétés de blés à grands rendements, à fondre dans une même race les qualités des anciens blés avec celles des variétés prolifiques d'importation récente.

Commencés en 1884, ces croisements ont abouti à la création de 35 variétés ; 20, ne présentant rien de remarquable, ont été éliminées en 1889, et 4 en 1890.

En poursuivant la culture des 11 variétés restantes, éliminant chaque année les individus défectueux, M. Gatellier est parvenu à en obtenir une, à la fois très prolifique et très riche en gluten, issue d'un croisement entre le Crépy, un ancien blé de pays très recherché par la minoterie, et un blé anglais : le Golden-drop. Il lui a donné le nom de *Crépy Goldendrop*.

Peut-être, parmi les métis encore à l'étude, en découvrira-t-on encore quelques-uns qui donneront à la fois satisfaction aux agriculteurs et aux meuniers.

Les blés Gatellier fussent-ils parfaits, que nous resterions longtemps encore, selon toutes probabilités, tributaires de l'étranger. Systématiquement, les meuniers condamnent les blés nouveaux qui apparaissent sur le marché. Le blé de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Bordeaux par exemple, qui compte aujourd'hui parmi les meilleurs, a d'abord été classé parmi les plus mauvais. La méthode d'appréciation de la valeur des blés ne repose sur aucune base sérieuse, et il serait grand temps qu'une étude consciencieuse, étude à la fois chimique et technologique de nos variétés, fût entreprise sans retard, et mît fin à une ignorance aussi nuisible aux intérêts des meuniers qu'à ceux des agriculteurs.

Chaque jour, on constate qu'un blé recherché sur un point est refusé sur un autre. L'année 1894 nous a fourni l'occasion d'observer ce fait une fois de plus. Un minotier de l'Isère avait introduit dans sa région le blé Riéti très réputé en Italie et très intéressant pour l'agriculture française à cause de sa résistance remarquable à la rouille. Je l'ai soumis à des meuniers de la région de Paris, il a été rangé parmi les poulards, les plus mauvais de nos blés! Or, voici les résultats d'une analyse effectuée à la Station d'essais de semences de deux échantillons de Riéti, que nous avions cultivés comparativement avec d'autres variétés.

Blés du midi.	Teneur en matières azotées. p. 100.	Blés du nord.	Teneur en matières azotées. p. 100.
Blé de Riéti n° 1 . . .	17,27	Dattel	15,95
— — n° 2 . . .	16,61	Blanc de Flandre . . .	13,75
Richelle de Naples. . .	15,90	Goldendrop.	15,53
Noé	14,93	Hallett	14,45
Touzelle de Provence. .	12,44		

Le blé Riéti, considéré comme très inférieur, s'est révélé au contraire comme étant beaucoup plus riche en gluten que les variétés concurrentes.

Amélioration des blés et des orges d'Algérie. — L'Algérie se préoccupe également de l'amélioration de ses blés. M. Trabut, professeur de la Faculté d'Alger, a pensé, qu'au lieu d'importer des variétés européennes, il valait mieux sélectionner les variétés indigènes bien adaptées au climat, et qui se montrent si productives lorsqu'on les cultive convenablement. Au cours de différents voyages à travers l'Algérie entrepris quelques semaines avant la moisson, il a recueilli un certain nombre de variétés à l'étude en ce moment à l'école d'agriculture de Rouïba.

Les blés d'Algérie et de Tunisie, qui sont pour la plupart des blés durs très riches en azote, excellents pour la fabrication des pâtes alimentaires, fournissent des farines qui ne sont pas suffisamment blanches pour la fabrication du pain de luxe; aussi les blés durs se payent-ils un peu moins cher que les blés tendres. Ces différences de prix ont engagé quelques agriculteurs à donner la préférence à ces derniers. M. Bertainchaud, aux environs de Tunis, cultive avec succès la touzelle de Provence; la richelle de Naples promet d'y réussir également. Sous

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ce climat sec et chaud, les blés tendres changent vite de caractère, et force est d'en renouveler fréquemment les semences sous peine de les voir se rapprocher des blés durs.

Avec le blé, l'orge est la principale céréale de l'Algérie et de la Tunisie. Les orges d'Afrique sont bonnes pour l'alimentation du bétail à cause de la richesse de l'amande en azote; on ne peut leur reprocher qu'une grande épaisseur de l'écorce, qui rend la mastication difficile.

Comme orges industrielles, elles sont au contraire franchement mauvaises; les grains allongés, pailleux, de grosseur inégale germent irrégulièrement; l'amande, presque toujours vitreuse, fournit un malt qui se désagrège mal dans la cuve-matière, et livre un moût que sa richesse en matières albuminoïdes rend très altérable; aussi, ces orges ne sont-elles employées que dans les brasseries du midi, du nord de la France et de la Belgique, pour la fabrication des bières inférieures.

M. Thiry, inspecteur de l'agriculture à Tunis, vient d'obtenir, sur de petites surfaces il est vrai, des résultats très encourageants avec l'orge Chevalier, l'orge industrielle par excellence. Nous avons eu l'occasion de les examiner : la couleur en est superbe, comme on pouvait s'y attendre d'orges récoltées par un temps sec; les grains laissaient peut-être à désirer sous le rapport de la grosseur et de l'uniformité. Par des semis plus drus effectués de très bonne heure, on parviendrait sans doute à faire disparaître ces défauts. Sous notre climat, la réussite de l'orge de brasserie est toujours incertaine; il suffit d'une pluie survenant à la récolte pour la détériorer; aussi, les lots de première qualité, toujours très rares, font-ils prime sur le marché, surtout en Angleterre et en Allemagne; on les paye couramment 50 p. 100 plus cher que les orges d'Afrique. On juge par là des bénéfices considérables qu'assurerait aux cultivateurs de l'Algérie et de la Tunisie la production de bonnes orges Chevalier, pouvant entrer en concurrence avec celles du centre et du nord de l'Europe.

Extension de la culture de l'olivier en Tunisie. — Les céréales et les plantes fourragères ne viennent au nord de l'Afrique que sur des terres assez fertiles; les terres déshéritées ne peuvent porter que des arbustes qui doivent à la profondeur de leurs racines la faculté de braver les sécheresses prolongées de l'été. En Tunisie, le service de l'agriculture, sous l'habile direction de M. Bourde, fait les plus grands efforts pour y étendre la culture de l'olivier.

Le sud de la Tunisie, dont les historiens latins et arabes nous ont tracé un tableau fort séduisant, n'offre plus de nos jours le même spectacle.

« Si, de Kairouan, dit M. Bourde, on se dirige soit vers Tebessa à l'ouest, soit « vers Gaffa au sud, soit vers Gabès ou Sfax au sud-ouest, le sol des plaines qu'on « traverse est partout le même. C'est un sable rougeâtre, sur lequel ne pousse,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« par touffes clairsemées, qu'une végétation rare et chétive. On est là au cœur de « l'ancienne Bysacène, province qui a eu jadis une grande réputation de fertilité (1).

Ce sol, d'apparence stérile, aurait été couvert autrefois d'après M. Bourde par une immense forêt d'oliviers. Partant de la mer elle s'avançait vers la frontière algérienne. Elle a laissé sur un parcours de 100 kilom. des vestiges partout visibles. Des arbres, tantôt réunis par petits groupes, tantôt dispersés un à un, ont survécu à l'abandon, et aux destructions systématiques. Les cuves de pierre où l'on dépulpait les olives ; les montants en pierre entre lesquels s'inséraient les barres des pressoirs, les tables sur lesquelles les olives étaient pressées sont restés en place.

Les invasions des Vandales puis des Arabes firent, de cette terre féconde, un véritable désert.

Dans les circonstances actuelles, le chemin à suivre pour rendre à ces régions leur ancienne prospérité apparaît nettement tracé. On ne peut rien faire de mieux que d'imiter les colons romains, et de tenter, avec les précautions convenables, la reconstitution de l'ancienne forêt d'oliviers.

Une circonstance spéciale facilite singulièrement le développement des cultures arborescentes. Un décret du 8 février 1892 abaisse à 10 francs le prix des terres dites *sialines* : aussi, les demandes affluent-elles à la direction de l'agriculture.

Du 8 février jusqu'au 1er juin 1893, 50 000 hectares ont été déjà concédés.

« La plantation d'une olivette se fait habituellement de compte à demi entre un propriétaire et un ouvrier qui prend le nom de M'rharci : l'accord qu'ils forment entre eux s'appelle M'rharca.

« Le propriétaire achète le terrain et avance au m'rharci les sommes nécessaires à l'acquisition d'un chameau et des instruments de culture. Quand les oliviers commencent à donner 4 à 6 litres d'olives, ce qui arrive normalement vers la huitième année, on procède au partage entre le m'rharci et le capitaliste. Les amins (experts indigènes qui sont l'objet d'une désignation officielle) divisent la plantation en deux parts égales, et ces parts sont tirées au sort.

« Chacun des deux anciens associés dispose alors de la moitié à son gré. Quand le propriétaire continue à employer le m'rharci, il lui abandonne un tiers ou la moitié de la récolte de sa part.

« Pour conserver 100 hectares, il faut, puisqu'on partage avec le m'rharci, en planter 200 hectares, ce qui exige une mise de fonds de 10 360 francs, mais comme au moment où se rompt l'association le m'hrarci rembourse, soit en argent soit sur son lot, la moitié des frais, on n'aura dépensé réellement que

(1) Bourde, *Rapport adressé à M. Rouvier, résident général de France à Tunis, sur les cultures fruitières et en particulier sur la culture de l'Olivier.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

5 180 francs; or, quand la plantation sera en plein rapport, à vingt ans, on aura un revenu de 6 800 francs et une propriété d'une valeur de 85 000 francs ».

Ces chiffres ne laissent subsister aucun doute sur les avantages financiers de la culture de l'olivier aux environs de Sfax.

De son côté, M. Zolla (1) se basant sur une enquête faite par une personne très compétente et très au courant de l'agriculture tunisienne, confirme, au moins dans leurs lignes générales, les renseignements du directeur de l'agriculture de Tunis.

Il ressort de cette enquête, qu'avec un capital primitif de 2 880 francs, il est possible de réaliser après dix ans, alors que l'olivette paie seulement ses frais d'entretien, une somme de 7 204 francs, soit un bénéfice de 4 424 francs.

Ces chiffres sont de nature à tenter les agriculteurs qui, avec un petit capital disponible, seraient tentés d'aller se fixer en Tunisie.

ARTS CHIMIQUES

Sur un manuscrit de Gonfreville intitulé « l'Art de la teinture en coton », par M. Jules Garçon, *membre de la Société.*

La bibliothèque de la Société d'Encouragement possède un manuscrit des plus intéressants. Il est intitulé : « *L'Art de la teinture en coton*, dédié à la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, par M. F.-D. Gonfreville (2). *Artem experientia fecit*, 1807. » Le nom de son auteur, Gonfreville, figure avec honneur parmi ceux des lauréats de la Société.

Ce manuscrit renferme des documents très précieux pour l'histoire de la teinture comme pour la pratique du teinturier. C'est même, semble-t-il, l'une des œuvres les plus importantes qui aient été composées sur des questions de teinture. C'est une véritable richesse, et j'ai cru devoir la signaler aux chercheurs et aux industriels.

(1) *Journal d'agriculture pratique*, du 10 mai 1894.

(2) Un ouvrage imprimé de Gonfreville, *l'Art de la teinture des laines en toison, en fil et en tissus* (*a*) est, aujourd'hui encore, l'objet de quelques demandes, et le fait que les libraires sont à l'affût des occasions de se le procurer montre que cette œuvre ne manquait pas de valeur, Antérieurement, Gonfreville avait publié différents mémoires dans le *Technologiste* (*b*). D'ailleurs, l'*Art de la teinture* n'est pas le seul manuscrit qu'il ait écrit, puisque Girardin exprime (*c*) un grand regret « que la plupart des manuscrits laissés par Gonfreville, et déposés dans les archives du Ministère de la Marine et des Colonies, attendent encore l'impression ».

(*a*) 1848, 2e éd. en 1849, avec 128 échantillons.

(*b*) 1846 et 1847.

(*c*) *Leçons de chimie appliquée aux arts industriels*, t. IV, p. 428.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Quelques mots d'abord sur Gonfreville et sur son œuvre. Fils d'un fabricant de Déville, près Rouen, médaillé par la Société d'Encouragement en 1807, il étudie la teinture sous Roard. Son établissement, très important, reçut la visite de Napoléon Ier le 22 mai 1810, et celle de l'impératrice Marie-Louise le 3 septembre 1813. Gonfreville fils se fait connaître par les succès qu'il remporte aux Expositions des produits de l'industrie de 1819 et 1823 (1). En 1827, le gouvernement français décide d'envoyer dans l'Inde un homme habile dans l'art de la teinture, afin d'étudier, pour les transporter dans notre colonie de Pondichéry, la teinture et la fabrication des madras, ainsi que la teinture en bleu et l'apprêt des toiles de Guinée. Il fait choix de Gonfreville : celui-ci accomplit sa mission avec une rare intelligence et un bonheur attesté par des rapports officiels (2).

Gonfreville resta dans les Indes de 1827 à 1832. Non seulement il y remplit avec succès les différentes parties de la mission spéciale qu'il avait reçue, mais encore il rapporta de son voyage une grande quantité de substances employées dans l'Inde pour la teinture et l'impression. La plus importante était le chaya-ver (3). C'est avec cette plante que le rouge des Indes est teint, tandis que le rouge turc l'est avec la garance, et l'on doit à Gonfreville la confirmation de cette notion. En 1832, la Société d'Encouragement lui décerna une médaille d'or de première classe pour ses travaux relatifs à l'emploi de cette matière exotique, le chaya-ver, dans la teinture des étoffes (4). Dans sa séance du 17 octobre 1832, la même Société recevait du Ministre des Travaux publics « une série d'échantillons de teinture obtenus avec le chaya-ver par M. Gonfreville, et était invitée à les faire exposer pendant quelque temps dans l'une de ses salles, et à les transmettre ensuite à M. le Directeur de la Manufacture des Gobelins, où ils doivent être définitivement exposés ».

Gonfreville d'ailleurs, de retour en France, continuait ses recherches et ses expériences sur les matières colorantes qu'il avait rapportées de l'Inde. Il en exposait les résultats en 1846 à la Société d'Encouragement, séance du 23 juillet (5) ; il les développait dans son *Mémoire sur un nouveau système de teinture et d'impression à l'aide de trente astringents et substances colorantes de l'Inde, etc.* (6).

En même temps, il publiait ses mémoires sur la teinture en bleu des toiles

(1) Description des échantillons de teinture envoyés par M. Gonfreville. Exposition de 1823. (*Annales des Arts*, vol. XXI, p. 63-40 et 113-131.)

(2) Rapport de M. Gauthier de Chabry sur les travaux de M. Gonfreville, in *Bulletin* de la Société d'Encouragement, tome XXXI, 1832, p. 204-208.

(3) *Chaya*, qui fixe des couleurs ; *ver*, racine.

(4) *Bull.* de la Soc. d'Encouragement, t. XXXI, 1832, p. 204-208.

(5) *Ibid.*, t. XLIV, 1845, p. 329-330.

(6) Publié en 1845 chez Roret. Cf. *Technologiste*, t. VII, 1846, p. 64.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dites guinées (1), sur la fabrication des mouchoirs de Madras (2), sur la teinture de la soie selon les procédés indiens (3), sur la fabrication des turbans de Maduré (4), et il écrivait l'ouvrage sur la teinture des laines qui l'occupa dix-huit mois, et que, dans la séance du 19 janvier 1848, il demandait à la Société d'Encouragement l'autorisation de publier sous ses auspices (5).

Mais l'œuvre maîtresse, à laquelle Gonfreville consacra ses soins, c'est l'*Art de la teinture en coton*. « L'ensemble de cet ouvrage s'est formé lentement, dit-il dans son introduction (6) : je puis le dater de 1805. »

Une note de cette introduction nous éclaire sur les motifs qui en ont empêché l'impression (7) :

« Le Comité consultatif des Arts et Métiers près le ministère de l'Intérieur, composé, en 1831, de MM. Gay-Lussac, Charles Dupin, Le Gentil, C.-P. Molard, F. Arago, J.-L. Roard, Thénard et Guillard-Senainville, n'a point appuyé la demande faite de l'impression de cet ouvrage à l'Imprimerie royale, en ce qu'il lui a paru *tellement volumineux par l'étendue des descriptions relatives à l'art de la teinture déjà consignées dans quelques autres ouvrages, et par l'abondance des planches qui en font partie, que cette impression occasionnerait une dépense trop considérable* (8) ».

A la suite de cet insuccès, Gonfreville reprit son œuvre sur de nouvelles bases encore plus étendues, et le manuscrit qui nous est parvenu est le résultat de ce nouveau travail. Il le déposa à la Société d'Encouragement en 1845 (9). Mais il le reprit ensuite, pour s'aider à la composition de l'*Art de la teinture des laines*. Le manuscrit resta dans sa famille jusqu'en 1889, date où sa nièce, M^me^ Denis, l'offrit à la Société d'Encouragement, qui le lui acheta.

(1) *Technologiste*, t, VII, 1846, p. 150, 192. Cf. *Bulletin* de la Société d'Encouragement, t. XLV, 1846, p. 257.

(2) *Technologiste*, t. VII, p. 389, 448.

(3) *Ibid.*, t. VIII, p. 17, 54, 102.

(4) *Ibid.*, p. 245, 291.

(5) *Bull.* de la Soc. d'Encourag., t. XLVII, 1848, p.49

Les auteurs du mémoire, *On Some Indian Dyes*, publié dans le *Journal of the Society of Chemical Industry*, 1894, p. 345, ont passé sous silence les études si importantes de Gonfreville antérieures à son traité de la teinture des laines.

(6) P. 183.

(7) P. 220.

(8) Lettre du 30 septembre 1831, n° 8, de M. le comte d'Argout, Pair de France, Ministre du Commerce et des Travaux publics.

(9) « Après avoir recueilli directement, dit-il, dans les manufactures de France, d'Angleterre, d'Écosse et de l'Inde, des documents précis sur les procédés de teinture qui y sont suivis, et tiré de la Chine, du Pégu, de la Hollande, de l'Allemagne, etc., des substances colorantes nouvelles, j'ai réuni le tout dans un corps d'ouvrage commencé en 1827, et dont quelques fragments ont déjà été publiés. » Séance du 10 juin 1845 : *Bull.* de la Soc. d'Encourag., t. XLV, 1846, p. 301-302.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

C'est un immense in-fol. En tête, p. 1 à 11, se trouvent les *Plans de manufactures de divers teinturiers*. Ces plans sont à échelles. Les ateliers relevés sont ceux de MM. Baudry de Saint-Léger, Berrubé de Maromme, Bourcy de Darnétal, Cuit de Déville, Delastre et Peltzer de Saint-Paul, Démarest de Canteleu, Gonfreville de Déville, Le Breton de Le Houlme, Le Maître de Saint-Aubin, Le Marchand de Bapaume, Poitevin de Saint-Hilaire, Tessier et Zetler de Saint-Dié.

Puis vient, pages 13-18, une *Dédicace à la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale*.

Une première partie, pages 19-33, est consacrée à l'*Administration*. Les subdivisions sont : du Chef, des Commis, des Contremaîtres, des Ouvriers, des Apprentis, du Comptoir, du Laboratoire, des Bâtiments, des Ateliers, des Ustensiles.

Les parties suivantes étudient les *Constructions*, pp. 35-71 ; les *Manœuvres*, pp. 83-110 ; les *Règlements*, pp. 121-137 ; les *Ingrédients*, pp. 139-175.

Suit l'*Introduction à l'Art de la teinture*. Gonfreville insiste tout particulièrement « sur la nécessité de n'employer dans la teinture que les agents simples absolument nécessaires à la formation et à la fixation d'une couleur ».

L'exposé de l'art de la teinture comprend quatre parties, consacrées aux *procédés de grand teint* (pp. 321-446) ; à ceux de *bon teint* (p. 447-522) ; à ceux de *petit teint* (p. 523-592) ; aux *procédés divers* (p. 593-658).

Les recettes nombreuses qui servent de conclusion à ces quatre parties sont accompagnées de 1 200 échantillons de couleur, presque tous en coton ; quelques-uns sont figurés par des cercles colorés.

La division qui suit expose les résultats des *essais généraux* de teinture (p. 659-700). Ces résultats sont également représentés au moyen de cercles ou de rectangles colorés.

Une série de douze tableaux donne le relevé :

N° 1. De tous les ouvrages connus sur l'art de la teinture ;
— 2. Des prix de toutes les substances employées en teinture, 1820-1840 ;
— 3. De cent substances principales employées dans les peintures, teintures et apprêts de l'Inde ;
— 4. Des prix fixés pour la main-d'œuvre en cabales de chaque opération de teinture, 1800-1840 ;
— 5. De la tenue des livres d'un atelier de teinture ;
— 6. Des prix de teinture de toutes les couleurs ;
— 7. Des rapports faits par diverses Sociétés industrielles sur les recherches en teinture faites par M. Gonfreville ;
— 8. Du nombre des principaux teinturiers dans les 86 départements de la France ;
— 9. De toutes les substances colorantes employées dans la peinture ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

N° 10. Des principales découvertes faites en teinture depuis 1800;

— 11. Des prix et encouragements offerts ou à offrir pour des recherches et des perfectionnements dans l'art de la teinture;

— 12. Des échantillons d'une série d'essais faits à Déville, en 1833, de la teinture en coton, avec les nouvelles substances colorantes, chaya-ver, gommelaque, indigo-terré, etc., faits sous les auspices de MM. les Ministres du Commerce et de la Marine.

Ces tableaux sont suivis d'un Vocabulaire à l'usage des teinturiers (p. 769-794), et d'un Vocabulaire des couleurs (p. 792).

Un grand nombre de planches au lavis, en couleur, numérotées 1 à 90, mais comprenant plusieurs autres planches intercalées, constituent l'une des curiosités les plus intéressantes de cet ouvrage. Elles représentent (pl. 1), le plan général d'une teinturerie en coton et dépendances; (pl. 2 à 5), les ateliers divers et constructions; (pl. 6 à 14, 16 à 21, 23 à 25, 29 à 34, 36, 39, 40, 44 à 57), les ateliers de la teinture, des apprêts, des passeries, les lavoirs, les étentes, les séchoirs; (pl. 15, 22, 28, 35, 43), les ustensiles; (pl. 26, 37, 38, 82 à 84), les magasins; (pl. 27), les pilons; (pl. 41), le laboratoire et le comptoir; 2 planches intercalées entre les planches 56 et 57, deux vues de l'établissement de M. Gonfreville; (pl. 58), l'atelier pour chiner le coton en écheveaux; (pl. 59), l'atelier des tonnes en noir; (pl. 59′, 59″), les chaudières; (pl. 60, 61), les étentes couvertes; (pl. 62), les sécheries; (pl. 63), les étuves; (64), le lavage, les apprêts et le battage à sec des guinées indiennes; (pl. 64′, 64″), le laboratoire de chimie appliquée à la teinture fondé à Pondichéry par M. Gonfreville, en 1827; (pl. 65), l'atelier d'un peintre de Chites à Pondichéry; (pl. 66), les fourneaux; (pl. 67 à 75, 85), les passeries, le trempoir et le bateau, le pont pour le lavage; (pl. 76, 79, 86 à 89), des ateliers de teinture; (pl. 80), l'atelier pour le blanchîment; (pl. 81), le laboratoire, dit aussi usine des couleurs; (pl. 82), le magasin pour l'emmochage; enfin (pl. 60 *bis* et 90), la visite faite, le 3 septembre 1813, par S. M. l'impératrice Marie-Louise, accompagnée de : 1° la duchesse de Montebello; 2° le maréchal Moncey, et 3° le Préfet de la Seine-Inférieure, M. de Girardin, à l'établissement de MM. Gonfreville père et fils, à Deville, près Rouen. Toutes ces planches, d'un très grand format, sont du plus vif intérêt; sur beaucoup sont figurés un grand nombre de personnages.

A la suite de ces planches, se trouve encore une série de 20 autres planches figurant les couleurs, et un tableau circulaire des principales couleurs représentées en échantillons de coton.

Plusieurs fragments de cette œuvre incomparable ont été publiés dans les divers mémoires de Gonfreville. D'autre part, l'œuvre n'est pas absolument complète : c'est ainsi que, dans l'Exposé de l'art de la teinture, aux Procédés divers (pages 593-658), il n'y a que les recettes d'inscrites (pages 621-658); qu'aux essais généraux (pages 659-700), les pages 671-700 sont seules remplies; enfin, que,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

parmi les tableaux, ceux nos 4 et 6 sont incomplets, et ceux nos 5, 10 et 11 n'ont que le titre.

Malgré ces quelques lacunes, l'œuvre de Gonfreville n'en donne pas moins l'impression d'un travail gigantesque et d'une connaissance approfondie de la pratique.

MÉTALLURGIE

ALLIAGES

ÉTUDE SUR LA CONSTITUTION CHIMIQUE DES ALLIAGES, D'APRÈS LES MESURES DE CONDUCTIBILITÉ ÉLECTRIQUE PAR CALVERT (1), MATTHIESSEN (2), LODGE (3), ROBERTS-AUSTEN (4), KAMENSKY (5). — Extrait par **M. H. Le Chatelier**, *membre du Conseil.*

La conductibilité électrique des alliages a été en Angleterre l'objet d'un grand nombre de recherches importantes. Ces travaux sont peu connus en France; peut-être, malgré leur ancienneté, ne semblera-t-il pas inutile d'en donner un extrait aux lecteurs du *Bulletin.*

Voici l'idée théorique qui conduit à utiliser les mesures de conductibilité électrique pour élucider la constitution chimique des alliages. Les trois hypothèses les plus simples que l'on puisse faire sur la constitution des alliages sont les suivantes :

1° L'alliage est constitué par la juxtaposition de cristaux des différents métaux constituants;

2° L'alliage est constitué comme ci-dessus avec, en outre, des cristaux de certaines combinaisons définies des métaux en présence;

3° L'alliage est constitué par des mélanges homogènes des métaux en présence, d'une nature semblable à celle des mélanges isomorphes ou des verres.

A chacune de ces hypothèses, doit vraisemblablement correspondre une loi définie de variation de la conductibilité électrique en fonction de la composition de l'alliage.

Dans le premier cas, il semble que la conductibilité électrique de chaque alliage doive être la somme des conductibilités que présenterait les métaux constituants pris isolément en quantité égale à celle qui entre dans l'alliage. C'est-à-dire que la courbe des conductibilités en fonction de la composition de l'alliage doit être la droite qui joint la conductibilité des deux métaux purs (la composition étant exprimée par le volume d'un des métaux renfermé dans 100 volumes de l'alliage).

Dans le second cas, la courbe de conductibilité devrait, pour la même raison, être représentée par une ligne brisée composée de deux segments réunissant la conductibilité de chacun des métaux purs à leur combinaison définie.

Enfin, dans le troisième cas, la courbe des conductibilités devrait être une courbe continue reliant la conductibilité des deux métaux isolés.

(1) *Philosophical Magazine*, 1858, tome XVI, p. 545.
(2) *Transactions of the Royal Society*, 1860, vol. CL, p. 161, 1862.
(3) *Philosophical Magazine*, 1879, tome VIII, p. 554.
(4) *Philosophical Magazine*, 1879, tome VIII, p. 57.
(5) *Philosophical Magazine*, 1884, tome XVII, p. 270.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les expériences de Matthiessen, les plus anciennes en date et aussi les plus importantes, ont montré que la première de ces hypothèses se réalisait dans un certain nombre de cas, par exemple pour les alliages deux à deux des métaux suivants :

Plomb, étain, cadmium et zinc.

Les conductibilités observées ne diffèrent que de quelques centièmes de celles calculées par la règle des mélanges. Le diagramme fig. 1 résume les résultats obtenus.

Mais, pour la plupart des alliages, les courbes de conductibilité présentent une allure quine pouvait être prévue *a priori* et qui n'est pas encore expliquée. La courbe, en partant de l'un ou des deux métaux purs, s'abaisse avec une rapidité énorme pour

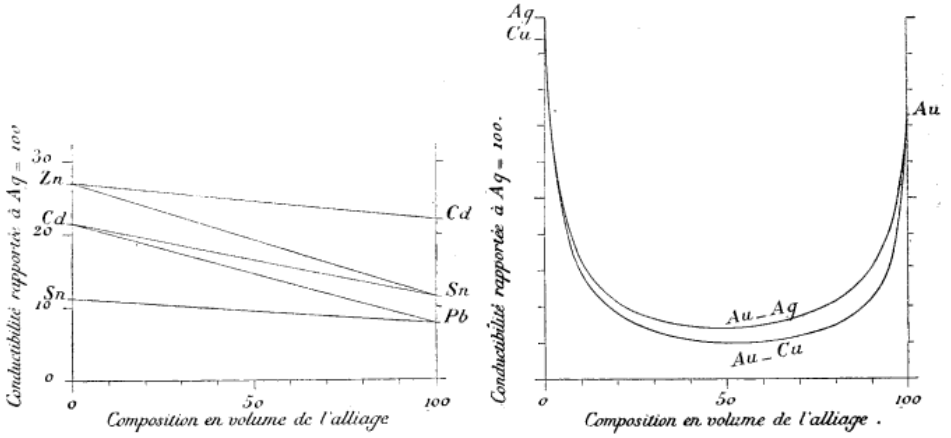


Fig. 1 et 2.

des teneurs très faibles du métal apposé, même s'il est très conducteur. Le tableau suivant donne, pour certains alliages semblables, la comparaison des conductibilités observées ou calculées par la règle des mélanges. Les conductibilités sont exprimées en prenant celle de l'argent égale à 100 :

Composition de l'alliage exprimée en volume.	Conductibilité observée.	Conductibilité calculée.
Ag + 0,93 p. 100 Sn	35,7	99,1
Au + 1,17 p. 100 Sn	19,59	72,16
Ag + 0,89 p. 100 Pb	67,0	99,18

Les diagrammes fig. 2 et 3 donnent quelques exemples de ces courbes de conductibilité :

Pour expliquer les chutes brusques de conductibilité ainsi observées, Matthiessen avait supposé que le métal en excès éprouvait, par le fait de la présence d'une petite quantité d'un corps étranger, une transformation allotropique progressive mais très rapide, qui modifiait considérablement sa conductibilité. Cette hypothèse ne saurait être admise, car une semblable transformation allotropique devrait amener un changement également rapide de toutes les autres propriétés du métal, de sa densité en particulier, et que l'expérience n'a pas confirmé. Par conséquent, cette diminution rapide de la conductibilité des métaux impurs, qui joue, au point de vue pratique, un si grand rôle dans l'établissement des conducteurs électriques, ne peut jusqu'ici, au

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

point de vue théorique, être utilisée dans les recherches sur la constitution chimique des alliages.

Enfin, il est des cas où les courbes de conductibilité présentent des anomalies qui permettent de conclure avec une quasi certitude à l'existence de combinaisons définies. Mais il est indispensable de signaler tout d'abord une erreur commise par la plupart des savants qui se sont livrés à la recherche des combinaisons définies existant dans les alliages. Ils ont admis généralement que, lorsqu'une variation continue dans la

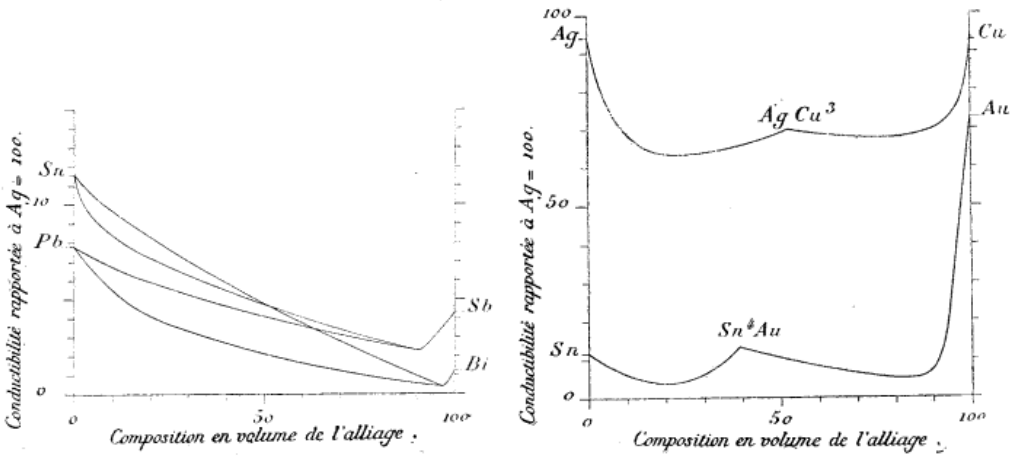


Fig. 3 et 4.

composition d'un alliage donne lieu, pour une certaine composition déterminée, à une discontinuité dans la variation d'un certain nombre des propriétés de l'alliage, cette composition correspondait à une combinaison définie. Or, cette proposition est inexacte; c'est seulement sa réciproque qui est vraie. Le passage par une combinaison définie est bien une cause de discontinuité dans la variation des propriétés de l'alliage, mais il n'est pas la seule : la même discontinuité s'observe pour le passage par les alliages à point de fusion minimum, ou alliages *eutectiques*, qui sont analogues aux prétendus cryohydrates des solutions salines, et, comme eux, sont certainement des mélanges. C'est là l'explication du nombre multiple de combinaisons définies qui ont parfois été signalées pour deux mêmes métaux. Cette erreur a introduit une confusion très grande dans l'étude des alliages métalliques, et a été la principale cause de la lenteur du progrès de nos connaissances dans cette direction (1). Les travaux de Matthiessen, Lodge et Kamensky indiquent d'une façon très nette, par un maximum de conductibilité, l'existence des combinaisons définies suivantes, dont la formule est donnée en équivalents et en atomes, et la composition en poids :

Atomes.	Équivalents.	Compositions en poids.
$SnCu^3$	$Sn\,Cu^3$,	Alliage à 61,8 p. 100 de cuivre (Lodge, Roberts-Austen).
Sn^2Au	$Sn^4\,Au$,	Alliage à 62,9 p. 100 d'or (Matthiessen).
Ag^2Cu^3	$Ag\,Cu^3$,	Alliage à 51 p. 100 de cuivre (Matthiessen).
$SbCu^2$	$Sb\,Cu^4$,	Alliage à 51 p. 100 de cuivre (Kamensky).

(1) La question des alliages eutectiques sera traitée en détail dans une note ultérieure sur la fusibilité des alliages métalliques.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les diagrammes fig. 4, 5 et 6 résument les résultats des expériences de ces savants.

Il serait à désirer que de semblables expériences fussent systématiquement reprises pour un grand nombre d'autres alliages. La réalisation de ces expériences présente une difficulté spéciale, résultant de l'extrême fragilité d'un grand nombre d'alliages qui empêche de les étirer en fils. Matthiessen, pour tourner cette difficulté, agglomérait par l'action d'une forte pression combinée avec la chaleur les alliages finement pulvérisés, de façon à en former des baguettes très minces, comparables à de véritables fils. Mais, outre sa complication, cette méthode échoue pour un grand nombre d'alliages, ce qui a conduit Matthiessen à laisser un grand nombre de ses séries incomplètes.

La méthode employée par Lodge est bien préférable : elle permet de mesurer la

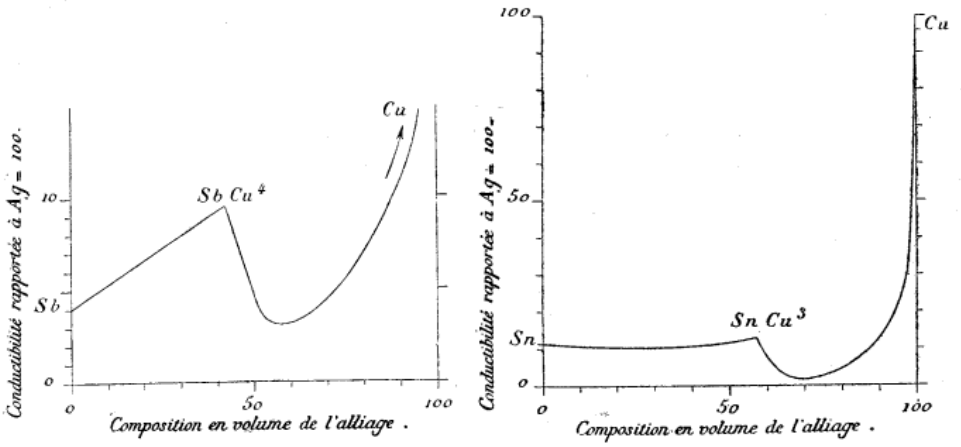


Fig. 5 et 6.

conductibilité sur des barres de dimensions relativement considérables, qui peuvent être obtenues par fusion directe. La barre étudiée et une tige métallique de résistance connue, comparable autant que possible à celle de l'alliage : un fil de cuivre de diamètre approprié par exemple, sont placées dans un même circuit électrique traversé par un courant bien constant. Deux pointes métalliques maintenues à une distance invariable entre elles, bien isolées et reliées aux deux extrémités du fil d'un galvanomètre très sensible à grande résistance, sont appuyées alternativement sur la barre étudiée et sur la tige étalon. Le rapport des déviations observées au galvanomètre est égal au rapport inverse des conductibilités.

Enfin on peut, comme Roberts-Austen et Kamensky, employer la balance d'induction de Hughes, qui utilise l'alliage sous forme de disques plus faciles encore à préparer par fusion que les tiges de la méthode précédente. Mais la précision de cette méthode comporte quelques critiques, tant au point de vue théorique qu'au point de vue expérimental. Son usage ne semble pas devoir être recommandé.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Sur les combinaisons définies des alliages métalliques.

Note de **M. H. Le Chatelier** (1).

L'existence de combinaisons définies dans les alliages métalliques est admise aujourd'hui sans contestation par tous les chimistes, et pourtant il n'y a pas un seul traité de Chimie où l'on indique les combinaisons semblables des alliages usuels, tels que le bronze et le laiton. Il existe cependant peu de combinaisons des métaux, parmi toutes celles que l'on étudie, qui présentent un aussi grand intérêt, tant au point de vue scientifique qu'au point pratique. La raison de cette abstention est facile à concevoir, si l'on se reporte aux Mémoires originaux des savants qui se sont occupés de cette étude; ceux-ci ont, en effet, exclusivement utilisé des déterminations des propriétés physiques dont l'interprétation prête à un large arbitraire et conduit, par suite, souvent à des conclusions contradictoires. Un si grand nombre de combinaisons différentes ont été indiquées, qu'il est assez prudent de les envisager toutes avec un égal scepticisme.

Mais il est possible d'isoler les combinaisons définies des alliages, par des méthodes purement chimiques, qui ne demandent aucune interprétation des faits observés. Je me propose de donner, dans cette Note, quelques applications de cette méthode aux plus importants des alliages de cuivre.

Étain-cuivre, $SnCu^3$. — En fondant du cuivre avec un excès d'étain, et reprenant le culot par de l'acide chlorhydrique concentré et froid, on isole des lamelles cristallines blanches, tout à fait inattaquables à l'acide. Leur composition varie un peu svivant le mode de préparation, par suite de la présence d'étain restant emprisonné entre les lamelles, et échappant ainsi à l'action de l'acide. On obtient les meilleurs résultats en partant d'un alliage riche en étain : deux parties d'étain pour une de cuivre par exemple, et en soumettant les lamelles à une seconde attaque à l'acide chlorhydrique, après les avoir finement broyées au mortier d'agate. La composition du résidu cristallin ainsi obtenu est, à très peu de chose près, celle qui répond à la formule $SnCu^3$.

Cuivre pour 100	
observé.	calculé.
59	61,8

Cette combinaison $SnCu^3$ est une de celles qui avaient été indiquées antérieurement par Calvert, Matthiessen, Riche, Roberts-Austen, Lodge et Laurie, comme résultant d'expériences relatives à certaines propriétés physiques : densité, conductibilité électrique, force électromotrice, liquation, etc. Par contre, les combinaisons $SnCu^2$ et $SnCu^4$, indiquées également par certains de ces savants, semblent ne pas avoir d'existence réelle, et résulter seulement d'une fausse interprétation de certaines données expérimentales.

Zinc-cuivre, Zn^2Cu. — En fondant du cuivre avec un excès de zinc et reprenant le culot par de l'acide chlorhydrique très dilué, on voit se séparer d'abord les aiguilles cristallines blanches, qui prennent bientôt une couleur bronzée, et finissent par s'attaquer complètement en laissant un résidu de cuivre pulvérulent. On peut les isoler à peu près inaltérées, en immergeant le culot métallique obtenu par fusion à poids égaux de cuivre et de zinc dans une pâte

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 16 avril 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de chlorure de plomb, et laissant l'attaque poursuivre pendant une huitaine de jours. En enlevant la masse de plomb spongieux produit, on retrouve le culot inaltéré en apparence; en fait, le zinc libre s'est dissous : il reste un agrégat poreux de petits cristaux, dont la composition répond à la formule Zn^2Cu.

Cuivre pour 100	
observé.	calculé.
32,2	32,9

Cette formule est celle à laquelle était arrivé Laurie par les mesures des forces électromotrices.

Alluminium-cuivre, AlCu. — En fondant du cuivre avec un excès d'aluminium, et reprenant le culot par de l'acide chlorhydrique ou de la potasse très dilués, on isole des cristaux d'abord blancs, qui prennent bientôt une couleur bronzée par suite de leur attaque superficielle. Les résultats ont été les meilleurs avec la potasse; ils ont conduit à attribuer à l'alliage défini la composition AlCu :

Cuivre pour 100	
observé.	calculé.
71,3	69,7

Il n'avait pas été fait jusqu'ici de recherches sur les combinaisons définies de cuivre et d'aluminium.

Chrome-zinc. — En cherchant à préparer du chrome par une méthode indiquée autrefois par Wöhler, qui consiste à faire fondre du zinc avec un mélange de chlorures alcalins et de sesquichlorure de chrome, j'ai obtenu des lamelles hexagonales parfaitement cristallisées, d'un alliage de chrome et zinc renfermant 7 p. 100 de chrome métallique. Pour les isoler du zinc en excès, on peut employer l'acide chlorhydrique très dilué, qui les attaque moins rapidement que le zinc et permet d'en recueillir une petite quantité; mais le rendement est beaucoup plus élevé en employant la pâte de chlorure de plomb. Il faut, dans ce cas, envelopper le culot dans une feuille de papier-filtre, pour retrouver les cristaux qui sont complètement séparés et se perdraient, sans cela, dans la masse du plomb spongieux.

On pourrait certainement isoler ainsi, dans tous les cas, les combinaisons définies des alliages métalliques, à condition de les produire en présence d'un excès du métal le plus attaquable et d'attaquer le culot métallique par un réactif approprié, dont la nature peut être déterminée *a priori* par des mesures de force électromotrice faites par la méthode de Laurie.

Ces combinaisons métalliques sont dures et cassantes, comme les phospuhres, les sulfures, les carbures; elles ne participent en rien à la malléabilité des métaux constituants. C'est ce fait qui donne l'explication de la dureté des alliages que l'on obtient en réunissant des métaux aussi mous que le cuivre, d'une part, et l'étain, le zinc, l'aluminium, de l'autre. »

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Extraits par **M. Masse**, *ingénieur civil des mines.*

INFLUENCE PHYSIQUE DE DIVERS ÉLÉMENTS SUR LE FER

Extrait d'un mémoire de M. J.-O. Arnold, **de Sheffield**, *Iron and Steel*, I, 1894.

Le but de la partie des recherches de M. Arnold résumée ci-dessous est de répondre, s'il est possible, à la question suivante :

« L'influence des éléments étrangers sur le fer est-elle soumise à une *loi périodique*, comme le pense *M. Roberts-Austen* (1) ? »

L'auteur pense que le problème ne peut être convenablement résolu que par un procédé de recherches, rejeté à tort par Roberts-Austen à cause de ses complications, et consistant à préparer et à étudier comparativement des séries d'alliages d'un fer pratiquement pur avec des quantités déterminées (1 à 2 p. 100) d'éléments variés.

Le fer choisi comme base de ces alliages fut le plus pur qu'on put trouver, il avait pour composition :

Carbone	0,030
Silicium	0,020
Manganèse	0,070
Soufre	0,005
Phosphore	0,015
Fer (par différence)	99,860

Les alliages étaient coulés dans des moules en fonte, de manière à obtenir une solidification rapide et à éviter qu'il ne se forme, par liquation, des portions inégalement riches en éléments alliés.

Les lingots pesaient chacun $9^{kil},3$; ils mesuraient 75 centim. de longueur et 44 millim. sur 44 millim. de section ; ils furent laminés en barres cylindriques de 25 millim. de diamètre.

Exceptionnellement, l'alliage contenant du soufre, ne se laminant pas, fut coulé dans un moule réfractaire en 4 barres de 30,5 centim. de long sur 38 millim. de diamètre ; mais il fut comparé plus tard à du fer pratiquement pur coulé exactement de la même manière.

Les soufflures furent évitées grâce à l'addition, dans le creuset même, quelques instants avant la coulée de chaque alliage, de 0,1 p. 100 d'aluminium pur.

Dans la composition des alliages, on s'est efforcé de ne pas dépasser 0,1 p. 100 de carbone, 0,05 p. 100 de silicium, 0,1 p. 100 de manganèse, 0,02 p. 100 de soufre, et 0,02 p. 100 de phosphore ; d'ailleurs, dans la plupart des cas, on a obtenu une pureté plus grande encore.

Il faut observer cependant que, dans l'alliage de manganèse, on n'a pas pu éviter une proportion un peu forte de silicium due au creuset ; et que, dans l'alliage de chrome, la teneur en carbone est aussi un peu élevée.

Le tableau suivant donne les compositions chimiques et les poids spécifiques des divers alliages ; les analyses ont été faites sur des échantillons prélevés dans le cœur même de chaque alliage ; les résultats en sont donnés à 0,01 p. 100 près ; les poids spécifiques ont été déterminés sur des blocs polis, de 25 millim. de longueur sur 16 millim. de diamètre, par pesées successives dans l'air et dans l'eau.

(1) Bulletin de septembre 1893, p. 645.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Tableau I. — Compositions chimiques et Poids spécifiques des alliages.

NUMÉROS	ALLIAGES.	ÉLÉMENT SPÉCIAL P. 100	CARBONE P. 100	MANGANÈSE P. 100	SILICIUM P. 100	SOUFRE P. 100	PHOSPHORE P. 100	ALUMINIUM P. 100	FER P. 100	POIDS spécifiques
1	Fer (laminé).	99,87	0,04	0,02	0,03	0,02	0,02	» »	**99,87**	7,8477
2	Fer (fondu) .	99,82	0,08	0,01	0,04	0,03	0,02	» »	**99,82**	7,8478
3	Nickel. . . .	1,51	0,11	0,09	0,03	0,03	0,02	0,02	98,39	7,8538
4	Manganèse .	1,29	0,10	**1,29**	0.37	0,02	0,02	0,03	98,17	7 8269
5	Cuivre. . . .	1,81	0,10	0,08	0,04	0,02	0,02	0,03	97,90	7,8661
6	Chrome. . .	1,10	0,17	0,02	0,02	0,02	0,02	0.03	98,62	7,8486
7	Tungstène. .	1,41	0,08	0,14	0,02	0,02	0,02	0,02	98,29	7,9141
8	Aluminium. .	1,85	0,03	0,04	0,05	0,02	0,02	**1,85**	97,99	7,6756
9	Silicium. . .	1,94	0,08	0,11	**1,94**	0,02	0,02	0,06	97,77	7,7328
10	Arsenic . . .	1,57	0,04	0,01	0,03	0,02	0,03	0,03	98,28	7,8690
11	Phosphore. .	1,36	0,07	0,02	0,03	0,02	**1,36**	0,03	98,47	7,7978
12	Soufre . . .	0,97	0,08	» »	0,03	**0,97**	0,02	0,03	98,85	7,6903
13	Acier à outils.	**1,35**	**1,35**	0,28	0,08	0,02	0,02	0,04	98,21	7,8128

ESSAIS MÉCANIQUES

Dans une étude telle que celle en cours, il est de première importance que les essais comparés soient strictement comparables. L'auteur s'est efforcé d'obtenir ce résultat; et, d'abord, il donne les définitions d'un certain nombre de termes qu'il emploiera couramment par la suite.

On appellera *barres normales* des barres laminées qui, après avoir été portées à une température légèrement supérieure à 1 000° C., se sont refroidies à l'air. De la sorte, l'alliage recristallise, et on peut faire disparaître les distorsions des cristaux qui pourraient s'être produites pendant les dernières passes au laminoir, si la température du métal était descendue au-dessous de 750° C.

Le terme de *recuit* s'appliquera à des barres maintenues pendant 72 heures environ à une température un peu supérieure à 1 000° C., et soumises ensuite à un refroidissement lent pendant une centaine d'heures. L'échauffement s'effectue dans un creuset couvert contenant un mélange de sable blanc et de terre à feu; le refroidissement a lieu dans un four luté.

On donnera le nom de *barres trempées* à des barres qui, préalablement portées à une température un peu supérieure à 1 000° C., auront subi un refroidissement brusque par immersion dans l'eau froide (on donnera plus loin quelque détails sur les procédés employés). L'auteur rappelle, à ce sujet, qu'il a indiqué antérieurement (*Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers*, 1891, p. 585) l'existence de deux sortes de trempes :

1° une trempe intercristalline ou *trempe brittle*, qui laisse le métal relativement doux, attaquable à la lime, mais le rend facilement cassant sous l'influence d'un choc brusque ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2° Une trempe moléculaire ou *trempe abrasion*, après laquelle le métal résiste à la lime, mais est aussi très exposé à se rompre dans l'essai au choc.

La *loi périodique* consiste à admettre que le pouvoir durcissant des divers éléments sur le fer est en raison inverse du volume atomique de ces éléments. Le volume atomique, défini comme quotient du poids atomique par le poids spécifique, serait donc la caractéristique de l'influence des corps dans leurs alliages avec le fer. Les substances de volume atomique inférieur à celui du fer auraient, sur ce métal, une action durcissante; ceux dont le volume atomique est supérieur auraient une action adoucissante. Les divers métaux se classeraient alors comme suit :

ÉLÉMENTS DURCISSANTS		ÉLÉMENTS ADOUCISSANTS	
NOMS	VOLUMES ATOMIQUES	NOMS	VOLUMES ATOMIQUES
Carbone	3,6	Chrome	7.7
Bore	4,1	Tungstène	9,6
Nickel	6,7	Silicium	11,2
Manganèse	6,9	Arsenic	13,2
Cuivre	7,1	Phosphore	13,5
Fer	7,2	Soufre	15,7

Toutes les pièces d'essai employées dans les recherches qui vont suivre ont été prises dans les parties centrales des barres primitives, de manière à éviter, autant que possible, que l'oxydation extérieure ne vienne fausser les résultats ; ces précautions furent surtout nécessaires lorsqu'on prolongea l'échauffement du métal, dans le but de mettre en évidence l'effet maximum du recuit.

ESSAIS A LA TRACTION

Les essais à la traction furent faits au moyen d'une machine Wicksteed à simple levier. Les barres avaient 51 millim. de longueur et un peu plus de 14 millim. de diamètre ; les résultats observés sur les alliages normaux sont consignés ci-après :

Les 11 premiers échantillons provenaient de barres laminées, les deux derniers de barres fondues.

On voit que les alliages sont généralement plus durs que le fer pur, qui offre une ductilité remarquable. L'essai de l'alliage de manganèse n'a pas toute la valeur qu'on aurait pu en attendre, à cause de la forte proportion de silicium qu'il contient (0,37 p. 100); il est probable que, dans des circonstances plus régulières, le manganèse aurait accusé des effets analogues à ceux du chrome et du tungstène.

Il est intéressant de noter les effets notablement différents du phosphore et de l'arsenic, qui sont cependant analogues sous bien des rapports.

A remarquer aussi l'influence du soufre, mise en évidence par la comparaison de l'alliage sulfureux et du fer pur, fondu et coulé comme cet alliage.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Tableau II. — Essais à la traction sur des alliages normaux.

ALLIAGES	ÉLÉMENT SPÉCIAL P. 100	CARBONE P. 100	FER P. 100	TOTAL des impuretés P. 100	LIMITE d'élasticité P. $^{m}/_{mq.}$	EFFORT maximum P. $^{m}/_{mq.}$	Allongement P. 100	RÉDUCTION de SECTION P. 100	OBSERVATIONS SUR LA FRACTURE, ETC.
					k	k			
Fer pur. . .	99,87	0,04	99,87	0,13	22,7	34,3	47,0	76,5	Finement grenue, grise.
Carbone. . .	1,35	1,35	98,21	0,44	73,3	90,6	5,0	5,6	Finement cristalline.
Nickel. . . .	1,51	0,11	98,19	0,30	35,4	42,2	35,3	62,0	Fin. grenue, stries entrecroisées.
Manganèse .	1,29	0,10	98,17	0,54	35,8	50,6	35,0	65,0	Finement grenue, grise.
Cuivre. . . .	1,81	0,10	97,90	0,29	48,5	54,8	30,5	62,2	— —
Chrome . . .	1,10	0,17	98,62	0,28	31,1	42,8	40,0	72,1	— —
Tungstène. .	1,41	0,08	98,29	0,30	31,5	42,9	42,5	76,6	— —
Aluminium. .	1,85	0,03	97,99	0,16	35,8	42,5	35,0	63,7	Fibreuse.
Silicium . . .	1,94	0,08	97,77	0,29	32,1	49,9	36,0	62,4	Presque à angles droits.
Arsenic . . .	1,57	0,04	98,27	0,16	28,0	42,6	28,5	34,1	25 p. 100 grise et grenue, 75 p. 100 cristalline
Phosphore. .	1,36	0,07	98,47	0,17	45,6	45,6	0,0	0,0	Largement cristalline.
Soufre. . . .	0,97	0,08	98,85	0,16	04,0	04,0	0,0	0,0	Grenue et brillante.
Fer fondu. .	99,82	0,08	99,82	0,18	22,5	31,6	16,0	33,8	Grossière et gris pâle.

Les influences du cuivre et du phosphore sont, au point de vue de la loi périodique, particulièrement intéressantes. Le cuivre, dont le volume atomique est très voisin de celui du fer, devrait avoir peu ou pas d'action; il a pourtant durci considérablement le métal. Le phosphore, qui, théoriquement, aurait dû adoucir très fortement le métal, l'a, au contraire, durci de façon notable.

Tableau III. — Essais de flexion à froid sur alliages trempés ou non.

ALLIAGES	ÉLÉMENT SPÉCIAL P. 100	CARBONE P. 100	FER P. 100	TOTAL des impuretés P. 100	VOLUME atomique de l'élément spécial.	ANGLES DE FLEXION		
						MÉTAL TREMPÉ	MÉTAL NORMAL	MÉTAL RECUIT
Fer.	99,87	0.04	99,87	0,12	7,2	Plié 2 fois.	»	»
Nickel. . . .	1,51	0,11	98,19	0,30	6,7	Plié 2 fois.	»	»
Manganèse . .	1,29	0,10	98,17	0,54	6,9	Plié 2 fois.	»	»
Cuivre	1,81	0,10	97,90	0,29	7,1	Plié 2 fois.	»	»
Chrome	1,10	0,17	98,62	0,28	7,7	Cassé à 103°.	Plié 2 fois.	»
Tungstène. . .	1,41	0,08	98,29	0,30	9,6	Plié 2 fois.	»	»
Aluminium . .	1,85	0,03	97,99	0,16	10,5	Plié 2 fois.	»	»
Silicium. . . .	1,94	0,08	97,77	0,29	11,2	Plié 2 fois.	»	»
Arsenic	1,57	0,04	98,27	0,16	13,2	Cassé à 29°.	Fendu à 180°.	Plié 2 fois.
Phosphore. . .	1,36	0,07	98,47	0,17	13,5	Non plié.	»	Non plié.
Soufre	0,97	0,08	98,85	0,16	15,7	Non plié.	»	Non plié.
Fer fondu. . .	99,82	0,08	99,82	0,18	7,2	Fendu à 125°.	»	Plié 2 fois.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

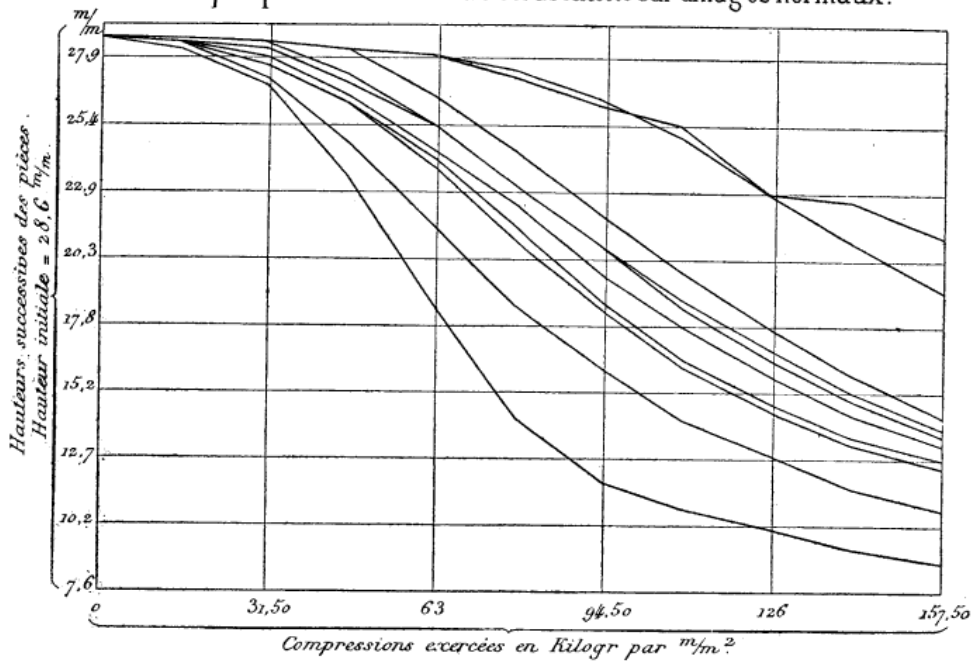
Tableau IV. — Essais à l'écrasement sur alliages normaux Graphique (N) ou trempés Graphique (T)

ALLIAGES.	ÉLÉMENT SPÉCIAL P. 100.	CARBONE P. 100.	ÉCRASEMENTS P. 100 POUR (kil. par m/m)										OBSERVATIONS.
			31. k 5.		63 k.		94.5 k.		126 k.		157.50 k.		
			N	T	N	T	N	T	N	T	N	T	
Fer. . . . N	99,87	0,04	5,8		25,2		43,8		55,3		62,4		Surface lisse, pièce saine.
— . . T	—	—		1,3		12,8		30,5		43,8		52,2	Surface lisse, pièce un peu fendue.
Carbone. . N	1,35	1,35	1,3		3,0		8,4		20,0		33,0		Surface lisse, pièce saine.
— . . T	—	—		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	
Nickel. . . N	1,51	0,11	3,5		17,3		35,8		49,1		57,0		Surface lisse, pièce saine.
— . . T×	—	—		0,0		3,0		17,3		33,6		44,3	Surface lisse, pièce un peu fendue.
Manganèse N	1,29	0,10	1,3		11,5		27,9		43,0		52,7		Surface lisse, pièce à peine fendue.
— . . T	—	—		»		»		»		»		»	»
Cuivre. . . N	1,81	0,10	1,3		8,0		22,1		38,5		49,6		Surface lisse, pièce très peu fendue.
— . . T	—	—		»		»		»		»		»	»
Chrome. . N	1,10	0,17	4,0		17,3		35,4		48,7		57,0		Surface lisse, pièce presque saine.
— . . T⫽	—	—		0,0		0,5		0,5		5,8		20,5	
Tungstène. N	1,41	0,08	3,5		17,3		35,9		48,7		56,6		Surface lisse, pièce un peu fendue.
— . . T	—	—		»		»		»		»		»	»
Aluminium N	1,85	0,03	3,1		15,9		34,5		48,2		56,2		Pièce fendue, surface rugueuse.
— . . T	—	—		»		»		»		»		»	»
Silicium. . N×	1,94	0,08	2,2		12,0		27,5		41,2		50,5		Surface rugueuse, pièce saine.
— . . T⫽	—	—		0,0		2,7		11,5		23,9		35,0	Surface rugueuse, pièce un peu fendue.
Arsenic. . N	1,57	0,04	3,0		15,5		31,4		44,6		53,0		Pièce saine, surface rugueuse.
— . . T×	—	—		0,0		12,3		27,0		40,3		49,1	Pièce fendue, surface rugueuse.
Phosphore N	1,36	0,07	0,7		3,0		8,9		20,8		26,1		Pièce saine, surface rugueuse.
— . . T⫽	—	—		0,0		0,9		5,8		13,6		23,0	Pièce un peu fendue, surface rugueuse.
Soufre . . N	0,97	0,08	6,7		36,7		58,4		65,0		69,5		Pièce aplatie, brisée, partiellement désagrégée.
— . . T	—	—		»		»		»		»		»	»
Fer fondu. N	99,82	0,08	6,2		26,1		44,7		55,3		61,5		Surface un peu rugueuse.
— . . T	—	—		»		»		»		»		»	»

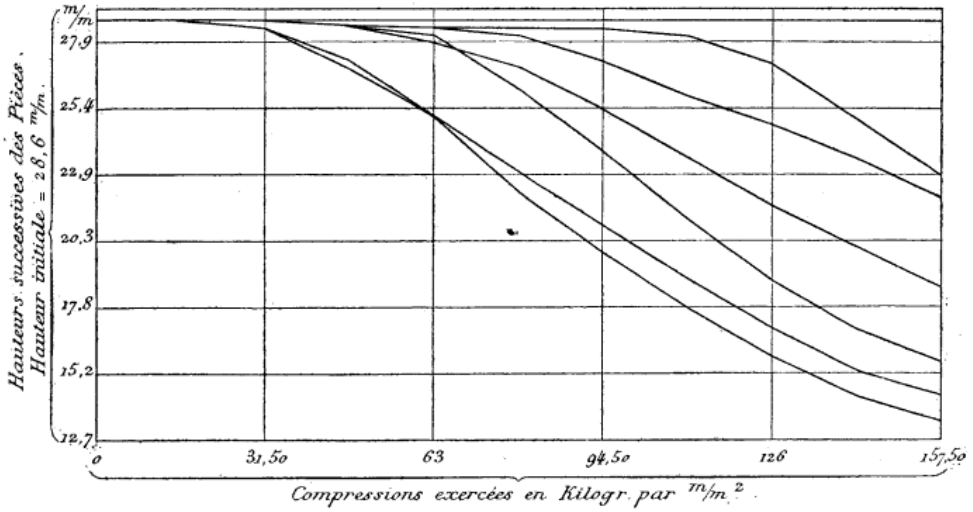
(×) Ces pièces n'ont pas conservé la forme circulaire, elles se sont bombées.
(⫽) Ces pièces se sont déjetées hors de la verticale.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Graphique N _ Essais à l'écrasement sur alliages normaux.



Graphique T _ Essais à l'écrasement sur alliages trempés.



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ESSAIS DE FLEXION

Les résultats les plus instructifs qui aient été fournis par ces essais sont ceux relatifs aux alliages trempés. L'opération de la trempe fut conduite de la manière suivante : les lingots, de masse relativement faible, furent portés à une température bien supérieure au point critique (1 000° C. environ), dans un moufle à coupellation, puis plongés dans une grande quantité d'eau froide et agités vivement jusqu'à complet refroidissement. La température d'immersion a été, d'après l'auteur, certainement supérieure à 1 000° C.; on l'évaluait au moyen de la fusion de boutons en argent et en cuivre.

Les barres d'essai avaient 125 millim. de longueur et $15^{m}/_{m},5$ de diamètre.

Les dix premiers essais ont été faits sur des barres préalablement laminées, les deux derniers sur des barres non laminées.

On doit remarquer tout d'abord que les trois alliages trempés contenant du nickel, du manganèse et du cuivre, métaux considérés comme des durcissants, ont plié deux fois sans laisser apparaitre aucun signe de fracture. Au contraire, les alliages contenant de l'arsenic, du phosphore ou du soufre, éléments réputés très adoucissants, se sont brisés lorsqu'on a voulu les plier.

On voit, de plus, que le recuit a notablement augmenté la ductilité du fer fondu et de l'alliage arsenical, mais non pas celle des alliages phosphoreux ou sulfureux.

ESSAIS A LA COMPRESSION

Les essais à l'écrasement furent faits au moyen d'une machine Wicksteed ; des échantillons ayant une section de 1 cent. carré 6, furent soumis à des pressions croissantes, dont le maximum fut uniformément de 25,3 tonnes. Les barreaux avaient 14,3 millim. de diamètre et 28,6 millim. de long ; à chaque accroissement de pression de 25,3 tonnes, on faisait, au vernier, une lecture ; le vernier donnait aisément le $\frac{1}{40}$ de millim.

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau IV, p. 394, et, de plus, les graphiques N et T, p. 395, les mettent en évidence pour les alliages normaux et pour les alliages trempés.

L'alliage sulfureux semble ici être le plus doux de toute la série ; mais il faut observer qu'il a été très difficile d'obtenir une pièce d'essai de cet alliage, parce que, quoique très doux, il était si carrié, qu'on avait beaucoup de peine à le tourner.

Dans cet essai, comme dans les précédents, le fer pur, normal ou trempé, conserve sa supériorité au point de vue de la ductilité.

Pour les alliages normaux, les éléments les plus durcissants semblent être surtout le phosphore et le carbone, mais le durcissement n'est pas considérable. Pour les alliages trempés, on est frappé de l'importance considérable du carbone, dont l'influence durcissante est infiniment plus grande que celle de tous les autres éléments ; après lui, les corps les plus durcissants semblent être le phosphore et le chrome : encore faut-il ajouter que l'alliage de chrome contient notablement plus de carbone que les autres.

Les alliages normaux de nickel, de chrome et de tungstène ont donné des résultats

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tellement analogues que leurs courbes se confondent; les différences entre leurs écrasements respectifs n'excédant jamais, pour une même charge, $\frac{1}{8}$ de millim.; on constate, d'ailleurs, une nouvelle analogie de ces alliages dans les reproductions microscopiques des sections.

Dans les alliages trempés, le faible durcissement produit sur le fer par l'arsenic, le nickel et le silicium est sans doute la conséquence de la faible teneur en carbone durcissant d'une part, et de l'altération de la structure cristalline d'autre part.

Enfin, le peu d'importance de la trempe *abrasion* produite sur les autres alliages peut être mis en évidence par ce fait : qu'après le durcissement le plus énergique, ils peuvent être tournés et limés sans difficultés comme des tôles marchandes ordinaires, sauf, bien entendu, l'alliage phosphoreux.

INFLUENCE DE L'ALUMINIUM SUR L'ÉTAT DU CARBONE DANS LES ALLIAGES DE FER ET DE CARBONE

Extrait d'une communication de M. T.-W. Hogg (Iron and Steel. II, 1894).

I. Des alliages contenant des proportions variables d'aluminium furent obtenus au moyen d'une *fonte blanche de Suède* ayant pour composition :

Carbone graphite		0,400
Carbone combiné		3,270
Carbone total	3,67	
Silicium		0,480
Manganèse		0.110
Soufre		0,010
Phosphore		0,065
Fer (obtenu par différence)		95,665
		100,000

Les différents alliages ont été préparés de la façon suivante : Les métaux, fondus séparément dans des creusets d'argile (sauf pour l'alliage à 1 p. 100 d'aluminium), furent mélangés et coulés, puis l'ensemble fut à nouveau fondu et coulé.

La coulée étant faite dans deux moules distincts, l'un en fonte, l'autre en sable vert, on obtint, pour chaque alliage, deux lingots ayant subi l'un un refroidissement rapide, l'autre un refroidissement lent.

Le tableau I, p. 398, donne les résultats des analyses faites sur les divers lingots; tous les chiffres qui y sont indiqués ont été directement déterminés, à l'exception du carbone combiné, qui a été obtenu par différence (carbone total — graphite).

Il faut remarquer que la plus grande modification dans l'état du carbone est obtenue par une addition de 1 p. 100 d'aluminium, qui fait passer la presque totalité du carbone à l'état de graphite. Au contraire, pour des proportions plus grandes d'aluminium, le carbone repasse à l'état de carbone combiné, et d'autant plus qu'il y

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

a plus d'aluminium : 12 p. 100 de ce métal, ajoutés dans ces conditions, donnent un alliage dans lequel presque tout le carbone est à l'état de carbone combiné. C'est ce qu'exprime clairement le graphique suivant :

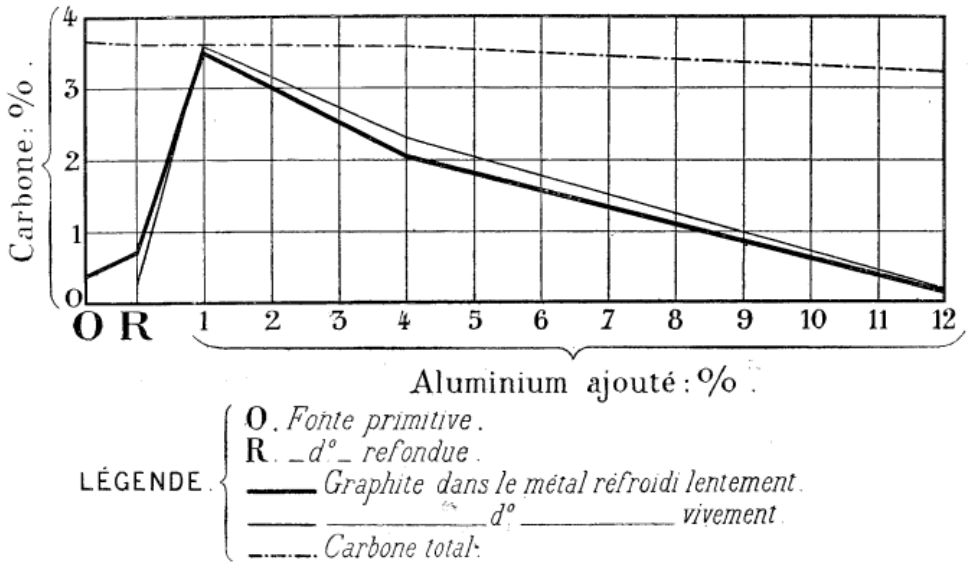


Tableau n° 1. — Influence de l'aluminium sur une fonte blanche de Suède.

COMPOSITION.	FONTE BLANCHE DE SUÈDE.				ALLIAGE à 1 p. 100 d'Al.		ALLIAGE à 4 p. 100 d'Al.		ALLIAGE à 12 p. 100 d'Al.	
	PRIMITIVE.		REFONDUE.							
	refroidie vivement.	refroidie lentement.	refroidie vivement.	refroidie lentement.	refroidi vivement.	refroidi lentement.	refroidi vivement.	refroidi lentement.	refroidi vivement.	refroidi lentement.
Carbone graphite .	»	0,40	0,25	0,67	3,54	3,48	2,25	2,05	0,16	0,16
Carbone combiné. .	»	3,27	3,37	2,95	0,08	0,14	1,33	1,53	3,09	3,09
Carbone total. . . .	»	3,67	3,62	»	3,62	»	3,58	3,58	3,25	»
Silicium.	»	0,48	0,45	0,45	0,50	0,50	0,42	0,42	0,40	0,40
Manganèse.	»	0,11	»	»	0,16	»	»	»	0,13	»
Aluminium. . . .	»	0,00	0,00	0,00	0,92	»	4,05	»	12,20	»

II. *M. Hadfield* a décrit (*Iron and Steel*, II, 1890) une intéressante expérience, dans laquelle de l'aluminium ajouté à une *fonte miroitante* altéra notablement l'état du carbone et l'apparence de la cassure. Mais on sait que la fusion prolongée d'un spiegeleisen peut donner naissance à un alliage plus ou moins graphitoïde, dans lequel la proportion de silicium est importante par rapport à celle d'aluminium.

Il a semblé intéressant de comparer un alliage contenant seulement de l'alumi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nium (4 p. 100) et un autre obtenu en ajoutant au premier 16 p. 100 de manganèse. Comme précédemment, on a coulé deux lingots de chaque alliage, l'un dans de la fonte, l'autre dans du sable vert. Les résultats sont consignés dans le Tableau n° 2.

Tableau n° 2. — Influence de l'aluminium sur une fonte manganèse.

COMPOSITION.	ALLIAGE A 4 P. 100 D'ALUMINIUM.				LE MÊME REFONDU AVEC 16 P. 100 DE Mn.	
	PRIMITIF.		REFONDU.			
	refroidi vivement.	refroidi lentement.	refroidi vivement.	refroidi lentement.	refroidi vivement.	refroidi lentement.
Carbone-graphite. .	2,68	1,67	2,79	3,01	2,28	0,77
Carbone-combiné. .	1,33	2,34	1,19	0,97	1,89	3,40
Carbone total. . . .	4,01	4,07	3,98	»	4,17	»
Silicium	0,69	0,62	0,80	0,80	1,08	1,08
Manganèse.	0,20	»	»	»	15,80	15,80
Aluminium.	3,86	»	2,15	»	2,92	»

On voit que les principales variations dans l'état du carbone se manifestent lorsque le métal est refroidi lentement.

C'est ainsi que la quantité de graphite, qui augmente sensiblement dans le métal refondu sans manganèse (3,01 au lieu de 1,67), diminue au contraire dans le métal manganésifère (0,77 au lieu de 1,67).

Il faut remarquer encore l'influence anormale du mode de refroidissement sur cet alliage de fer, de carbone, de manganèse et d'aluminium. Si le refroidissement est rapide, on obtient une fonte nettement grise (2,28 de graphite); s'il est lent, on obtient une fonte presque absolument blanche (0,77 de graphite).

III. Pour déterminer l'influence de l'aluminium sur un alliage riche en silicium, on mélangea le ferro-silicium et l'aluminium fondus séparément. Par deux coulées en moules distincts, on obtint des lingots refroidis hâtivement ou lentement. Les résultats ont été les suivants :

Tableau n° 3. — Action de l'aluminium sur un ferro-silicium.

COMPOSITION.	ALLIAGE PRIMITIF DE Fe ET DE Si.	LE MÊME REFONDU AVEC 4 P. 100 D'Al.	
		refroidi vivement.	refroidi lentement.
Carbone-graphite	2,05	2,08	1,67
Carbone-combiné	0,19	»	0,41
Carbone total.	2,24	2,08	»
Silicium.	9,47	7,80	»
Manganèse	3,56	2,94	»
Aluminium	»	3,70	»

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On constata un grand changement dans le grain de l'alliage : le métal refroidi lentement présentait de nombreuses soufflures, tandis, qu'au contraire, l'alliage hâtivement refroidi donnait une cassure parfaitement franche et saine.

IV. *Discussion.* — *M. Howe* dit avoir trouvé, à la suite d'un grand nombre d'essais, que, dans certaines conditions, le manganèse, au lieu de diminuer la proportion de graphite (ce qui est son rôle ordinaire) la favorise ; il ajoute que ce fait est maintenant utilisé commercialement pour la fabrication de certains articles en fonte.

Il pense de plus que la séparation plus grande du graphite dans le métal refroidi rapidement n'est pas un fait unique, spécial aux alliages alumino-manganésifères, mais qu'il existe plusieurs autres cas dans lesquels une solidification hâtive favorise la formation de graphite.

M. Turner s'associe aux conclusions de *M. Howe* quant à l'action du manganèse, qui, dit-il, rend ordinairement les fontes blanches, mais qui, exceptionnellement, ajouté en faible quantité, les peut rendre grises.

USAGE DE LA DOLOMIE DANS LES HAUTS FOURNEAUX

Extrait des « Transactions of the American Institute of Mining Engineers » [Meeting de Bridgeport].

Les expériences de Ledebur avaient établi que les laitiers basiques et les silicates alumineux calcaires retenaient une plus grande quantité de soufre que les silicates alumineux magnésiens.

Aujourd'hui, *M. Firmstone* montre que la réduction du soufre peut très bien être obtenue en substituant la dolomie au calcaire. Par exemple, le métal tenant 0,01 à 0,09 p. 100 de soufre, et le coke tenant 0,60 à 0,75 p. 100 de soufre, on prit, comme fondant, de la dolomie au lieu du calcaire. Ces deux substances avaient les compositions suivantes :

	Chaux.	Magnésie.	Silice.	Alumine et fer.
Calcaire.	44,52	5,45	7,18	non dosés
Dolomie.	30,42	20,95	2,07	1,27

Les laitiers, avant et après le changement, avaient pour composition :

	SILICE	ALUMINE.	CHAUX.	MAGNÉSIE.	PROTOX. DE FER.	SULFURE DE CALCIUM.
Avant.	39,95	5,48	47,39	5,38	0,94	non dosé
Après.	37,82	4,05	35,46	19,88	0,74	1,82
	38,37	3,98	35,18	19,48	1,22	1,53

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Quelques analyses montrant les proportions de silicium et de soufre contenues dans la fonte avant et après le changement sont groupées dans le tableau ci-après :

PROPORTIONS DE SILICIUM		PROPORTIONS DE SOUFRE	
AVEC CALCAIRE.	AVEC DOLOMIE.	AVEC CALCAIRE.	AVEC DOLOMIE.
0,539	0,414	0,087	0,045
0,676	0,681	0,091	0,070
0,813	0,818	0,039	0,041
1,150	1,140	0,059	0,025
1,320	1,300	0,026	0,016

L'opinion générale, en Grande-Bretagne, est contre l'usage du calcaire magnésien suivant l'avis de Percy et autres spécialistes.

L'auteur pense que cela tient à la présence, dans les laitiers anglais, d'une proportion d'alumine plus grande que dans les laitiers américains; il en résulterait la formation d'un spinelle de chaux, magnésie et alumine, qui, ne se dissolvant pas de suite dans le laitier, diminue sa fusibilité. Cette opinion, appuyée sur plusieurs analyses, tend à faire supposer que la proportion d'alumine ne doit pas dépasser 10 p. 100 quand il y a beaucoup de magnésie en jeu.

DU SILICIUM DANS LA FONTE (*Iron and Steel*, n° 2, 94.)

En observant un certain nombre d'analyses de fonte, *H. Rubricius* [Chemicher Zeitung, vol. 18] constata de telles différences dans le pourcentage de silicium qu'il fut amené à les attribuer à des variations réelles de composition du métal et non à des erreurs d'analyses.

Cette manière de voir a été confirmée par des essais résumés ci-après; la proportion de silicium p. 100 est minima près du fond du creuset du haut-fourneau; elle croît jusqu'au voisinage du trou de coulée des laitiers.

L'accroissement est graduel, et peut dans certains cas atteindre et dépasser 1 p. 100.

NUMÉROS DES ESSAIS.	SILICIUM P. 100.						
	1	2	3	4	5	6	7
I.	1,13	1,15	1,15	1,19	1,33	1,40	1,42
II.	1,38	1,44	1,45	1,60	1,63	1,72	1,79
III.	1,15	1,34	1,43	1,57	2,17	2,18	2,20
IV.	1,49	1,50	1,54	1,66	1,82	1,84	1,88
V.	1,95	2,09	2,13	2,45	2,70	2,72	2,76
VI.	1,81	1,83	1,84	1,86	1,89	2,16	2,20
VII.	2,72	2,74	2,77	2,79	2,85	2,88	2,89
VIII.	2,46	2,48	2,50	2,53	2,54	2,58	2,60

Ces quelques essais font ressortir l'importance d'un échantillonnage exact des fontes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ANALYSE CHIMIQUE DU CARBONE TOTAL DANS LES FONTES OU LES ACIERS

(*Extrait de l'Oesterreichisse Zeitschrift für Berg-und-Hüttenvesen*, vol. 42.)

M. L. Schneider propose pour déterminer le carbone total un procédé nouveau consistant à mélanger le métal avec du plomb et du cuivre et à opérer la combustion directe de ce mélange dans un courant d'oxygène.

L'adjonction des deux métaux sus-indiqués rend possible la combustion sans qu'il soit nécessaire d'avoir une température trop élevée.

En effet, lorsque la limaille, mélangée à du plomb et à du cuivre pulvérulents, est portée au rouge puis soumise à l'action d'un courant d'oxygène, le plomb et le cuivre s'oxydent avec rapidité, et déterminent l'oxydation simultanée de la limaille à étudier. Les oxydes de plomb et de cuivre jouent ici le rôle d'oxydants vis-à-vis du fer, et c'est à ce titre que l'addition de ces deux métaux est avantageuse.

Dans ces conditions, l'opération peut être faite dans un tube à combustion ordinaire, dans lequel on introduit une capsule de porcelaine contenant :

3 grammes de la limaille à étudier :
2,5 grammes de cuivre. . . . . } 10 grammes.
et 7,5 grammes de plomb. . . . . }

Le plomb pulvérulent est obtenu par le procédé ordinaire usité dans tous les laboratoires d'essais. Le cuivre finement divisé est obtenu par réduction, dans un courant d'hydrogène, d'un oxyde dû à l'action combinée de la chaleur et d'un courant d'oxygène sur la tournure de cuivre.

ARTS MÉCANIQUES

ÉVALUATION DE L'HUMIDITÉ DE LA VAPEUR, *par le professeur* **W. Cawthorne Unwin** (1).

La détermination du degré d'humidité de la vapeur est des plus importantes dans les essais de machines et de chaudières, mais elle est aussi des plus difficiles.

L'eau renfermée dans la vapeur — entraînée ou suspendue — peut provenir des trois sources suivantes :

1° *Eau projetée* dans la chambre de vapeur de la chaudière pendant l'ébullition et entraînée dans le courant de vapeur. L'humidité de la vapeur ainsi produite dépend de l'intensité de l'ébullition, de l'étendue du plan d'eau, du volume de la chambre de vapeur, de la position de la prise de vapeur, de la densité de la vapeur et probablement surtout de la qualité de l'eau et de sa tendance à mousser. — D'après M. Thornycroft, l'eau qui crache ou prime dans les chaudières mousse toujours pendant l'ébullition : cette eau, quand elle est très mauvaise, produit des bulles persistantes, qui peuvent arriver à remplir toute la chambre de vapeur, de sorte qu'il sort alors de la chaudière un mélange de vapeur et de mousse, qui s'en sépare dans la suite sous forme d'eau, tandis, qu'avec de l'eau pure, il ne se produit pas de bulles entraînées par la vapeur.

2° *Eau condensée* de la vapeur par sa détente, par suite des variations de pression

(1) *Institution of Naval Architects*, février 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

au passage de la vapeur d'un espace en haute pression dans un autre à basse pression, ou par suite des appels de vapeur irréguliers. Cette cause ne peut guère occasionner, ordinairement, que très peu d'humidité.

3° *Refroidissement* de la vapeur par rayonnement de la chaudière ou des tuyaux. La condensation de ce fait est parfois assez importante et constante : indépendante, pour une installation donnée, de la dépense de vapeur, de sorte que l'humidité qui en résulte diminue quand cette dépense augmente.

Méthodes de détermination de l'humidité de la vapeur.

1° *Par pesées.* — Connaissant la densité de la vapeur d'eau saturée d'après les expériences de Regnault : la différence entre le poids d'un volume donné de vapeur et celui de ce même volume saturé en donne l'humidité. C'est le principe des méthodes proposées par *Guzzi* et par *Knight*, dont l'application est extrêmement difficile.

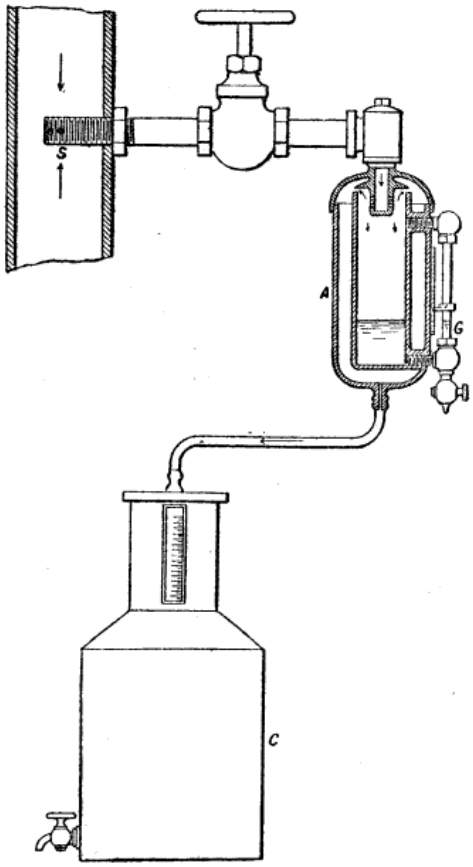


Fig. 1. — Séparateur *Carpenter*.

2° *Par séparation.* — Il faut, pour séparer suffisamment la vapeur de son eau entraînée, employer un petit séparateur, comme celui de *Barrus* ou de *Carpenter*, qui consiste (fig. 1) en un récipient cylindrique A, d'environ $0^m,60$ de haut et 125^{mm} de diamètre; la vapeur humide de S traverse, suivant les flèches, d'abord l'intérieur puis l'enveloppe de ce séparateur, auquel elle abandonne son eau, dont le niveau s'indique en G, en même temps que son poids w; de sorte que, si l'on désigne par W le poids de vapeur condensée en C, son humidité x est donnée par la formule $x = \frac{W}{W+w}$ Le condenseur C ne doit communiquer avec l'enveloppe de A que par un très petit orifice, et être pourvu d'un niveau de jauge bien exact, gradué à la température de 45°. En outre, comme les variations du volume du condenseur avec la température influencent considérablement les lectures, il faut le placer directement sur une bascule. D'après M. Carpenter, aux essais de Sibley College, son appareil aurait donné des résultats très exacts avec de la vapeur tenant de 1/4 p. 100 à 60 p. 100 d'eau. C'est un appareil très simple, n'exigeant ni thermomètre ni manomètre.

3° *Par condensation.* — Le rapport de la chaleur latente de condensation d'un poids donné de la vapeur essayée à celle du même poids de cette vapeur saturée, d'après

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les tables de Regnault, permet évidemment d'en déduire l'humidité : c'est le principe de la méthode de *Hirn* (1859). Son appareil se composait (fig. 2) d'un condenseur en fer C, d'environ $0^m,30$ de diamètre, fermé par un couvercle lâche, avec un petit serpentin $S\,G$, recevant la vapeur en S par un mince orifice, et l'amenant dans l'eau de condensation. Le condenseur était suspendu à une balance hydrostatique H, que l'on équilibrait par des poids w, de manière à en ramener l'aiguille au même point après qu'avant la condensation ; de sorte que, à la fin de l'opération, le condenseur avait reçu w kil. de vapeur humide, renfermant $(1-x)w$ d'eau, et xw de vapeur sèche. Il en résulte que, si l'on désigne par t, i et f, la température de la vapeur et les températures initiale et finale de l'eau du condenseur, et par W le poids de l'eau primitivement dans le condenseur + le poids de ce dernier converti en eau, l'humidité x de la vapeur est donnée par la formule :

$$x = \frac{W(f-i) - w(t-f)}{(606{,}5 - 0{,}70\,t)}$$

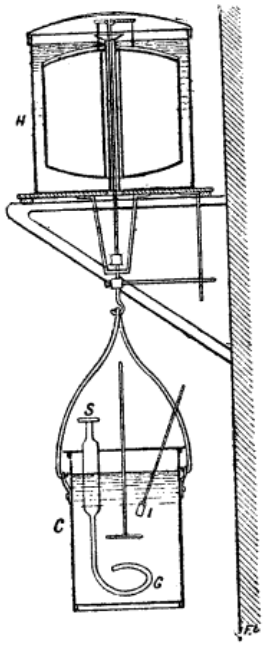


Fig. 2. — Appareil de *Hirn*.

Mais il faut, pour arriver à quelque exactitude avec ce procédé, employer des thermomètres très sensibles, donnant le 20^e de degré, peser avec beaucoup de précision le condenseur, et s'arranger de manière que la température initiale i et la température finale f de son eau s'écartent de la température ambiante de la même quantité : l'une en moins et l'autre en plus. La correction pour le rayonnement du condenseur pendant que l'on fait marcher l'agitateur s'établit comme il suit : soient f_1 la température durant les deux minutes pendant lesquelles on emploie l'agitateur, et f_2 la température deux minutes plus tard ; la température f, à la fin de la condensation, est de $f = 2\,f_1 - f_2$. Dans les essais de Hirn, on avait, en moyenne, $i = 15°$, $f = 43°$, et x variait de 2 1/2 à 5 p. 100, tout en atteignant, dans certains cas, 12 et 16 p. 100.

Cette méthode par condensation a été souvent employée depuis 30 ans, parfois, surtout en Amérique, avec des appareils très rudimentaires et des résultats contradictoires. Willans, dans ses essais de machines sans condensation, a cherché à éviter les causes d'erreur de cette méthode en opérant sur une grande échelle. Le bac condenseur, qui pesait près de 3 tonnes, était posé sur une bascule ; on l'équilibrait par le poids curseur de la bascule ; on ajoutait sur le plateau un poids de 52 kil. ; le *hundredweight* anglais, puis on équilibrait de nouveau le fléau ; on enlevait ce poids, on notait la température, et l'on condensait de la vapeur jusqu'au retour du fléau à sa position d'équilibre, annoncée par un signal électrique ; on agitait l'eau, et l'on notait de nouveau la température. On trouva ainsi, pour la moyenne de l'humidité de la vapeur, environ 1 p. 100, entre des limites allant de 0 964 à 1 007, et des résultats légèrement discordants, dont quelques-uns indiquaient une surchauffe pratiquement impossible.

En résumé, cette méthode, théoriquement exacte, est bien difficile à pratiquer en raison de la grande difficulté d'évaluer les corrections à faire pour la chaleur absorbée par le bac condenseur, le rayonnement et la perte par évaporation du condenseur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

4° *Méthode par condensation continue.* — Cette méthode a été employée principalement par MM. Barrus et Hoadley. La vapeur et l'eau condensante étant fournies à l'appareil d'une façon continue, le condenseur ne tarde pas à prendre une température constante, facile à évaluer exactement.

La condensation s'opère par mélange ou par surfaces.

La vapeur passe, dans le premier cas (fig. 3) de son tuyau *S* au petit éjecteur *I*, où elle se mélange à l'eau de condensation du réservoir *A*, puis elle se renddans le bac *B*, posé, comme *A*, sur une bascule, et dont la différence des poids après un certain temps donne le poids de la vapeur condensée pendant ce temps.

Le condenseur par surfaces consiste (fig. 4) en un récipient traversé par une circulation d'eau constante. Comme la surface condensante est aussi invariable, il en est

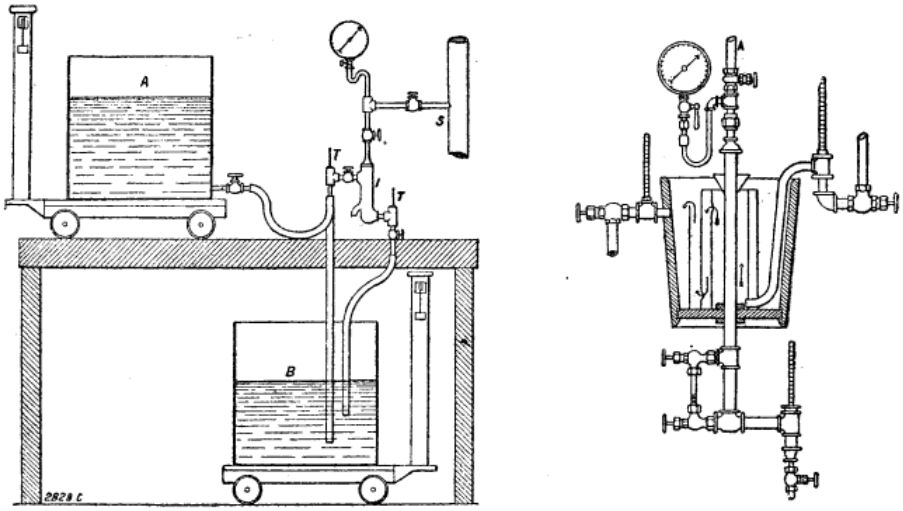


Fig. 3 et 4. — Appareils à condensation continue, *Barrus* et *Hoadley*. Condensation par mélange et par surfaces.

de même de la condensation par unité de temps et de l'élévation de température de de l'eau de condensation. La vapeur condensée est évacuée uniformément du condenseur, en même temps qu'on relève les poids et les températures de l'eau de circulation.

Cette méthode, qui parait devoir être plus exacte que la précédente, exige des appareils trop compliqués, et ne s'est pas répandue.

5° *Méthodes par surchauffe.* — Vers 1890, M. G. H. Barrus proposa un calorimètre dans lequel la vapeur traversait une chaudière à enveloppe de vapeur surchauffée, qui la séchait et la surchauffait aux dépens de sa chaleur. Pour éviter les pesées de vapeur, on essaya de faire traverser le calorimètre et l'enveloppe par des poids égaux de vapeur, de manière à pouvoir calculer l'humidité de la vapeur en partant des températures seules; mais cette méthode, théoriquement exacte, paraît très difficile à mettre en pratique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

6° *Méthode par laminage.* — Dans cette méthode, la vapeur est légèrement surchauffée par son laminage ; elle a été proposée par M. Peabody, puis appliquée par M. Barrus et d'autres. Avec l'appareil de Barrus (fig. 5), la vapeur passe de A dans la chambre B au travers d'une très petite ouverture : d'environ 1^m 1/2, de sorte que sa pression tombe en B à peu près à celle de l'atmosphère. Les chambres A et B sont bien protégées du rayonnement par des enveloppes d'amiante et de feutre. Après 20 minutes environ d'écoulement de la vapeur, les températures indiquées par les thermomètres T T restent à peu près constantes. Soient t_1 et t_2 ces température en A et en B, et t_3 la température de la vapeur saturée à la pression de B, de sorte que la vapeur de B ait été surchauffée de $t_2 - t_3$ par le laminage. On a alors, en désignant par

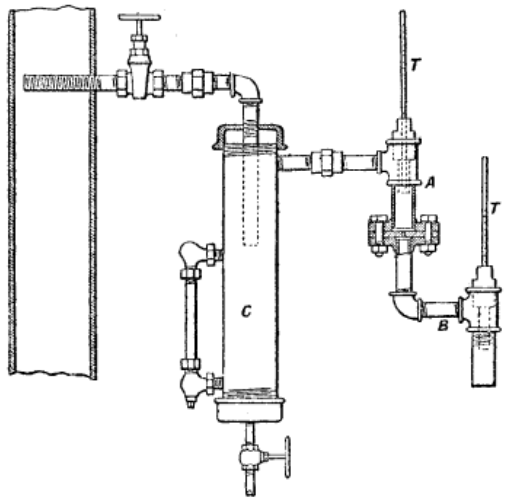


Fig. 5. — Appareil à laminage *Barrus*.

L_1 et L_3 la chaleur latente de la vapeur à $t_1°$ et à $t_3°$, et en prenant la chaleur spécifique de l'eau égale à l'unité et celle de la vapeur à 0,48, l'expression :

$$x = \frac{t_3 - t_1 + L_3 + 0{,}48\,(t_2 - t_3)}{L_1},$$

donnant l'humidité x en fonction des températures seules, sans pesées, et avec la faculté d'opérer sur de grandes masses de vapeur en écoulement continu. Si la vapeur est très humide, t_2 tombe à 100° environ, ce qui montre que le laminage jusqu'à la pression atmosphérique est insuffisant pour sécher la vapeur. Pratiquement, l'humidité x ne doit pas dépasser celles indiquées au tableau ci-contre.

Pression initiale absolue. k	Température. t_1	Humidité. x
2,10	121°	0,80
4,9	149°	2,44
9,5	177°	4,21
17,3	205°	6,13

Deux conditions sont essentielles pour le succès de cette méthode. La Chambre B doit être assez grande pour que les tourbillons de la vapeur cessent avant sa sortie,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et le rayonnement doit être suffisamment évité pour que la vapeur ne s'y refroidisse pas sensiblement; condition facile à remplir en raison de la grande quantité de vapeur qui traverse l'appareil.

7° *Séparation et laminage combinés.* — Afin d'étendre la méthode précédente, M. Barrus la complète par l'addition d'un séparateur C, (fig. 5) dans lequel la vapeur abandonne une partie de son humidité; mais il faut alors peser la vapeur et cette condensation, ce qui rend l'emploi de l'appareil extrêmement compliqué.

Dans une modification de l'appareil, la précipitation dans le séparateur peut s'évaluer par un tube de niveau pourvu d'un robinet d'évacuation ou de réglage; mais il faut néanmoins ajouter à l'appareil un condenseur permettant de mesurer l'écoulement de la vapeur aux différentes pressions, ce qui est une grande complication. En outre, l'appareil est disposé de manière qu'il soit impossible d'en détacher le séparateur.

8° *Deuxième méthode par surchauffe.* — Dans le procédé suggéré par M. Cummins, on remplit un récipient de la vapeur à essayer, puis on le chauffe au moyen d'une enveloppe, et l'on observe l'augmentation de sa pression sous volume constant. Dès que la vapeur cesse d'être saturée et se surchauffe, la pression augmente moins rapidement; on observe avec soin la température t_2, à laquelle se produit ce changement. Soient t_1 la température initiale de la vapeur; v_1 et v_2 les volumes spécifiques de la vapeur saturée correspondant à t_1 et à t_2 : l'humidité initiale x de la vapeur est donnée par l'expression $x = \frac{v_2}{v_1}$. Cette méthode, exacte en principe, et dont l'application ne paraît pas irréalisable, ne semble pas avoir été appliquée (1).

9° *Méthodes chimiques.* — Ajoutons à l'eau de la chaudière un sel soluble en quantité suffisante pour produire une salure donnée, puis alimentons ensuite avec de l'eau pure. Si la vapeur est sèche, la salure de l'eau de la chaudière ne variera pas, tandis qu'elle s'abaissera si la chaudière crache. Cette méthode a été employée depuis les expériences de Mulhouse, en 1859, sous les trois formes suivantes :

(*a*) On détermine les variations de la salure par l'analyse de prises d'eau faites au tube de niveau, au travers d'un serpentin refroidi de manière que la température de l'eau soit abaissée à 100° à sa sortie, afin d'éviter toute évaporation susceptible de changer le degré de salure. Il faut, bien entendu, veiller à ce que le niveau de la chaudière soit le même à chaque prise.

(*b*) On condense un poids donné de vapeur dans un condenseur à surface, et l'on détermine la quantité de sel présente dans l'eau condensée. Il faut faire un grand nombre de prises, si l'on veut déterminer exactement l'humidité moyenne de la vapeur

Dans le procédé Escher, on alimente la chaudière avec de l'eau à une salure donnée constante. Par la marche de la chaudière, cette salure se concentre constamment; mais, si la chaudière prime, cette concentration s'arrête quand le primage enlève autant de sel que l'alimentation en introduit. Connaissant cette salure limite et le débit de l'alimentation, on peut en deduire l'eau entraînée par le primage, et, même sans atteindre cette limite, évaluer approximativement ce primage par les variations de la salure. Cette méthode paraît théoriquement exacte pour l'évaluation du primage, mais on n'en connait pas d'application pratique.

(1) *Trans. of the North East Coast Institution of Engineers and Shipbuilders*, 1893, vol. IX, 223.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

D'après un grand nombre d'applications des procédés (*a*) et (*b*), M. Unwin est arrivé aux conclusions suivantes :

1° Ces méthodes ne donnent, en général, que 1/5 p. 100 pour l'humidité de la vapeur, chiffre bien inférieur à celui que donnent les autres méthodes, principalement parce que la salure ne peut indiquer que l'humidité due au primage seul, et non celle due souvent à la condensation de la vapeur par rayonnement, etc.;

2° Les résultats des essais faits simultanément sur une même chaudière par les procédés (*a*) et (*b*) ne concordent pas, ce qui jette un certain doute sur l'exactitude pratique de la méthode en général;

3° Dans les cas de primages mécaniques très violents, les résultats sont extrêmement variables. C'est ainsi que, dans un essai du Dr Bunte, le procédé (*b*) a donné des humidités variant de 0 à 1,1/2 p. 100, avec une moyenne de 3/4 p. 100, tandis que le procédé (*a*) donnait 1,7 p. 100. Avec le procédé (*a*), il est évidemment difficile d'assurer, comme il le faut absolument, une dissolution uniforme du sel dans toute l'eau de la chaudière, en raison de ce que l'alimentation se fait toujours au même point. Avec le procédé (*b*), il est difficile de condenser assez de vapeur pour assurer l'exactitude des moyennes.

On a prétendu que les méthodes par dissolution étaient préférables pour les essais de chaudière, puisqu'elles permettaient d'évaluer le primage seul, et presque directement, tandis que les autres méthodes, qui donnent l'humidité totale de la vapeur, convenaient mieux aux essais de moteurs. D'abord, il est douteux que ces méthodes donnent exactement le primage; et, même dans ce cas, ce raisonnement ne serait pas juste, car il faut, pour évaluer le rendement d'une chaudière, savoir quelle est la proportion de l'eau d'alimentation qui en sort à l'état de vapeur. La quantité de chaleur réellement utilisée dépend en effet de l'humidité totale de la vapeur au sortir de la chaudière, d'où que vienne cette humidité : du primage ou du rayonnement de la chambre de vapeur. La seule différence à établir entre les essais de chaudières et de machines, c'est que la vapeur doit être prise, dans le premier cas, tout près de la chaudière, et, dans l'autre, tout près de la machine.

En conséquence, d'après M. Unwin, *il faut renoncer aux méthodes chimiques* comme difficiles et inexactes, sauf, peut-être, dans le seul cas d'une chaudière sujette à un primage violent. Le procédé (*a*) pourrait être employé dans ce cas, parce qu'il donne, en somme, la moyenne du primage pendant un temps assez long, et parce que, si l'humidité de la vapeur est grande, les principaux défauts de la méthode s'atténuent, notamment la difficulté de s'assurer des prises représentant bien la moyenne de l'eau de la chaudière.

Il faut aussi *rejeter les méthodes par condensation* ou par évaluation de la chaleur totale, à cause de la difficulté d'en faire les observations avec assez d'exactitude.

En fait, il ne reste en présence que deux méthodes qui paraissent remplir les conditions nécessaires : les procédés par laminage et par séparation; elles disposent d'appareils bien disposés, et n'exigent que des observations simples.

Vérification du calorimètre de laminage. — L'application de cette méthode est si facile qu'il importait d'en vérifier l'exactitude par l'essai d'un échantillon de vapeur de composition connue, et, principalement, de voir si la petite perte de chaleur au rayonnement abaissait d'une façon appréciable la température de la vapeur dans la chambre de surchauffe. Après avoir surchauffé la vapeur dans son trajet vers le calorimètre à laminage, on note si le changement de température dans l'appareil correspond

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à celui que donnent par le calcul les quantités de chaleur en jeu. On se servit d'un petit surchauffeur chauffé au gaz et traversé par la vapeur, qui se trouvait ainsi à l'état surchauffé dans les deux récipients de l'appareil.

Soient p_1 la pression dans la première chambre A (fig. 5) avant le laminage; t_1, la température de saturation correspondante; t'_1, la température réelle de la vapeur. Cette vapeur est entrée dans l'appareil avec une surchauffe de t'_1-t_1 degrés. Désignons par $p\ t_2\ t'_2$ la quantité correspondant à $p_1\ t_1\ t'_1$ dans la chambre B. Après laminage, la vapeur était surchauffée du t'_2-t_2. Comme la chaleur totale par kilogramme est la même dans les autres chambres, on a l'équation :

$$0{,}305\,t_1 + 0{,}48\,(t_1' - t_1) = 0{,}305\,t_2 + 0{,}48\,(t'_2 - t_2)$$

d'où :

$$t' - t_2 = 0{,}346\,(t_1 - t_2)$$

Les manomètres donnent $t_1 - t_2$, et l'on peut comparer le $t'_1 - t'_2$ observé avec la valeur ainsi calculée : on a toujours trouvé une concordance presque parfaite, montrant que le rayonnement ne réduit que très peu la température en B, et qu'on peut, sans en tenir compte, évaluer l'humidité de la vapeur à 0,1 p. 100 pm.

Vérification du séparateur d'eau ou sécheur C. (fig. 5). — Dans les essais fait au Central Technical College, ce séparateur enlevait de 4,4 à 9 p. 100 d'eau, et la vapeur laminée n'en dénotait plus que 0,4 à 0,2 p. 100; de sorte que, même avec de la vapeur très-humide, le séparateur évaluait l'humidité à 0,5 p. 100. Dans le calorimètre Carpenter (fig. 1), le courant de vapeur est moins rapide, et le séparateur mieux isolé, de sorte que son action est plus parfaite. D'après M. Carpenter, le séchage serait complet.

Essai comparatif d'un appareil lamineur et d'un séparateur. — Cet essai a été fait en bifurquant le même courant de vapeur sur les deux appareils. On obtint des résultats concordants, mais un peu plus forts, avec le laminage, peut-être parce que, le courant de vapeur au lamineur étant beaucoup plus puissant, il entraînait ainsi un peu plus d'eau. Il se produisit pendant ces essais un fait intéressant. La vapeur arrivait à l'appareil par un branchement de 9 mètres de long. Avec le séparateur seul, on trouvait 13,82 p. 100 d'humidité, et 3,93 p. 100. seulement avec les deux appareils ensemble; différence attribuable à la condensation produite par les 9 mètres de tuyaux sur le très faible courant nécessaire au séparateur : condensation presque nulle au contraire avec le gros courant nécessaire pour les deux appareils. De même, la condensation doit être, de ce fait, dans les stations de moteurs à vapeur, d'autant plus forte que les machines fonctionnent à moindre charge, et cette augmentation de la condensation par kilogramme de vapeur est certainement l'une des causes du mauvais rendement des machines en faible charge.

Conclusions. — En général, le calorimètre lamineur sans séparateur est préférable aux autres pour de la vapeur ne dépassant pas 2 p. 100 d'humidité. Au delà, on peut employer le séparateur sans lamineur. L'emploi du séparateur avec lamineur est difficile, principalement à cause de la nécessité d'ajouter un condenseur pour peser la vapeur traversant le séparateur. Quand il y a beaucoup de primage, il paraît préférable de faire passer toute la vapeur dans un séparateur ordinaire, de doser l'eau séparée, puis de faire passer ensuite la vapeur, ainsi partiellement séchée, au travers du calorimètre séparateur ou lamineur. Dans ce cas, en effet, l'eau du primage

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

s'amasse au bas des tubes, et rend presque impossible la prise d'un échantillon de vapeur d'une humidité représentant la moyenne. Cette prise doit toujours être prélevée sur un tuyau vertical, jamais horizontal; précaution encore insuffisante, bien que nécessaire. Les discordances des essais tiennent souvent à la difficulté d'obtenir un échantillon moyen de la vapeur; et l'on a, en général, tendance à évaluer trop bas l'humidité de la vapeur. G. R.

AGRICULTURE

La production du vin et l'utilisation des principes fertilisants par la vigne.
Note de **M. A. Muntz**, *membre du Conseil.*

J'ai montré (1) que les quantités de principes fertilisants qu'absorbent les vignes à grand rendement ne sont pas sensiblement supérieures à celles des vignes peu productives. Ce fait tient à ce que la plus grande partie de ces éléments se concentre dans les organes de végétation, bois et feuilles, tandis qu'une faible fraction seulement se retrouve dans le raisin. L'abondance de la vendange a donc une minime influence sur l'absorption des matériaux nutritifs du sol, alors que le poids des feuilles et des sarments produits dans l'année en a une considérable. Or, ce poids qui, dans les vignes saines, n'a aucun rapport avec la quantité de récolte, dépend de la nature du sol et aussi du nombre de pieds de vignes plantés dans un hectare, nombre variant de 4000 dans le Midi, à 10000 dans la Gironde, à 25000 dans la Bourgogne, à 50000 et 60000 dans la Champagne. Les vignes grêles et serrées des régions plus septentrionales ont souvent une production de matière végétale aussi abondante que les pieds vigoureux et espacés du Midi.

Pour montrer à quel point les exigences de la Vigne sont indépendantes de la quantité de vendange, je citerai les résultats obtenus sur le terroir de Vernezay (Champagne), dans deux années très différentes comme production :

	Vin produit par hectare.	Absorbé par hectare de Vigne.				
1892 . . .	$6^{hlit},5$	37^{kg}	d'azote	11^{kg}	d'acide phosphorique	41^{kg} de potasse
1893 . . .	$55^{hlit},6$	41^{kg}	d'azote	$11^{kg},5$	d'acide phosphorique	51^{kg} de potasse

Quoiqu'en 1893 la récolte ait atteint presque le décuple de celle de l'année précédente, les exigences de la Vigne n'ont pas été notablement plus élevées qu'en 1892; la potasse seulement est en augmentation, cet alcali entrant pour une part assez forte dans la constitution du vin.

Un développement exagéré de feuilles, qui a pour effet de provoquer l'intervention de grandes quantités d'éléments fertilisants, n'est pas d'ailleurs une condition favorable à la production du vin, et souvent on le modère par des pincements et des épamprages. Il suffit qu'il y ait assez de feuilles pour l'élaboration des matériaux qui constituent le raisin; ce qui est en plus entraîne, sans compensation, l'épuisement du sol.

Le vin est le seul produit exporté de l'exploitation, c'est-à-dire en enlevant des matières fertilisantes; les feuilles, les sarments, les marcs font retour, au moins partiellement, au sol qui les a produits.

(1) *Comptes rendus, de l'Académie des Sciences,* 18 mars 1893, p. 635. — *Id.*, t. CXX, p. 514.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Mais cette exportation par la vente du vin est minime, surtout pour l'azote et pour l'acide phosphorique, sensible seulement pour la potasse que le vin contient à l'état de bitartrate.

Voici quelques exemples pris dans des vignobles de régions très différentes en rapportant les résultats à l'hectare :

		Azote.	Acide phosphorique.	Potasse.
		gk	kg	kg
Guilhermain (Hérault)	absorbé par la Vigne.	74	17	56
	exporté par 112hlit de vin produit. . .	4	2	11
Ay (Champagne)	absorbé par la Vigne	50,5	10,7	50
	exporté par 32hlit,7 de vin produit . .	0,9	0,7	2
Château-Laffite (Médoc)	absorbé par la Vigne.	35,5	12,5	46
	exporté par 26hlit,4 de vin produit . . .	1,1	0,8	4,5

Théoriquement, le vin est donc une des récoltes les moins épuisantes, puisqu'elle n'exporte du domaine que des quantités de principes fertilisants, si faibles qu'elles paraissent négligeables.

Mais la théorie d'une restitution en rapport avec l'exportation se trouve si complètement en défaut et, en s'y conformant, le viticulteur s'exposerait à de graves mécomptes. Pour être maintenue en production, la Vigne a besoin de fumures énergiques; abandonnée aux ressources qu'elle peut tirer du sol, elle végète péniblement et ne donne que de maigres récoltes.

Les engrais jouent un rôle d'autant plus grand, dans la culture de la Vigne, que, d'un côté, beaucoup de vignobles, et parmi les plus réputés, sont établis dans des sols d'une pauvreté extrême et que, de l'autre, les pieds américains servant de porte-greffe se montrent beaucoup plus exigeants que la Vigne française. Les vignobles ne peuvent donc pas se passer de fumures, sauf ceux qui sont établis dans des terres très fertiles, dans des alluvions profondes. Aussi, malgré l'influence fâcheuse qu'on attribue aux engrais sur la qualité du vin, les Vignes sont-elles, en général, fumées abondamment.

J'ai fait voir (1) que la production d'un hectolitre de vin, dans les régions qui donnent plus de qualité que de rendement, met en jeu de bien plus grandes quantités de principe fertilisants que celle d'un hectolitre de vin ordinaire du Midi. Cette constatation est la conséquence de ce qui a été exposé précédemment, et tient surtout aux différences dans les quantités de récolte; mais elle tient aussi en partie à la composition des vins eux-mêmes. J'ai, en effet, constaté que les vins plus appréciés des régions de l'ouest et de l'est sont, indépendamment de la quantité de matières fixes, plus riches en azote et en acide phosphorique que les vins communs et à grande production du Midi. Cette observation me paraît établir, au point de vue chimique, la première distinction entre les vins fins et les vins ordinaires.

Voici quelques résultats qui indiquent ces différences; ils sont obtenus avec des vins soutirés et limpides, par suite tout à fait comparables.

		Azote.	Acide phosphorique.	Potasse.
		gr.	gr.	gr.
Vins rouges du Midi,	moyenne par litre. . . .	0,278	0,203	1,150
— de la Bourgogne,	—	0,768	0,369	1,180
— du Médoc,	—	0,381	0,333	1,646
— de Saint-Emilion,	—	0,435	0,320	1,670

(1) *Comptes rendus*, t. CXX, p. 515.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

			Azote.	Acide phosphorique.	Potasse.
			gr.	gr.	gr.
Vins blancs du Midi,	—	. . . .	0,129	0,157	0,847
— de la Bourgogne,	—	. . . .	0,509	0,186	0,677
— de Sauternes,	—	. . . .	0,265	0,347	0,890
— de la Champagne,	—	. . . .	0,233	0,168	0,612

La qualité supérieure coïncide donc avec une plus grande teneur en matières azotées et en phosphates; celle-ci n'est peut-être pas sans influence sur quelques-unes des propriétés organoleptiques qui établissent de si grandes différences de prix entre les vins. »

PROCÈS-VERBAUX

Séance du 22 mars 1895.

Présidence de *M. Mascart*, président.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

M. le Président annonce que le Conseil se réunira en séance le 5 *avril*, pour remplacer la séance réglementaire du 12, qui tombe le Vendredi-Saint.

Dépouillement de la correspondance. — *MM. les Secrétaires* dépouillent la correspondance.

Faire part de la mort de *M. C. Pompon-Lelamville*, membre de la Société, décédé à Paris à l'âge de 53 ans, membre de la Chambre syndicale des produits chimiques.

M. Maxime Hocquet, 15, rue Brézin, Paris, inventeur d'un *aggloméré de liège flexible ou rigide à volonté*. Demande une annuité de brevet. (Arts mécaniques.)

M. Delaurier, 77, rue Daguerre.

Mémoire sur deux nouveaux types de piles. (Arts économiques.)

Mémoire sur le principe du monocycle à balancier et son application à un nouveau type de brouette. (Arts mécaniques.)

M. Arbel, des forges de Courzon, remercie la Société de sa nomination comme membre.

M. Tellier remercie la Société de l'allocation qui lui a été accordée.

Nominations au titre de membres de la société. — Sont élus membres de la Société :

M. Holtzer, maître de forges, présenté par *M. Brunstlein;*

M. Mayer, fabricant d'outils, présenté par *M. Simon;*

M. Weisberger, ingénieur en chef des ponts et chaussées, présenté par *MM. Mascart* et *Lambert.*

M. le Président annonce que, sur la proposition du *Comité des Arts écono-*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

miques, le Bureau a proposé, en mémoire du prix fondé par ce savant, de souscrire pour une somme de 500 francs à l'édition des œuvres de *Melsens*. Cette proposition, mise aux voix, est adoptée.

Il donne connaissance de deux lettres adressées au Président de la Société :

1° Une dépêche de *M. le Ministre de la Marine* annonçant qu'il a prescrit, dans son département, l'adoption du *Système de filetages* et de la *Jauge décimale métrique* proposés par la Société d'Encouragement, et félicitant la Société de l'initiative avec laquelle elle a provoqué cette unification, des plus utiles à l'industrie (1). M. le Président renouvelle à M. le Ministre de la Marine les remerciements de la Société, qu'il lui a déjà adressés par une lettre en réponse à sa dépêche.

2° Une lettre de *Lord Brasey*, président de l'*Institution of Naval Architects* de Londres, remerciant la Société d'Encouragement d'avoir mis ses locaux à sa disposition pendant le séjour que l'Institution se propose de faire à Paris cet été.

Conférence. — *M. L. Lumière* fait une conférence sur l'*industrie de la photographie* et la *photographie des couleurs de M. Lippmann*.

Cette conférence, accompagnée de projections, d'épreuves extrêmement remarquables, et de l'exposition d'un *kinétoscope de projections* encore inédit, a excité le plus vif intérêt, et été souvent interrompue par les applaudissements de l'auditoire : elle sera reproduite *in extenso* dans le *Bulletin*.

M. le Président, s'associant aux manifestations de l'assemblée, remercie *M. Lumière* de sa belle conférence. La Société a surtout pour objet de suivre et d'encourager les différentes branches de l'Industrie nationale. C'est à ce titre que M. le Président félicite M. Lumière père et ses deux fils d'avoir su, en quelques années, créer et développer une fabrication nouvelle, d'une importance exceptionnelle, et dont les produits, primés à toutes les expositions internationales, font le plus grand honneur à l'industrie de notre pays.

Quant aux beaux travaux de *M. Lippmann*, ils honorent la science française : M. le Président est heureux de pouvoir annoncer que la Société d'Encouragement témoignera bientôt à M. Lippmann l'admiration qu'elle éprouve pour ses découvertes en lui décernant, comme elle l'a fait pour Niepce et pour Daguerre, sa plus haute récompense.

Séance du 5 avril 1895.

Présidence de *M. Mascart*, Président.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

(1). *Bulletin de mars*, p. 314.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. le Président exprime les regrets unanimes qu'a laissés parmi nous notre éminent collègue *M. Plon*, dont la carrière sera l'objet d'une notice nécrologique dans le *Bulletin*.

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

M. A. Haride, avenue d'Orléans, impasse des Vers, 14. Vélocipède avec interposition de mécanismes. (Arts mécaniques.)

M. Dessaux, 18, rue Saint-André, Rouen. Produits spéciaux pour l'alimentation du bétail. (Agriculture.)

M. Luuyt remercie le Conseil de sa nomination de membre de la Société.

Nominations de membres de la société. — *M. Legrand*, membre du Comité consultatif des Arts et Manufactures, présenté par *M. Mascart;*

M. Ramu, industriel, et la *Société Ramu*, présentés par *MM. Haton de la Goupillière* et *Le Chatelier ;*

M. Motet, présenté par *MM. Carpentier* et *Le Chatelier*.

Rapports des comités. — *M. Hirsh*, au nom du Comité des Arts mécaniques, et *M. Lavollée*, au nom du Comité du Commerce, sur une communication de *M. Tellier* (voir p. 348 du présent *Bulletin*).

M. Hirsch, au nom de la Commission de contrôle nommée à cet effet, sur les *travaux de M. Charpy*.

M. Jordan, au nom du Comité des Arts chimiques, sur les *travaux de M. Osmond*.

M. Lavalard, au nom du Comité d'Agriculture, sur une *Table pour opérations chirurgicales* de *M. Malherbe* (p. 356).

Au nom du Comité des Arts mécaniques, *M. Brull*, sur un *embrayage* de *M. Farjasse* (p. 345).

M. Imbs, sur l'ouvrage de *M. Delessart*, « la Filature du coton » (p. 348).

Les conclusions de ces rapports sont mises aux voix et adoptées. Ils seront publiés *in extenso* dans le *Bulletin*.

Communications. — *M. L. Fouché*, ingénieur de la maison *Geneste* et *Herscher*, fait la communication suivante sur *les Appareils à stériliser l'eau par la chaleur et sous pression :*

Les appareils dont il s'agit sont ceux que construisent depuis plusieurs années MM. Rouart, Geneste, Herscher et Galante, pour la fabrication et la mise en bouteilles de l'eau stérilisée.

La stérilisation est effectuée par la chaleur (120 degrés) sous la pression d'une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

atmosphère. Grâce à cette pression, la nature de l'eau est peu modifiée ; sa saveur et sa digestibilité primitives sont conservées.

Les appareils se composent essentiellement d'une chaudière, d'un ou de plusieurs *échangeurs*, d'un *clarificateur* et d'un appareil d'alimentation. L'eau à stériliser pénètre d'abord dans les échangeurs, où elle s'échauffe en refroidissant l'eau stérilisée chaude. qui s'écoule en sens inverse. Elle pénètre alors, ayant déjà environ 100°, dans la chaudière, où l'activité du foyer lui donne le complément de chaleur nécessaire ; puis elle traverse de nouveau les échangeurs, dans lesquels elle se refroidit, et enfin le clarificateur : à la sortie de ce dernier, elle est prête pour la consommation.

La chaudière affecte des formes diverses suivant les appareils ; elle est construite de façon que toutes les molécules d'eau qui la traversent soient portées sans exception à la température voulue pendant un temps déterminé. Des dispositions spéciales sont prises pour éviter les inconvénients dus aux dépôts calcaires. Les échangeurs sont constitués par des serpentins renfermés dans des cylindres en tôle : l'eau stérilisée circule dans les serpentins, l'eau impure à l'extérieur. La clarification est obtenue à l'aide de silex concassé emprisonné dans des toiles métalliques.

Les appareils se construisent fixes ou mobiles. Un type spécial a été créé en vue du service dans les hôpitaux. Il est chauffé par le gaz, et son fonctionnement est entièrement automatique. Il peut marcher plusieurs mois sans qu'on ait à s'en occuper.

L'*embouteillage* de l'eau stérilisée destinée à être livrée au public se fait à l'aide d'une petite chambre close, dans laquelle les bouteilles sont introduites par l'intermédiaire d'une sorte de sas hydraulique. Des vitres rendent l'intérieur visible, et des orifices, garnis de manches en caoutchouc terminées par des gants, permettent de manipuler à l'intérieur de la chambre, sans pourtant avoir de contact direct avec l'atmosphère de cette chambre. Les bouteilles remplies et bouchées sont extraites par un deuxième sas hydraulique.

L'eau ainsi produite, soit pure, soit additionnée d'acide carbonique, n'est livrée à la consommation qu'après des essais bactériologiques qui servent à contrôler la bonne marche de la fabrication.

Tous les appareils décrits ont, depuis 1890, reçu la consécration de la pratique.

Ils ont fait, en 1891, l'objet d'une étude approfondie au laboratoire du Comité consultatif d'hygiène publique, par le professeur G. Pouchet. Les analyses chimiques et bactériologiques ont amené ce savant aux conclusions les plus favorables.

M. le Président remercie *M. Fouché* de son intéressante communication, qui sera envoyée au Comité des *Arts économiques*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

BIBLIOGRAPHIE

TRAITÉ DES MACHINES OUTILS, PAR **Gustave Richard.**

M. G. Richard vient de faire don à la Société du tome Ier de son magnifique *Traité des Machines outils*, dont le tome II est sous presse (1). Cet ouvrage mérite l'attention spéciale des ingénieurs, car il traite un sujet fort important et trop négligé dans la littérature technique. Bien des livres sont consacrés à des branches de la construction mécanique déjà étudiées à fond, car il est facile d'écrire sur les questions éclairées par les travaux des ingénieurs et des savants les plus distingués, en se contentant de l'addition de quelques détails; tandis qu'aborder une branche nouvelle de la technologie n'est pas une tâche aisée, et l'on ne saurait trop louer la direction utile que M. Richard donne à ses travaux.

Avant la publication de son traité, il était bien difficile d'apprendre à connaître les machines outils, dont le rôle dans la construction est si considérable. Ceux qui dirigent les ateliers où on les emploie ne pouvaient guère en connaître que des types peu nombreux, soit par leur propre expérience, soit par les descriptions généralement incomplètes, éparses dans diverses publications techniques. Même l'expérience des constructeurs de ces machines était le plus souvent bien trop limitée.

Faute d'études suffiantes du sujet, comment comparer les divers types? comment choisir entre les appareils à peu près équivalents présentés par divers constructeurs? Seules des études méthodiques, comme celles de M. Richard, peuvent faire cesser les fâcheuses incertitudes de ceux qui achètent et qui emploient des machines outils; ces études feront enfin adopter les seules méthodes logiques pour les apprécier. Lorsqu'on veut choisir un tour, par exemple, c'est vraiment trop peu de savoir que le type de tel constructeur est « plus robuste » ou « plus moderne » que celui de tel autre, surtout quand les qualités ainsi définies doivent justifier un prix double. Il faudrait qu'on prît l'habitude de caractériser les machines outils par le travail qu'elles peuvent fournir, comme on définit les moteurs par leur puissance en chevaux et par leur dépense en vapeur. Un tour à dégrossir serait estimé d'après le poids de copeaux qu'il permet d'enlever sur un cylindre d'acier doux en une heure. Pour cette épreuve, le constructeur fournirait sans doute un bon tourneur, muni de bons outils; on ne retrouverait pas en service courant des résultats entièrement pareils à ceux de l'essai. De même, dans les essais de consommation des moteurs, on choisit avec soin les chauffeurs et les combustibles, mais les chiffres ainsi obtenus n'en sont pas moins fort utiles à connaître, comme une limite dont on doit approcher.

Pour le travail de finissage, un tour serait estimé d'après la valeur des écarts les plus grands sur les divers diamètres du cylindre qu'il tourne; pour le filetage, d'après l'approximation de la vis obtenue.

M. Richard n'a pu encore caractériser de la sorte les outils qu'il décrit, parce que la production en est presque toujours inconnue. Mais, en décrivant méthodiquement les divers types, en les classant et en les comparant, il invite chaque ingénieur à se rendre compte de la valeur réelle des machines qu'il emploie; bientôt chacun voudra constater cette valeur, et n'acceptera plus que les outils dont le travail sera bien défini.

(1) Deux volumes grand in-4, chez Baudry.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le premier volume du *Traité des Machines outils* est consacré aux tours, aux aléseuses, aux appareils à raboter et aux perceuses. L'importante catégorie des fraiseuses, les taraudeuses, les machines pour faire les vis, et bien d'autres appareils spéciaux seront étudiés dans le second volume.

La richesse d'illustration est extrême : le premier volume, grand in-4° de 550 pages, contient plus de 3 000 figures. Le format adopté, assez grand, sans être gênant, a permis de tirer toutes ces figures sur des pages simples du texte, sans aucune de ces planches gênantes et difficiles à conserver en bon état, auxquelles on renonce de plus en plus.

Certaines figures dépassent la dimension de 30 centimètres sur 20, et atteignent celle de 33 centimètres sur 22 : cette grandeur suffit pour les détails les plus minutieux qu'il soit utile de donner dans une étude générale, et nous félicitons les éditeurs de l'ouvrage, MM. Baudry et C^ie^, du goût et des soins apportés à l'exécution et au tirage de ces illustrations si nombreuses et si utiles.

Outre de nombreux ensembles, les principaux détails des machines sont figurés de la manière la plus claire. Les machines anglaises et américaines, qu'il importe à nos constructeurs de connaître, y sont minutieusement décrites et représentées. L'analyse sommaire qui suit, du tome I^er^, donnera une idée de l'étendue de l'ouvrage.

Le *premier livre* traite du *Tour*. Dans un premier chapitre, l'auteur, conformément à la méthode générale suivie dans l'ensemble de son ouvrage, décrit les principaux types employés : *Tours à fileter et à charioter*, *Tours pour arbres, à poulies, à roues, à plateaux, à cuivre, à revolver*, etc., en insistant particulièrement sur ceux de ces appareils encore plus employés à l'étranger que chez nous, tels que les *Tours-alésoirs verticaux*, les *Tours à revolver*, les *Tours automatiques*.

Les *Tours-alésoirs verticaux*, caractérisés par la disposition verticale de leur axe et leur plateau horizontal, sont très répandus aux États-Unis, principalement pour le tournage et l'alésage des roues, des poulies et, en général, pour le travail des pièces lourdes et courtes les plus diverses, faciles à monter sur leurs plateaux. Les *Tours à revolver*, bien qu'employés dans nos ateliers, n'y sont pas encore suffisamment appréciés ; M. Richard donne la description des tours de ce genre les plus récents, qui figuraient en grand nombre à l'Exposition de Chicago. Ces descriptions — qui seront complétées dans le second volume par la monographie des types spécialement adaptés à la *Fabrication automatique des vis* — font comprendre avec quelle facilité et quelle puissance ce genre de tour peut se prêter à la fabrication précise et rapide des pièces en série les plus diverses. Enfin, l'étude de leurs mécanismes, parfois si ingénieux, sera utile à nos mécaniciens, en leur faisant connaître une foule de combinaisons cinématiques, faciles à généraliser et à appliquer avantageusement pour d'autres machines.

A ces descriptions des principaux tours, que l'on rencontre ou que l'on devrait rencontrer aujourd'hui dans tous les ateliers de quelque importance, l'auteur ajoute celles d'un grand nombre de *Tours spéciaux :* à *canons*, à *obus*, à *essieux*, à *lingots*, à *canneler*, à *calendres*, à *billes*, à *robinets*, à *main*, à *pédales*, *Tours d'horlogerie*, etc.

Dans le second chapitre, intitulé *Détails de construction*, l'auteur décrit et discute méthodiquement les principales parties du tour : la *poupée*, le *harnais*, le *chariot*, le *plateau*, les *chucks* ou *mandrins;* les mécanismes du *chariot* et du *harnais*, en particulier, y sont traités avec une abondance de détails originaux et inédits qui font certainement, de cette étude, l'une des plus complètes qui ait été publiée. Le lecteur y trouvera, sur les mécanismes de *filetage* et de *chariotage* américains, souvent si diffé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rents des nôtres, très précis, très accessibles, et d'un maniement presque toujours fort simple en dépit de leur complication apparente, des renseignements qui permettront d'en apprécier les moindres détails et d'en appliquer les principes.

Dans le troisième chapitre, intitulé l'*Outil et le Travail du tour*, on étudie successivement les principaux outils employés pour les travaux de tournage : leurs formes, ainsi que les différents types de *porte-outils* et de *supports d'outils*, puis les principaux travaux exécutés sur le tour : le *coupage, dressage* et *centrage des arbres*, le *dressage des brides*, le *tournage des sphères, des crosses, des excentriques, des cônes*, le *travail du cuivre*, etc., et principalement le *filetage*, avec l'emploi encore peu connu des mécanismes *compensateurs* et de *reprise*, des *trains auxiliaires* et des *commandes à pas variables*.

Le *Deuxième Livre* est consacré à l'*Alésoir*, qui dérive immédiatement du tour par l'objet et la nature de son travail. On y étudie successivement les alésoirs et les *Tours-alésoirs* horizontaux, les *Alésoirs universels*, les *Alésoirs verticaux*, semblables, en principe, aux tours verticaux, et les alésoirs *spéciaux : pour tubes, elliptiques, portatifs*, etc.; on trouve là encore la description d'un grand nombre de types américains nouveaux. Le livre se termine par l'exposé des principaux *travaux d'alésage* et la description des *outils aléseurs* ou *broches* coniques, dilatables, *trépans* pour canons, etc.

Le *troisième livre* comprend cinq chapitres consacrés aux outils de la même famille : *Raboteuses, Mortaiseuses, Étaux limeurs* et *Raineuses*.

La première partie du chapitre V, consacré aux *Raboteuses*, comprend la description des principaux types américains, dont les mécanismes de commande, différents des nôtres, sont remarquables par la rapidité, la douceur et la précision du fonctionnement. On a consacré une partie de ce chapitre à l'étude détaillée des *Raboteuses latérales* et à *chassis ouvert*, très utiles pour le travail des pièces encombrantes, et trop peu connues de nos mécaniciens; puis vient l'étude des *outils* et des *porte-outils* doubles, réversibles, etc., et celle des principaux *travaux de rabotage : Fixation des pièces, chucks, plateaux, étaux, cales de réglage, fraiseuses, diviseurs, travail au gabarit, travail des pièces courbes*, etc. Ce chapitre renferme aussi la description de quelques *Raboteuses spéciales : Chanfreineuses, Raboteuses pour aiguilles de chemins de fer, plaques de blindages, bielles, fers d'angle*, etc.

Les *Mortaiseuses* ne sont qu'une espèce particulière de raboteuse à outil mobile vertical ou incliné. Le chapitre VI donne la description des principaux types de mortaiseuses, ordinaires et spéciales : pour *calottes* et *plaques de blindage, écrous, bielles, jantes de roues*, etc., et celle de leurs *outils* et *porte-outils*.

Le chapitre VII est consacré à l'étude des *Raboteuses universelles* ou *Raboteuses-Mortaiseuses*, dérivées de la combinaison en une seule machine d'une raboteuse ordinaire et d'une raboteuse latérale; ces puissantes machines permettant de raboter dans tous les sens les pièces les plus diverses.

L'*Étau limeur*, qui fait l'objet du chapitre VIII, a été beaucoup plus étudié aux États-Unis que chez nous; on trouve, dans ce chapitre, la description des principaux types d'étaux limeurs américains avec leurs détails de construction : *plateaux, étaux* et *appareils accessoires* de *façonnage* et de *fraisage, centreurs diviseurs, poupées, porte-outils, mécanismes de commande du bras et de l'avance*, etc. Ce chapitre comprend en outre la description de quelques *Étaux limeurs spéciaux*, pour *chanfreiner les tôles, rainer les arbres, façonner les hélices, mortaiser les plaques de blindage*.

Le chapitre IX, qui termine le troisième livre, traite des *Machines à rainer* ou *Raineuses*, qui sont des mortaiseuses ou des limeuses spéciales.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le *quatrième livre*, le plus important du premier volume après celui des tours, est consacré entièrement aux *Perceuses*. Le chapitre X débute par la *Description des principaux types usuels de Perceuses :* à *banc*, à *colonne*, *radiales*, à *cordes*, *mobiles*, à *la main*, y compris les *rochets*. Il est complété par les descriptions du chapitre suivant, consacré aux *perceuses spéciales*, *perceuses multiples*, *perceuses horizontales*, *mortaiseuses*, *portatives*, *à air comprimé*, *hydrauliques*, *électriques*, *de précision*, etc. On trouvera dans ce chapitre une étude complète de la classe importante des *perceuses pour chaudières envirolées*, et de la variété nouvelle et curieuse des *perceuses pour trous polygonaux*.

Le volume se termine par l'étude de l'*Outil* et des *Détails de construction* des perceuses.

Aucun constructeur de machines, aucun des industriels qui les emploient et qui en achètent ne saurait se passer du traité de G. Richard, collection extrêmement riche de la plupart des dispositions connues, méthodiquement classées et soigneusement étudiées.

L'auteur mérite les plus grands éloges pour l'immense travail qu'il a su accomplir heureusement. Nous y joignons tous les remerciements de la Société d'Encouragement pour le don qu'il a fait à la bibliothèque.

ED. SAUVAGE (*membre du Conseil*).

VALLIER, Chef d'escadron d'Artillerie, Correspondant de l'Institut. — **Balistique des nouvelles poudres.** Petit in-8 (*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire*). Broché, 2 fr. 50. — Cartonné, toile anglaise, 3 fr.

Les grands progrès faits dans ces dernières années par la science des poudres et explosifs n'ont guère pénétré dans le monde industriel, tant parce que les résultats obtenus sont épars dans diverses publications qu'à raison de ce que personne n'en a étudié ou, du moins, fait connaître les applications au tracé des bouches à feu.

C'est cette lacune que M. le Commandant Vallier a tenté de combler dans le présent ouvrage.

Dans les premiers Chapitres, l'auteur, rappelant les travaux de MM. Berthelot, Sarrau et Vieille, résume les principes de la science des explosifs et l'étude de leurs éléments caractéristiques.

Dans la deuxième Partie, l'auteur étudie le fonctionnement des nouvelles poudres dans les bouches à feu. Il donne la formule des vitesses initiales, s'appliquant avec une précision remarquable aux canons allongés que l'on construit actuellement, et comportant également le cas des pièces de longueur moindre des types antérieurs.

Il donne ensuite le tracé des courbes des efforts supportés par le canon dans des conditions de tir données, c'est-à-dire, pour un projectile, une vitesse initiale et une pression à la culasse déterminées.

De nombreuses tables numériques sont disposées à la fin du Volume pour les applications.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MONOT (**Édouard-Gabriel**). — **Stéréochimie**. Un volume in-8, avec figures, 1895. — *Exposé des théories de Le Bel et Van't Hoff, complétées par les travaux* de MM. FISCHER, BÆYER, GUYE et FRIEDEL, avec une préface de M. C. FRIEDEL. Paris, Gauthier-Villars.

Comme le dit M. Friedel dans la préface de cet ouvrage, «la branche de la Science chimique à laquelle on a donné le nom de *Stéréochimie*, ou *Chimie dans l'espace*, est de date toute récente. Elle a été créée par MM. A. Le Bel et Van't Hoff, qui ont trouvé, indépendamment l'un de l'autre et en même temps, le moyen d'interpréter et de prévoir, par des considérations simples et logiques, toute une série d'isoméries qui échappaient aux formules de saturation fondées sur l'hypothèse de Kékulé, et construites dans le plan.

« Les vues des deux savants chimistes, appuyées solidement dès l'abord par leurs travaux personnels, ont reçu de nombreuses confirmations et des développements naturels par les recherches de beaucoup de savants des plus distingués. Elles doivent entrer désormais dans l'enseignement courant de la Chimie organique.

« A l'étranger, les publications d'ensemble faites pour répandre ces notions ne manquent pas. Il n'en est pas de même en France, et le petit volume dans lequel M. Ed. Monot a exposé d'une manière élémentaire les principes de la Stéréochimie du carbone et rappelé les principaux faits qui ont servi de point de départ ou de vérification rendra service à ceux qui veulent s'initier à cet ordre de considérations, et se mettre à même de lire les nombreux Mémoires dans lesquels l'interprétation des faits est traduite par des formules construites dans l'espace. »

HATT, Ingénieur hydrographe de la Marine. — **Des Marées**. Petit in-8 (*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire*).

Cet ouvrage traite des oscillations du niveau de la mer au double point de vue théorique et pratique. Il est divisé en quatre Parties, dont la première est consacrée à l'exposé et à la solution élémentaire du problème de Laplace. Dans le Chapitre suivant, l'auteur étudie l'action des astres sur les eaux d'un canal équatorial continu ou limité, problème susceptible d'être explicitement résolu, et la propagation des ondes dérivées dans les canaux et rivières. Les phénomènes que présentent les cours d'eau à leurs embouchures dans la mer sont analysés d'une manière sommaire par l'exposé de la théorie des ondes supérieures et composées.

La troisième Partie contient le résumé de l'étude empirique de Laplace et des applications qui en ont été faites en France pour le calcul des prédictions de marée. On y trouvera les formules pratiques permettant d'évaluer l'heure et la hauteur des maxima et minima du niveau dans les mers d'Europe, ainsi que des notions sur les constantes des ports, âge de la marée, établissement, unité de hauteurs.

Dans la dernière Partie, sont exposées les méthodes de prédiction usitées en Angleterre, et, en particulier, l'analyse harmonique de Lord Kelvin.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LELOUTRE (Georges). Ingénieur civil. — **Le Fonctionnement des Machines à vapeur.** Petit in-8 (*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire*).

Le Volume de M. Leloutre est un résumé de ses recherches expérimentales et analytiques sur les Machines à vapeur. Pour exposer méthodiquement l'ensemble des phénomènes qui se présentent dans le fonctionnement des moteurs à vapeur, l'auteur considère successivement l'état du mélange de vapeur et d'eau aux points principaux de son parcours entre la chaudière et le condenseur. M. Leloutre expose ensuite les causes qui modifient l'état du mélange de vapeur et d'eau entre deux des points principaux consécutifs. Il étudie les diagrammes relevés avec les indicateurs de Wat et détermine le travail des moteurs constaté par ces diagrammes et les essais au frein. Enfin, l'auteur résume, par quatre équations qu'il appelle *équations fondamentales*, les phénomènes que présente la vapeur dans son parcours de la chaudière au condenseur. Ces quatre équations sont nécessaires et suffisantes pour déterminer les conditions du fonctionnement d'un moteur. A ces équations, il joint un grand nombre d'autres qui servent de contrôles.

Dans la dernière partie du Volume, M. Leloutre expose les principes généraux de toute théorie de Machine à vapeur, et passe à l'analyse complète d'un essai de Moteur à vapeur surchauffée.

Il insiste tout particulièrement sur la raison essentielle de la supériorité des Moteurs à vapeur surchauffée.

SOREL (**E.**), Ancien Ingénieur des Manufactures de l'État, Professeur suppléant au Conservatoire des Arts et Métiers. — **La Distillation.** Petit in-8 (*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire*).

L'auteur a réuni dans cet Ouvrage les données les plus essentielles aux savants et industriels qui se proposent de séparer par distillation les corps les uns des autres.

Il étudie successivement les différents cas qui peuvent se présenter.

1° Séparation d'un liquide volatil et d'un corps solide;

2° Distillation d'un mélange de liquides insolubles l'un dans l'autre;

3° Distillation d'un mélange de liquides totalement ou partiellement solubles l'un dans l'autre.

Puis, après avoir étudié comment se fait l'épuisement d'un liquide, il montre comment on peut enrichir les vapeurs.

Après la distillation simple dans l'alambic, il arrive à l'étude des appareils continus de la grande industrie, et montre comment on peut les calculer et prévoir la dépense de chaleur nécessaire.

Enfin, il aborde le calcul des appareils continus donnant un produit concentré, et en donne une théorie toute nouvelle.

Pour l'intelligence des raisonnements, il a pris pour exemple l'industrie de l'alcool, et donne en tête du livre les principales Tables nécessaires à l'application de ses théories.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

RICHARD (**Gustave**). — **Les Moteurs à Gaz et à Pétrole** en 1893 et 1894. Un volume grand in-8, 486 figures (Chez Dunod et Vicq, à Paris).

Ce volume est le second d'une série de *suppléments* que l'auteur s'est proposé de publier, à mesure de l'actualité, pour compléter ses précédents ouvrages sur les moteurs à gaz et à pétrole, de manière à les maintenir sans cesse, et à peu de frais, au courant des nouveautés intéressantes. L'ensemble de ces livres est destiné à former une sorte d'*Encyclopédie des Moteurs à Gaz et à Pétrole*, constamment tenue à jour, qui constitue, principalement pour les constructeurs et les inventeurs de moteurs à gaz et à pétrole, une source de renseignements précieux.

ERRATUM AU NUMÉRO DE FÉVRIER 1895

ARTICLE DE M. LINDET, SUR LA SUCRERIE

Page 160. — *Au lieu de :* tubes de ruissellement Canard, Montauban, Marchandier et Lachaux, *lire :* Tubes de ruissellement :

Fig. 1. Syst. Bontemps.
Fig. 2. Syst. Bouvier.
Fig. 3. Syst. Canard, Montauban et Marchandier.
Fig. 4. Syst. Lachaux.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PROGRAMME DES PRIX

PROPOSÉS PAR LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE A DÉCERNER DANS LES ANNÉES 1896 ET 1897

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 :

1896. Arts mécaniques	à l'effigie	de Prony.
1897. Arts chimiques.	—	de Lavoisier.
1898. Architecture et beaux-arts.	—	de Jean Goujon.
1899. Agriculture.	—	de Thénard.
1900. Arts économiques.	—	d'Ampère.
1901. Commerce	—	de Chaptal.

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.*

GRAND PRIX DU MARQUIS D'ARGENTEUIL

Le marquis d'Argenteuil a légué à la Société d'Encouragement une somme de 40 000 francs pour la fondation d'un prix qui doit être décerné, tous les six ans, à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'auteur de la *découverte la plus utile au perfectionnement de l'industrie française, principalement pour les objets dans lesquels la France n'aurait point encore atteint la supériorité sur l'industrie étrangère, soit quant à la qualité, soit quant aux prix des objets fabriqués.*

Le prix de 12 000 francs, ainsi fondé, a été décerné, en 1846, à M. *Vicat*, pour ses travaux sur les chaux hydrauliques; — en 1852, à M. *Chevreul*, pour ses travaux sur les corps gras; — en 1858, à M. *Heilmann*, pour sa peigneuse mécanique; — en 1864, à M. *Sorel*, pour la galvanisation du fer; — en 1870, à M. *Champenois*, pour l'organisation des distilleries agricoles; — en 1880, à M. *Poitevin*, pour ses découvertes en photographie; — en 1886, à M. *Lenoir*, pour son moteur à gaz et l'ensemble de ses inventions; — en 1892, à M. *Berthelot*, secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences, pour ses remarquables travaux qui ont puissamment contribué aux progrès des industries chimiques.

Ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1898.

GRAND PRIX DE LA SOCIÉTÉ

La Société d'Encouragement décerne, tous les six ans, un grand prix de 12 000 francs *à l'auteur de la découverte la plus utile à l'industrie française*. Ce prix alterne avec celui qui a été fondé par le marquis d'Argenteuil.

Il a été décerné, en 1873, à M. *Pasteur*, pour ses travaux sur l'éducation des vers à soie, sur la conservation des vins et sur la fabrication de la bière et du vinaigre; — en 1883, à M. *Faucon*, pour le traitement par submersion des vignes; — en 1889, à M. *Benjamin Normand*, pour l'ensemble de ses travaux mécaniques.

Il sera décerné de nouveau, s'il y a lieu, en 1895.

GRAND PRIX HENRI GIFFARD

La Société a fondé, sur les revenus du legs qui lui a été fait par Henri Giffard, un grand prix de 6 000 francs, qui sera décerné tous les six ans, à partir de l'année 1890, à la personne qui aura rendu des services signalés à l'industrie française. Il a été décerné pour la première fois, en 1890, à M. Ferdinand Carré, pour ses travaux relatifs à la production artificielle du froid et à la fabrication des crayons destinés à l'éclairage électrique.

Ce prix sera décerné en 1896.

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

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

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'industrie 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 1000 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 1896.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PRIX D'ABOVILLE, POUR LES MANUFACTURIERS QUI EMPLOIENT DES OUVRIERS INFIRMES

Le général d'Aboville a laissé à la Société une somme de 10 000 francs, qui a été divisée en prix à distribuer, avec intérêts échus, à tel manufacturier qui aura employé à son service, pendant une période déterminée, des ouvriers estropiés, amputés ou aveugles et qui, par ce moyen, les aura soustraits à la mendicité; le premier de ces prix a été décerné en 1885 à la Société d'ateliers d'aveugles, le second a été partagé en 1890 entre l'Œuvre des sœurs aveugles de Saint-Paul, à Paris, la Société marseillaise des ateliers d'aveugles et l'Œuvre de la Providence des infirmes Sainte-Élisabeth de Lyon. Le troisième a été réparti entre l'internat des sourdes-muettes dépendant de l'Imprimerie Firmin-Didot et C^ie^, à Mesnil-sur-l'Estrée, et l'ouvroir des ouvrières aveugles, à Illiers.

Le prix restant, de 3 300 francs, sera décerné, s'il y a lieu, en 1895.

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. 416.

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 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

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

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 1897, pour invention agricole : dans toute la France.
— 1899, — 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

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 1896.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PRIX SPÉCIAUX PROPOSÉS ET MIS AU CONCOURS

POUR ÊTRE DÉCERNÉS DANS LES ANNÉES 1896 ET SUIVANTES

ARTS MÉCANIQUES

1° **Prix de 2 000 francs** *pour l'application, à la mouture des grains, de procédés donnant des résultats meilleurs que le système habituel.*

Depuis quelques années, on applique des procédés de mouture qui donnent des résultats supérieurs à ceux que fournissent communément les meules.

La Société d'Encouragement pense qu'il est d'un grand intérêt, pour la prospérité de la meunerie en France, soit d'appliquer promptement les procédés perfectionnés connus actuellement ou d'autres meilleurs, soit d'améliorer l'ancien système, de façon à obtenir des résultats plus avantageux.

En conséquence, la Société met au concours un prix de 2 000 francs, qui sera décerné à l'industriel qui aura fait, en France, à la minoterie, l'application la plus considérable et la mieux entendue, soit de nouveaux procédés, soit de perfectionnements aux procédés actuels, et qui sera parvenu par là à produire des farines dans les conditions les plus avantageuses.

Le prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1897.

2° et 3° **Prix** *relatifs à la navigation aérienne.*

Depuis quelques années, grâce aux travaux de MM. Krebs, Renard, Tissandier et autres savants aéronautes, la science de la navigation aérienne a fait des progrès considérables. Sans que le problème de la direction des navires aériens ait encore reçu une solution entièrement pratique, il semble que le moment ne soit plus bien éloigné où il sera possible à l'homme de se soutenir et de se diriger dans les airs : la question, on peut le dire, touche à sa maturité, car les études antérieures ont défini à la fois ce qu'il faut chercher et dans quel sens il faut chercher. On sait aujourd'hui que le problème rentrerait dans la catégorie de ceux que résolvent chaque jour les mécaniciens, si l'on était en possession à la fois d'un moteur très puissant et très léger, et de données et coefficients numériques permettant de calculer l'intensité des réactions qui s'exercent entre une surface mobile et l'air dans lequel elle est en mouvement.

Le Conseil de la Société a pensé que le moment était venu d'aborder enfin ces questions, et c'est pour en hâter la solution qu'il propose les deux prix 2° et 3° ci-après :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2° **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 1897.

3° **Prix de 2000 francs** *pour une étude des coefficients nécessaires au calcul mécanique d'une machine aérienne.*

Il s'agit de recherches ayant pour objet la détermination des réactions qui se produisent aux divers points d'une surface se mouvant dans l'air, dans les circonstances variées que peut offrir le problème de la navigation aérienne ; les principales de ces circonstances sont : l'étendue de sa surface, sa nature, sa forme, sa vitesse, la nature de son mouvement, etc. L'étude aura un caractère essentiellement expérimental; les calculs théoriques ne seront pas exclus, mais en tant seulement qu'ils ne comporteront rien d'hypothétique.

Le prix sera délivré, s'il y a lieu, en 1897.

4° **Prix de 1000 francs** *pour un moteur à huile lourde.*

Les bas prix auxquels peuvent être obtenus actuellement divers combustibles liquides, tels que les huiles lourdes, les résidus de pétrole et les goudrons, doivent engager les industriels à rechercher l'emploi avantageux de ces combustibles riches pour l'opération directe de la puissance motrice à bas prix.

La Société d'Encouragement propose un prix de 1 000 francs, en vue d'exciter les recherches dans ce sens.

Pour avoir droit au prix proposé, il faudra présenter, en service pratique et constant, un ou plusieurs moteurs fonctionnant par l'emploi direct, non de l'essence minérale, mais bien de l'huile de pétrole lampante ou, mieux encore, d'huiles lourdes ou de goudrons, résidus de la distillation du pétrole, des schistes ou des charbons minéraux.

Ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1896.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

5° **Prix de 3 000 francs** *pour une machine motrice de 25 à 100 chevaux, dépensant au maximum, en travail courant, 7 kilogrammes 1/2 de vapeur par heure et par cheval indiqué.*

L'importance toujours croissante de la machine à vapeur dans tous les travaux de l'industrie a amené, avec la généralisation de son emploi, des perfectionnements qui ont réduit successivement le chiffre de la consommation de vapeur par cheval.

La Société d'Encouragement pour l'industrie nationale, qui a favorisé ce mouvement par le concours qu'elle a ouvert en 1848, n'a pas cessé, depuis lors, de suivre avec la plus vive sollicitude les améliorations que l'on a obtenues : elle serait heureuse d'avoir à constater de nouveau un progrès marqué.

C'est dans ce but qu'elle a institué le prix proposé. Dans le cas où plusieurs concurrents atteindraient le même résultat, la préférence sera accordée à celui qui présentera la machine la plus légère et la moins chère. Les expériences devront durer assez longtemps pour que les faits constatés acquièrent une certitude suffisante, et ne pourront être faites que sur des machines ayant déjà fonctionné industriellement pendant une durée d'au moins six mois.

Le prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1896.

6° **Prix de 2000 francs** *pour les progrès à réaliser dans la filature mécanique du lin et du chanvre.*

La filature mécanique du lin, dont la prospérité a été surtout la conséquence de la crise cotonnière, laisse encore à désirer. Elle n'atteint pas la limite de finesse obtenue par la main; ses métiers sont plus volumineux, plus lourds, plus chers que ceux des autres filatures. L'intervention de l'eau chaude est indispensable, si ce n'est pour les gros fils, et la force motrice dépensée est bien plus grande, à numéro égal, pour le lin que pour les autres substances textiles.

Ces faits constituent des inconvénients graves; ils compliquent les opérations, limitent l'échelle des produits, entraînent à des dépenses considérables, rendent le travail insalubre et expliquent la lenteur du développement normal de l'industrie du chanvre et du lin, qui intéresse particulièrement les pays agricoles. La Société pense que la plupart de ces obstacles tiennent à l'insuffisance de l'assouplissage et de la désagrégation mécanique et physique des filasses du chanvre et du lin, et que, mieux divisées, celles-ci pourraient se filer à une plus grande finesse, ou bien, à finesse égale, avec une dépense moindre et une production supérieure. De légères modifications aux machines en usage suffiraient en ce cas pour procurer les résultats désirés. La division de la matière première devrait néanmoins se borner à une désagrégation physique de la masse des fibres, sans atteindre les inconvénients connus de la cotonisation chimique.

Certains systèmes de rouissage se rapprochent du but par l'état dans lequel ils mettent la substance filamenteuse. S'ils ne sont pas encore répandus dans la pra-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tique, c'est que les filateurs répugnent à tout essai qui les obligerait à modifier des machines coûteuses, dont le fonctionnement normal est nécessaire à l'établissement.

La Société d'Encouragement propose un prix de 2 000 francs en faveur de l'industriel qui, le premier, produira, mécaniquement et d'une façon courante, des fils de lin d'une finesse dépassant 100 000 mètres au kilogramme, ou des fils de chanvre de 15 000 mètres au kilogramme. La production de ces fils dans tous les numéros sera obtenue avec une économie de 15 pour 100 au moins sur la force motrice, et avec une diminution telle dans la température de l'eau, si l'action de la chaleur restait nécessaire, qu'il n'en résulte pas de buée sensible.

Pour avoir droit au prix proposé, il faudra avoir livré à la consommation au moins pour *vingt mille francs* de fils de lin ou de chanvre dans les conditions ci-dessus énoncées.

Dans le cas où le progrès serait atteint par suite de l'emploi de filasses rouies par l'un des procédés existants, la Société se réserve d'accorder à son auteur une récompense spéciale sous forme de médaille ou de prix.

Le prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1896.

7° **Prix de 2 000 francs** *pour une étude ou un procédé tendant à faire disparaître, ou tout au moins à atténuer, de façon à les rendre inoffensives, les fuites connues sous le nom de « fuites aux tubes » sur les chaudières de navigation à tirage forcé.*

Ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1896.

8° **Prix de 1 000 francs** *pour le meilleur mémoire sur le prix de revient de la puissance motrice de la vapeur.*

Ce prix de revient sera rapporté au cheval-heure effectif produit par la machine motrice : il devra être établi séparément pour un certain nombre de moteurs différents, observés en marche pendant une période suffisamment prolongée, les éléments divers des prix de revient devant être donnés, amortissement et intérêt des dépenses de premier établissement, frais d'exploitation (main-d'œuvre, combustible, graissage, eau, etc.), dépenses d'entretien, de réparation et autres. Les divers prix de tare devront être désignés d'une manière aussi complète que possible.

Ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1896.

9° **Prix de 2000 francs** *pour un petit moteur destiné à un atelier de famille, fonctionnant isolément ou rattaché à une usine centrale.*

On a souvent signalé l'intérêt qu'il y aurait, pour le petit fabricant en chambre, à se procurer commodément et à bon marché, toutes les fois qu'il en aurait besoin, la petite quantité de travail pour laquelle il a ordinairement recours à l'assistance momentanée d'un tourneur de roue.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

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 1896.

10° **Prix de 3 000 francs** *pour un procédé de rouissage industriel du lin et du chanvre.*

De nombreux procédés ont été proposés et essayés sans succès durable pour substituer des moyens manufacturiers aux diverses méthodes de rouissage rural (rouissage sur le pré, à l'eau courante, à l'eau stagnante). Sans oublier les expériences de Parent-Duchatelet, tendant à démontrer l'innocuité des eaux de rouissage, sans discuter les travaux d'autres hygiénistes sur le même sujet, il est incontestable que la pratique actuelle présente des inconvénients multiples.

Non seulement l'émission dans les cours d'eau des liquides provenant des routoirs occasionne la destruction du poisson, mais, au point de vue même de la préparation des fibres, le rouissage, tel qu'il s'exécute généralement, se trouve soumis aux influences atmosphériques, et la qualité de la filasse est souvent altérée par une brusque variation de température.

D'autre part, les objections faites aux rouissages manufacturiers tiennent : 1° à la difficulté de transporter, dans une usine plus ou moins éloignée des champs de culture, des poids considérables de tiges réparties sur les grands espaces; 2° au prix de revient élevé des traitements.

A une époque où le personnel des campagnes se familiarise avec l'usage des engins mécaniques et des produits chimiques, où le coût de la main-d'œuvre augmente constamment, l'étude du problème mérite d'être reprise. En conséquence, la Société d'Encouragement propose un prix de 3 000 francs en faveur du procédé qui, tout en faisant du rouissage une opération manufacturière, permettra de traiter les tiges à proximité du lieu de la récolte. Le rendement en filasse, l'épuration et les qualités de la fibre, l'économie de la main-d'œuvre, devront

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

compenser tout au moins le supplément de dépenses occasionné par l'adoption des moyens nouveaux.

Le prix ne pourra être décerné avant la justification d'une exploitation industrielle de deux campagnes au minimum, et de l'utilisation, par la filature française, des produits rouis durant cette période.

Ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1896.

ARTS CHIMIQUES

1° **Prix de 1000 francs** *pour l'utilisation des résidus de fabrique.*

Il fut un temps où les chimistes rejetaient, comme inutile et sans objet, le résidu, le *caput mortuum,* de leurs opérations. En tenir compte, fut une révélation qui, de proche en proche, conduisit de Glauber à Lavoisier, c'est-à-dire de la manipulation indécise à la théorie la plus sûre.

Beaucoup d'industries en sont encore à cette période où les résidus de leurs travaux demeurent sans emploi et deviennent, par leur importance, l'occasion de troubles pour l'hygiène publique, ou de lourdes dépenses et de grandes gênes.

Tout emploi utile de ces matériaux dégrèverait d'une charge les industries qui les produisent, et réduirait d'autant le prix de revient de leurs produits, au profit du consommateur.

Le prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1896.

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

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

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 1896.

3° **Prix de 2 000 francs** *pour une étude expérimentale des propriétés physiques ou mécaniques d'un ou plusieurs métaux ou alliages choisis parmi ceux qui sont d'un usage courant.*

La plupart des procédés industriels reposent sur l'utilisation de certaines propriétés des corps (coefficient de dilatation, ténacité, malléabilité, fusibilité, etc.) dont le rôle est généralement connu d'une façon purement qualitative. Il serait très important de posséder des mesures précises de ces diverses grandeurs, qui permettent d'apprécier exactement leur influence individuelle. Pour ne citer qu'un exemple, on sait que, dans le moulage de la fonte, l'une des plus grandes difficultés que l'on rencontre provient du retrait du métal; or, aujourd'hui, l'on ne possède aucune donnée précise sur la loi de dilatation de la fonte, et même les expériences capitales de Gore, sur les changements brusques de volume que les fers, aciers ou fontes éprouvent au rouge, n'ont pas été reprises, et sont complètement tombées dans l'oubli.

La Société espère que la création d'un prix de 2 000 francs encouragera les recherches dans cette voie. Elle se réserve de partager le prix ou de n'en accorder qu'une partie suivant la valeur des travaux qui lui seront soumis.

Ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1896.

4° **Prix de 2 000 francs** *pour un nouveau procédé de fabrication de l'acide sulfurique fumant et de l'acide sulfurique anhydre.*

La fabrication de l'acide sulfurique de Nordhausen a été, jusqu'ici, le monopole de quelques fabriques de l'Allemagne. La consommation était d'ailleurs limitée à l'emploi qu'on en faisait pour dissoudre l'indigo. Aujourd'hui que l'acide fumant est, pour ainsi dire, indispensable à la production de corps importants, tels que l'alizarine artificielle, il serait utile que nos industriels, au lieu de faire venir de loin et à grands frais un produit dont l'usage s'étend déjà beaucoup et s'étendra certainement encore plus dans l'avenir, puissent avoir à leur disposition un nouveau procédé de fabrication.

La Société d'Encouragement a décidé qu'un prix de 2 000 francs serait décerné pour un nouveau procédé de fabrication de l'acide sulfurique fumant, ou de l'acide anhydre, plus économique que ceux qui ont été appliqués jusqu'ici.

Ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1896.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

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 généralement sous la forme de chlorure de calcium. D'où résulte, d'une façon nécessaire, et dans une mesure fixée par les besoins du blanchiment, de la papeterie, etc., la conservation actuelle du procédé ancien en face du procédé nouveau.

Il en serait autrement si, résolvant un problème jusqu'ici considéré comme insoluble, la fabrication des produits chimiques parvenait à retirer, des résidus laissés par la fabrication de la soude à l'ammoniaque, le chlore que ceux-ci 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 1896.

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'alumi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nium, 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 1896.

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 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

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

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 1896.

8° **Prix de 2 000 francs** *pour une étude sur la dilatation, l'élasticité et la ténacité des pâtes et couvertes céramiques.*

Les différents produits céramiques présentent, au point de vue de la solidité, des qualités bien différentes. Les porcelaines et les grès peuvent être environ dix fois plus résistants que les terres cuites et faïences communes; l'addition de fondants à la pâte des faïences fines leur donne, à ce point de vue, une situation intermédiaire entre les produits extrêmes. Des mesures précises de résistance à l'écrasement, à l'arrachement ou à la flexion de ces divers produits seraient évidemment très utiles, si elles étaient rapprochées de la nature et de la proportion des éléments constitutifs des pâtes, et de leur température de cuisson.

L'accord des pâtes et des couvertures est un des problèmes les plus délicats de la céramique; ce n'est actuellement que par des tâtonnements indéfiniment prolongés, et partant très coûteux, que l'on arrive à quelques solutions particulières plus ou moins satisfaisantes. Ainsi, pour arriver à reconstituer la véritable porcelaine chinoise, il n'a pas fallu moins de trente années de travail. Il semble que la connaissance exacte des coefficients de dilatation et des limites d'élasticité 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 1896.

9° **Prix de 1 000 francs** *pour la substitution à l'acide sulfurique, dans la teinture, et notamment dans la teinture des soies, d'un autre composé donnant aux fibres l'apprêt voulu, mais n'exerçant pas sur elles la même action destructive.*

Ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1896.

10° **Prix de 2 000 francs** *pour une étude scientifique des propriétés physiques et mécaniques des verres.*

La composition chimique des verres varie avec les usages auxquels ils sont destinés. Ce ne sont pas seulement la considération de l'abaissement du prix de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

revient d'une part, et celle de l'éclat, de la transparence, d'autre part, qui motivent ces variations de composition. Les conditions variées de travail et d'emploi du verre exigent des qualités également variées. D'une façon générale, le verre doit prendre une fluidité telle que l'affinage soit complet, le dégagement des bulles gazeuses parfaitement assuré. En outre, pour la gobeleterie, il faudra un verre restant longtemps malléable, et pouvant se travailler jusqu'à une température relativement assez basse ; pour les bouteilles à champagne, il faut un verre résistant et peu altérable; pour les émaux, il faudra des verres ayant une élasticité considérable, leur permettant de se prêter aux dilatations inégales des corps qui les supportent.

Ces diverses qualités sont susceptibles, les unes de mesures rigoureuses, les autres de mesures approchées, dont la connaissance présenterait un intérêt incontestable. On peut déterminer la température à laquelle un verre commence à plier sans rompre, puis à se déformer sous son propre poids, à couler comme un liquide, et enfin à laisser monter à la surface les bulles gazeuses. On peut également mesurer la ténacité à des températures croissantes. Le coefficient d'élasticité et celui de dilatation peuvent aussi faire l'objet de mesures précises.

De semblables mesures, bien entendu, ne peuvent avoir d'utilité qu'à condition d'être rapprochées de la composition chimique du verre, des conditions de refroidissement lent ou rapide, en un mot, de toutes les circonstances dont ces grandeurs peuvent être fonctions. Des expériences faites sur des matières insuffisamment déterminées seraient totalement dénuées de valeur.

La Société d'Encouragement propose, pour une semblable étude, un prix qui pourra s'élever à 2 000 francs, suivant l'importance du travail et des résultats obtenus.

Ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1896.

11° **Prix de 2 000 francs** *pour la découverte de procédés capables de fournir, par des transformations chimiques quelconques, des espèces organiques utiles, telles que la quinine, le sucre de canne, etc.*

La chimie organique est en possession de doctrines et de méthodes pratiques au moyen desquelles on peut prévoir et réaliser la production, par voie de transformation, d'un grand nombre de substances. L'urée, l'huile d'amandes amères, l'huile volatile de reine-des-prés, l'alcool, l'acide des fourmis, les essences à odeur de fruit, etc., ont été reproduits au moyen de procédés certains, en partant de substances qui semblaient très éloignées de la composition de ces corps, et quelquefois avec autant d'économie que de facilité.

Il n'y a pas de limites à ces sortes de créations, ou plutôt de ces nouveaux arrangements. Aux yeux de la théorie, il n'y a pas de différence entre la produc-

Droits réservés 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 1896.

12° **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 1896.

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,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

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 1896.

ARTS ÉCONOMIQUES

1° **Prix de 2000 francs** *pour l'invention de procédés nouveaux permettant d'utiliser le pétrole pesant au moins* $0^{k},800$ *avantageusement et sans danger, soit dans l'industrie, soit dans l'économie domestique.*

Le pétrole, dont la production augmente de jour en jour et dont l'usage sous des formes diverses tend à se développer, fournit une source précieuse de chaleur et de lumière. Il importe de perfectionner les appareils à l'aide desquels on l'emploie, et cela non seulement au point de vue de l'utilité que l'on peut en retirer, mais aussi pour éviter complètement, ou du moins pour diminuer autant que possible les accidents auxquels donne trop fréquemment lieu l'usage du pétrole. La Société d'Encouragement accordera le prix à l'inventeur qui, dans ce double ordre d'idées, aura réalisé les plus grands progrès.

Ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1896.

2° **Prix de 2000 francs** *pour la découverte de procédés propres à diminuer le nombre des feux de cheminée et la gravité des dommages qui en résultent.*

Les feux de cheminée sont très fréquents à Paris ; leur nombre dépasse sensiblement celui des autres incendies. Ces accidents, qui ont quelquefois des conséquences graves, résultent généralement de l'imperfection des procédés mis en usage pour enlever la suie qui obstrue les conduits de fumée. Il serait très désirable que l'on trouvât le moyen de supprimer ou au moins de diminuer l'adhérence de la suie, et que l'on inventât des appareils propres à enlever cette suie d'une manière complète, quelles que fussent les dimensions et les sinuosités des tuyaux. Enfin, il serait très utile de pouvoir, par les moyens simples, vérifier si les conduits ne présentent pas des fissures par lesquelles la fumée ou la flamme

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des cheminées pouvait se répandre dans les planchers, dans les appartements ou dans un autre corps de cheminée.

Le prix sera décerné en 1896 à l'inventeur qui aura réalisé des améliorations notables dans l'une ou l'autre de ces directions.

3° **Prix de 2 000 francs** *pour une lampe électrique à incandescence ayant une intensité d'une bougie décimale, et fonctionnant avec un vingtième d'ampère, sous* 100 *volts de différence de potentiel.*

Les lampes à incandescence actuelles ont une intensité lumineuse de 8, de 10, de 12, de 16 ou de 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. Au prix maximum des stations parisiennes (7 fr. 50 le kilowatt-heure) chaque lampe d'une bougie décimale, dépensant 0,05 ampère sous 100 volts, ne coûterait que 75 centièmes de centime par heure, c'est-à-dire environ 5 fois moins qu'une bougie de l'*Étoile*. 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 1896.

Si le problème n'est pas résolu entièrement, la Société se réserve de tenir compte des résultats obtenus dans la voie indiquée.

4° **Prix de 3 000 francs** *relatif à la fabrication des aimants permanents.*

Les aimants permanents, en fournissant des champs magnétiques indépendants, gratuits et relativement puissants, sont susceptibles de rendre de grands services dans le domaine des applications électriques ; ils se prêtent notamment d'une manière fort avantageuse à la construction de toute une catégorie d'instruments de mesure, et concourent ainsi efficacement à la solution des problèmes généraux.

Les qualités qu'on attend d'eux sont la force et la stabilité. Ces qualités sont

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

évidemment liées à la nature du métal qui les constitue et au traitement que ce métal a pu subir.

Les études à faire sur la question peuvent donc porter, d'une part, sur la composition de l'acier à aimants et le rôle des éléments, autres que le fer, qui peuvent y être introduits, et, d'autre part, sur les procédés et températures de trempe, les recuits et opérations accessoires de nature à améliorer les résultats obtenus.

Le prix sera décerné en 1897 à l'auteur d'une méthode réalisant des perfectionnements importants sur les méthodes actuelles.

AGRICULTURE

1° **Prix de 2 000 francs** *pour la meilleure étude sur l'agriculture et l'économie rurale d'une province ou d'un département.*

L'agriculture et l'économie rurale des diverses parties de la France présentent des différences dignes de remarque, provenant de causes locales encore peu 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 1898.

2° **Prix de 3 000 francs** *pour l'étude des ferments alcooliques.*

L'étude des ferments qui interviennent dans la production des boissons fermentées a pris, depuis les travaux de M. Pasteur, une importance considérable. Les diverses levures entrent en jeu, non seulement pour produire de l'alcool,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mais encore pour développer le goût et le bouquet qui établissent de si grandes différences dans la valeur de ces produits.

L'étude de ces levures n'est pas, à l'heure qu'il est, suffisamment avancée, leur rôle dans la qualité des boissons fermentées n'est pas bien défini. La Société désire provoquer de nouvelles recherches sur ce sujet.

En outre, à côté de ces levures qui sont les agents de la production du vin, du cidre, de la bière, se trouvent d'autres organismes, dont le rôle est bien différent, et qui agissent sur les boissons fermentées d'une manière défavorable, occasionnant ce qu'on appelle les maladies des vins, du cidre, de la bière. L'étude de ces organismes et des moyens propres à soustraire à leur action les boissons fermentées présente également le plus haut intérêt. La Société a pensé qu'elle devait encourager ceux qui, dans ces questions délicates, auront fourni des documents nouveaux pouvant s'appliquer à la pratique.

Les concurrents à ce prix devront apporter des données précises, obtenues avec une rigueur scientifique. Ils devront indiquer en outre l'application de ces données à l'amélioration de la qualité et à la conservation des boissons fermentées.

Ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1897.

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*).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

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 1896.

4° **Prix de 1 500 francs** *pour les meilleures variétés d'orges de brasserie.*

Il est ouvert, par la Société nationale d'Encouragement pour l'Industrie nationale, un concours pour la culture des variétés d'orges d'hiver et de printemps, en vue de la brasserie.

Les conditions du concours sont les suivantes :

1° Nul ne peut être admis au concours si la culture, pour chaque variété, n'est pas de deux hectares au moins.

2° Le poids de l'hectolitre devra être de 68 kilos au minimum.

Les caractères qui serviront à l'appréciation du jury sont ceux d'une bonne orge de brasserie, savoir :

1° Couleur jaune clair de paille, ou serin, ou blanc jaunâtre, uniformément répartie sur tout le grain.

2° Cassure blanche, farineuse et de bon goût.

3° Odeur franche.

4° Bonne conformation des grains (forme bombée, courte, ronde, grains bien nourris et finement ridés).

5° Propreté et homogénéité des grains.

6° Grande faculté et énergie germinatives (92 à 96 p. 100 de grains germés dans un délai de 3 jours).

La pureté, la faculté germinative et la composition chimique seront examinées au laboratoire de l'Institut national agronomique.

Les échantillons exposés devront être de 20 litres; ils seront envoyés en sac scellé, et seront accompagnés d'une gerbe.

La Société aura le droit de disposer de ces échantillons.

La Société se réserve le droit de faire inspecter, par des délégués, les champs ensemencés et d'assister à la récolte.

Les concurrents, dans leur déclaration, devront faire connaître :

1° Leur nom et domicile.

2° L'étendue de leur culture.

3° L'étendue consacrée à la culture de l'orge.

4° La variété d'orge cultivée.

5° L'origine ou la provenance des semences d'orge qu'ils emploient.

6° La nature du sol et du sous-sol où se fait leur culture d'orge.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

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 1890 et en 1891.

Prix obtenu par hectolitre.

Prix obtenu par quintal.

Le prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1896.

5° **Prix de 3 000 francs** *pour la reconstitution des vignobles sur les terrains calcaires-crayeux.*

Le phylloxera, depuis son apparition en France, a causé de grands dommages dans les vignobles des régions du Sud et du Sud-Ouest. Dans beaucoup de localités appartenant à ces régions, les vignes ont été complètement anéanties; mais grâce à divers cépages américains cultivés soit comme producteurs directs, soit comme porte-greffes pour les anciennes vignes françaises, on est parvenu, depuis quinze années, sur un assez grand nombre de points, à reconstituer des vignobles remarquables par leur vigueur et leur productivité. Toutefois, ces excellents résultats n'ont pu être obtenus que sur des terrains argilo-siliceux, silico-argileux ou silico-calcaires, profonds et de bonne fertilité. Jusqu'à ce jour, c'est en vain qu'on a tenté de créer des vignobles sur les sols *calcaires crayeux à sous-sol crayeux*, à la place des vignes détruites par le phylloxera. C'est aussi sans succès qu'on a cherché à reconstituer les vignobles qui ont fait la richesse de la *Champagne* dans l'Angoumois, parce que leurs produits servaient à la fabrication de l'*eau-de-vie dite fine-Champagne*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La Société d'Encouragement espère qu'un prix de 3 000 francs encouragera les tentatives dans cette voie. Elle se réserve de partager le prix ou de n'en accorder qu'une partie, suivant les mémoires qui lui seront adressés.

Les concurrents devront fournir, avec la dénomination exacte du cépage cultivé, un échantillon du terrain, une description du sol, l'étendue plantée, l'âge et le mode de direction des plants, et un échantillon du produit avant et après la distillation. Tous ces détails devront être certifiés exacts par le professeur départemental d'agriculture et les agents des contributions indirectes.

Le prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1896.

6° **Prix de 1 500 francs** *pour l'introduction, dans la grande culture, d'une nouvelle plante fourragère vivace.*

Chaque année, depuis quelque temps, on propose à l'agriculture française une ou deux plantes fourragères nouvelles, pouvant donner annuellement une production herbacée dix fois supérieure à celle que fournit la luzerne dans les meilleurs terrains. Au nombre des nouveautés les plus préconisées, on peut signaler la *consoude du Caucase* ou *consoude à feuilles rudes* (*Symphitum asperrimum*), la *vesce velue* (*Vicia villosa*), la *persicaire de Sakhalin* (*Polygonum sachalinense*), la *gesse des bois* (*Lathyrus sylvestris*), etc. Toutes ces plantes ont été expérimentées; mais, jusqu'à ce jour, presque tous les essais ont été faits dans des conditions qui n'avaient pas d'analogie avec les terrains où la moyenne et la grande propriété cultivent leurs plantes fourragères.

C'est dans le but d'avoir des données exactes sur la production herbacée que ces plantes peuvent fournir chaque année en grande culture que la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale propose un prix de 1 500 francs à l'agriculteur qui aura introduit sur son exploitation une nouvelle plante fourragère à grand rendement, d'une culture simple, et pouvant facilement être propagée soit par graines, soit par boutons de racines, soit par éclats de pieds, sans occasionner une dépense hors de proportion avec la valeur du fourrage produit.

Les concurrents, dans leur déclaration, devront faire connaître : 1° leur nom et domicile; 2° l'étendue de leur culture; 3° la nature de leur terrain et du sous-sol sur lequel il repose; 4° les modes de multiplication de la plante; 5° l'époque du semis ou de la plantation; 6° la date de la floraison; 7° l'époque des récoltes; 8° le produit total obtenu sur un hectare; 9° la surface totale occupée par la plante; 10° la durée de son existence; 11° les animaux auxquels elle aura été donnée et sa valeur alimentaire; 12° la place qu'elle occupe dans l'assolement; 13° le compte financier de la plante cultivée.

Nul ne sera admis au concours si la culture pour chaque plante ne s'étend pas sur deux hectares au minimum.

Le prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1896.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

7° **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 modifiés à la suite de l'invasion phylloxérique et de la reconstitution des vignobles 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 1896.

8° **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

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

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 qualité 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 1897.

CONSTRUCTIONS ET BEAUX-ARTS

Prix de 1 000 francs pour la découverte d'une matière plastique de ton coloré imitant la pierre, le marbre ou la terre cuite, ayant la solidité nécessaire pour résister, soit au dedans, soit au dehors des habitations, comme le ferait la terre cuite, mais ne présentant ni les dangers de la cuisson, ni ses infidélités ou ses retraits. Cette matière devra se prêter à un moulage, à un estampage et à des retouches comme le plâtre.

Ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1896.

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.* (En 1896.)

Ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1896.

En cas contraire, il sera de nouveau mis au concours.

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.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

COMMERCE

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 1895. 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.

Prix de 1500 francs *pour une étude sur l'assurance contre le chômage involontaire.*

Les concurrents chercheront à délimiter le chômage involontaire et à en déterminer l'importance. Ils analyseront les tentatives d'applications réalisées ou proposées, et étudieront si ce chômage est justiciable de l'assurance, et, dans le cas de l'affirmative, quelles pourraient être les bases d'une organisation et d'une tarification rationnelles.

Ce prix sera décerné s'il y a lieu en 1897. 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.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

FONDATIONS ET DONS SPÉCIAUX

Legs Bapst.

Cette fondation se compose de deux parties. L'une d'elles, destinée à donner des secours aux inventeurs malheureux, possède un titre de 1 565 fr. 20 de rente 3 p. 100.

La seconde partie du legs, qui doit servir à aider les inventeurs dans leurs travaux, possède un titre de 3 304 fr. 80 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 Menier (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.

Le revenu du capital de 50 000 francs, légué à la Société par Henri Giffard, a été divisé en deux parties : l'une destinée à instituer un prix de 6 000 francs à décerner tous les six ans, et l'autre à distribuer des secours dans des conditions qu'il appartient au Conseil d'administration de la Société de fixer. — La somme disponible pour les secours est de 974 fr. 50.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Fondation Christofle et Bouilhet (Artistes industriels).

Cette fondation, destinée à venir en aide à des artistes industriels malheureux, possède un revenu annuel de 417 fr. 60.

MÉDAILLES

A DÉCERNER AUX CONTREMAITRES ET AUX OUVRIERS DES ÉTABLISSEMENTS INDUSTRIELS ET DES EXPLOITATIONS AGRICOLES.

La Société d'Encouragement, dans le but d'exciter les contremaîtres et les ouvriers à se distinguer dans leur profession et à encourager ceux qui se font remarquer par leur bonne conduite et les services qu'ils rendent aux chefs qui les emploient, a pensé que le moyen le plus propre à amener ce résultat était d'accorder des récompenses à ceux qu'une longue expérience aurait fait reconnaître comme ayant servi avec zèle, activité et intelligence; en conséquence, elle a pris l'arrêté suivant :

1° Il sera décerné chaque année, dans la séance générale, des médailles de bronze aux contremaîtres et ouvriers des grands établissements industriels et des exploitations agricoles de France.

2° Chaque médaille, à laquelle seront joints des livres pour une valeur de 50 francs, portera gravés le nom du contremaître ou de l'ouvrier et la désignation soit de l'atelier, soit de l'exploitation agricole à laquelle il est attaché.

3° Les contremaîtres ou ouvriers qui voudront obtenir ces médailles devront se munir de certificats dûment légalisés, attestant leur moralité et les services qu'ils ont rendus, depuis cinq ans au moins, à l'établissement auquel ils sont attachés. Ces certificats devront être appuyés tant par le chef de la maison, par le maire et les autorités locales, que par les ingénieurs civils ou militaires, en activité ou en retraite, et par les membres de la Société d'Encouragement qui résident sur les lieux.

4° Le contremaître ou l'ouvrier ne pourra être ni le parent, ni l'allié, ni l'associé, par acte, des propriétaires de l'établissement. Il devra savoir *lire* et *écrire*, et s'être distingué par son assiduité à ses travaux, son intelligence et les services qu'il aura rendus à l'atelier ou à l'exploitation agricole; à mérite égal, la préférence sera accordée à celui qui saura dessiner et qui aura fait faire des progrès à la profession qu'il exerce. Enfin, les certificats, en attestant que ces conditions sont remplies, donneront sur le candidat tous les détails propres à faire apprécier ses qualités.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CONDITIONS GÉNÉRALES

A REMPLIR PAR LES CONCURRENTS AUX PRIX ET RÉCOMPENSES
DÉCERNÉS PAR LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

1° Les modèles, mémoires, descriptions, renseignements, échantillons et pièces destinés à constater les droits des concurrents seront adressés franco de port au *Secrétariat de la Société d'Encouragement* pour l'industrie nationale, *44, rue de Rennes*. Ils devront être *remis avant le 31 décembre de l'année précédant la distribution des prix :* ce terme est de rigueur.

2° Les procédés ou machines seront examinés par les Comités compétents.

3° Les membres du Conseil d'Administration sont exclus du concours.

4° Les autres membres de la Société sont admis à concourir ainsi que toutes autres personnes de nationalités française ou étrangères. Les mémoires, notes, descriptions et légendes doivent être rédigés en langue française.

5° La Société se réserve le droit de publier en tout ou en partie les documents récompensés.

6° La Société ne rendra pas les mémoires descriptifs, les pièces écrites et les dessins qui n'auront point été récompensés; mais elle permettra aux auteurs d'en prendre copie, et elle leur rendra les modèles s'il y a lieu.

7° Les concurrents qui auraient traité plusieurs des questions mises au concours sont invités à envoyer des mémoires séparés sur chacune d'elles.

8° La Société remettra le montant des récompenses ou les médailles aux titulaires ou à leurs fondés de pouvoir.

N.-B. La communication des mémoires ou procédés soumis aux concours ne saurait engager en aucune façon la responsabilité de la Société quant à l'application des lois et règlements qui régissent les brevets d'invention.

LES PIÈCES DÉPOSÉES RESTENT LA PROPRIÉTÉ DE LA SOCIÉTÉ.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LIVRES ET OUVRAGES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE

EN AVRIL 1895

Le Crédit agricole, par M. E. MILLE, une brochure. Imprimerie J. Nicot, 16, rue du Louvre.

L'Iode et les produits secondaires extraits des gaz des hauts fourneaux. Fabrication de la soude. 2 brochures, par M. HIPPERT. Nancy, imprimerie Berger-Levrault.

Leçons élémentaires de Télégraphie électrique, par MM. MICHAUT et GILLET. 1 vol. Paris, Gauthier-Villars.

Les Machines agricoles sur le terrain, par M. A. DEBAINS. 3 vol. in-18. Société d'éditions scientifiques, 4, rue Antoine-Dubois.

Revue agricole, industrielle, et artistique, année 1894, vol. XIV. Imprimerie Prignet, à Valenciennes.

Compas dynamométrique PINGUET. — **La Question monétaire**, par M. FOUGEIROL. 2 brochures offertes par M. SIMON.

De M. CHEYSSON, vice-président de la Société, les brochures suivantes :

Production et consommation des vins en France. Rapport au Congrès viticole de Lyon, le 18 avril 1894.

Le Congrès international des accidents du travail à Milan, et la **Garantie obligatoire de l'indemnité.**

Le Budget de la prévoyance ouvrière. Communication, le 4 mars 1894, à l'Assemblée générale de la Société française des habitations à bon marché.

Le Cottage d'Athis. Société coopérative d'habitations à bon marché. Réunion du 9 décembre 1893.

Le Musée social. Communication du 26 août 1894, au huitième Congrès des Sociétés coopératives de consommation.

Nécessité et bases d'une loi d'assurance sur la vie. Communication du 28 mars 1894 au Congrès des Sociétés savantes.

Deuxième Congrès national du patronage des libérés. Lyon, juin 1894. **Rapport sur le bureau central de patronage.**

Le rôle et le devoir du capital (Extrait de la *Réforme Sociale*). 1 br. in-8, au siège du Comité de défense et de progrès, 54, rue de Seine.

Des lois ouvrières au point de vue de l'intervention de l'État. 1 br., Ch. Guillaumin.

François Jacquemin. Notice nécrologique. 1 br. in-18, 46 p., Dunod et Vicq.

L'Économie sociale et l'hygiène (Extrait de la *Revue d'hygiène*).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Assocation alsacienne des propriétaires d'appareils à vapeur. Exercice 1894.

La Locomotive en Turquie d'Asie, par M. J. Coureau. 1 vol. in-8, 112 p., chez E. Guyot, Bruxelles.

De la Collection Léauté : Sorel, **La Distillation.** P. Hall, **Les Marées.** La Baume Pluvinel, **Théorie des procédés photographiques.** Vallée, **Balistique des nouvelles poudres.** Leloutre, **Le Fonctionnement des machines à vapeur.** Paris, Gauthier-Villars.

La Stéréochimie, par M. E.-G. Monod. 1 vol. in-8, 162 p. Gauthier-Villars.

L'Animal envisagé comme machine motrice et **Une Audience de Carnot,** par M. Thurston, correspondant de la Société.

Annuaire de la Société Philomatique pour 1894. 1 vol. in-8, 287 p., Paris, Delagrave.

Société industrielle d'Elbeuf. *Bulletin* de 1894. 1 vol. in-8, 102 p., imprimerie M. Crépel, à Elbeuf.

Ministère du Commerce et de l'industrie. Office du travail. Salaires et durée du travail dans l'industrie française. Vol. II, in-8, 760 p.

Exposition de Chicago. Rapports publiés sous la direction de M. Camille Krantz. **Génie civil. Travaux publics. Architecture.** Rapport de M. J. Hermant. 1 vol. in-8, 185 p.

Appareils de chauffage. Plomberie et appareils sanitaires, quincaillerie, ferblanterie, coutellerie, par M. Armand Dufrêne.

Carrosserie. Harnais. Vélocipèdes et accessoires, par M. A. Guet.

Instruments de photographie et appareils photographiques, par MM. le commandant Desforges et A. Lumière.

Médecine et chirurgie, par le Dr Baudouin et R. Mathieu.

Librairie et cartographie, par MM. Le Soudier et le commandant Desforges.

Matériel de guerre et armes de luxe, par MM. le commandant Desforges et A. Susse.

Économie sociale, par M. E.-O. Lami.

Vins, boissons, liqueurs, eau-de-vie, spiritueux, alcools, par MM. Larronde, Glottin et Roy.

Les ascenseurs américains, par M. Édoux.

Mines. Exploitation des mines et métallurgie, minerais de soufre, par M. P. Arbel.

Bijouterie, joaillerie, orfèvrerie, par MM. H. Vever et A. Bouilhet.

Soies, rubans, lin, chanvre, laines, ramies, coton, etc., par MM. Chabrères et Guinet.

Commissariat spécial des colonies, de la Tunisie et de l'Algérie, par MM. L. Henrique et E. Monteils.

Ministère de l'Intérieur. **Situation financière des départements en 1892,** présentée par M. A. Mastier. Melun, Imprimerie administrative.

Ministère de la Justice. **Comptes généraux de l'administration de la Justice civile, criminelle et communale en France et en Algérie pour l'année 1891,** 2 vol. in-4, Imprimerie nationale.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les Moteurs à gaz et à pétrole en 1893 et 1894, par M. G. RICHARD. 1 vol. in-8, 318 p. 486 fig.; chez Dunod et Vicq.

Rapport à l'Assemblée générale de l'Association des Inventeurs, par M. BRÜLL (membre de la Société).

Au Tonkin et sur la frontière du Kwang-Si, par le lieutenant-colonel P. Famin. 1 vol. in-4, 375 p., chez A Challamel, Paris.

Revue des Travaux scientifiques. Vol. XIV, nos 9 et 10. *Ministère de l'Instruction publique.*

Carte hydrographique d'Italie. Libri Garigliano, Paludi Pontini e Fucino (*Ministère de l'Agriculture d'Italie*).

Commissioner of Labor des États-Unis. — 7e rapport annuel, 1891. *Textiles et Verrerie.* Prix de la vie. 1 vol. in-8, 2050 p. Washington, Imprimerie du Gouvernement.

L'horticulture dans les cinq parties du monde, par M. C. BALLET, horticulteur à Troyes. 1 vol. in-8, 780 p., Librairie agricole, 26, rue Jacob, Paris.

Œuvres d'Augustin Cauchy, 2e série, vol. X. 1 vol. in-4, 464 p., Gauthier-Villars.

Traité d'électricité (théorie et applications), par F. RODARY, ingénieur civil des mines. 1 vol. in-8, 520 p., 586 fig., chez Dunod et Vicq.

Traité pratique de savonnerie, par E. MORIDE, 1 vol. in-8, 448 p., 115 fig., 2e éd., chez Baudry et Cie.

Manuel de la métallurgie du fer, par A. LEDEBUR, traduit par BARBAY DE LANGLADE, revu et annoté par F. VALTON, ingénieurs civils des mines. 1 vol. in-8, 534 p., 160 fig., chez Baudry et Cie.

Rapports présentés à la Commission des méthodes d'essai des matériaux de construction.

Essais des aciers, fers et fontes par l'analyse chimique, par M. A. CARNOT (vice-président de la Société). — **Inégale diffusion des éléments étrangers dans les lingots d'acier ou de fer fondu** et **Essais de pliage à froid**, par M. A. POURCEL, membre de la Société. — **Essais sur la terminologie technique**, par MM. GANDILLOT, OSMOND et POURCEL.

Par M. OSMOND, membre de la Société : **Sur la fragilité et la plasticité. — Sur la dureté, sa définition et sa mesure. — Sur la méthode du refroidissement, considérée comme méthode d'essais des métaux. — Sur les essais de trempe. — Sur la résistance électrique du fer et de l'acier et ses rapports avec la composition chimique; la trempe et le recuit. — Sur la métallographie microscopique. — Sur les essais de pénétration statique et par striage.**

Construction des moteurs à pétrole exposés au Palais de l'Industrie en février 1895, par E. BADOIS. 1 br. in-8, 8 p.

Bulletin météorologique du département de l'Aude, par M. ROUSSEAU.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LITTÉRATURE

DES

PÉRIODIQUES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIÉTÉ

Du 15 Mars au 15 Avril 1895.

DÉSIGNATIONS ABRÉGÉES DES PUBLICATIONS CITÉES (1)

Al., Avril.

Ag. . . . Journal de l'Agriculture.
Ac.. . . . Annales de la Construction.
Acp. . . . Annales de Chimie et de Physique.
Ai.. . . . Annales industrielles.
AM. . . . Annales des Mines.
Ap. . . . Journal d'Agriculture pratique.
APC . . . Annales des Ponts et Chaussées.
At. . . . Annales télégraphiques.
Bam . . . Bulletin technologique des anciens élèves des écoles des arts et métiers.
Btp. . . . Bulletin du ministère des Travaux publics (statistiques).
Ci. . . . Chronique industrielle.
Co.. . . . Cosmos.
CN. . . . Chimical News (London).
Cs.. . . . Journal of the Chemical Society (London).
CR. . . . Comptes rendus de l'Académie des Sciences.
Dp. . . . Dingler's Polytechnisches Journal.
E. . . . . Engineering.
EaM. . . . Engineering and Mining Journal.
EE.. . . . Eclairage Électrique.
El.. . . . Electrician (London).
Elé. . . . L'Électricien.
Eg. . . . . Journal de l'Éclairage au gaz.
Ef.. . . . Économiste français.
Es.. . . . Engineers and Shipbuilders in Scotland (Proceedings).
Fi . . . . Journal of the Franklin Institut (Philadelphie).
Gc. . . . Génie civil.
Gh. . . . Bulletin de Géographie historique.
IC. . . . . Ingénieurs civils de France (Bulletin.).
Ie. . . . Industrie électrique.
Im.. . . . Industrie minérale de Saint-Étienne.
IME. . . . Institutions of Mechanical Engineers (Proceedings).
In. . . . Inventions nouvelles.
Ln. . . . La Nature.
MoC. . . Moniteur officiel du Commerce.
Ms. . . . Moniteur scientifique.
N. . . . Nature (anglais).
OIA.. . . Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieure und Architekten. Vereins.
Pc. . . . Journal de Pharmacie et de Chimie.
Pm . . . *Portefeuille* économique des *machines*.
Rgc.. . . Revue générale des chemins de fer.
Rgds. . . Revue générale des Sciences.
Ri. . . . Revue industrielle.
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 (Bulletin).
Sfp . . . Société française de photographie (Bulletin).
Si. . . . La Science illustrée.
Sie. . . . Société internationale des Électriciens (Bulletin).
Sg. . . . Bulletin de la Société de géographie.
SL. . . . Bulletin de statistique et de législation.
SuE. . . Shahl und Eisen.
USR. . . Consular Reports to the United States Government.
VDI.. . . Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure.

(1) Exemple, Ri 22 *Al.* 505 doit se lire *Revue Industrielle*, 22 Avril 1895, page 505.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

Betterave (La) à 8 degrés (Vivien). *Ag.* 13. *Al.* 586.
— Montée en graines (Troude). *id.* 573.
— Amélioration dans la culture de la (Schribaux). *Ap.* 11. *Al.* 532.
Blés (décortication des) (Baland), *CR.* 18 *Mars*, 638.
— Provenant d'un terrain salé en Algérie. *CR.* 25 *Mars*, 691.
Céréales (Culture des) en Algérie (Vagnon). *Ap.* 14. *Al.* 494.
Chevaux (Les) percherons. *Ag.* 30 *Mars*, 489.
Engrais *Déchets d'os* Utilisation des à la ferme (Grandeau). *Ap.* 11. *Al.* 527.
Nitrification de quelques terres granitiques (Claudel). *Ag.* 13. *Al.* 366.
Fumures phosphatées (Grandeau). *Ap.* 28 *Mars*, 454.
— Potassiques (Dyer). *Ap.* 4. *Al.* 491.
Sulfure de carbone : effets sur les sols fatigués (Oberlin). *Ap.* 28 *Mars.* 4 et 10 *Al.* 459, 499, 535.
Sulfate de fer pour la pomme de terre (Sill). *Ag.* 30 *Mars*, 509.
Superphosphates (Influence de l'oxyde de fer et de l'alumine sur la réversion des). *Cs.* 30 *Mars.* 242.
Ensemencement au printemps. Méthode pour débarrrasser le sol des mauvaises herbes (Scribaux). *Ap.* 21 *Mars*, 420.
Greniers publics en Allemagne. *USR. Mars*, 419.
Faucheuses et moissonneuses. Exposition agricole de Berlin. *VDI.* 13. *Al.* 435.
Fourrages redoublés (Genay.). *Ag.* 30 *Mars*, 492.
Irrigations (les) et l'agriculture dans le sud-ouest des États-Unis. *Ef.* 30 *Mars*, 395.
Labourage. Charrue à vapeur Maxwell. *E.* 29 *Mars*, 425.
— Orientation des labours (Dumas). *Ap.* 11. *Al.* 541.
Lait (Mouillage des) (Lescœur). *ScP.* 5 *Al.* 366.
— (Phosphate de chaux du) (Vaudin). *CR.* 8 *Al.* 785.
Mécanique agricole au Palais de l'Industrie (Ringelman). *Ap.* 21-28 *Mars.* 4 *Al.* 426, 466, 505.
Oranger (L') (Heuzé). *Ap.* 11. *Al.* 543.
Poulailliers économiques (Giot). *Ag.* 6. 13. *Al.* 528, 578.
Prairies créées sur le haut plateau des Ardennes Belges (Heuzé). *Ap.* 28 *Mars*, 464.
Syndicats agricoles (les). *Ef.* 23 *Mars*, 357. *RSo.* 16. *Al.* 670.
Vigne. Production du vin et utilisation des principes fertilisants (Muntz). *CR.* 18 *Mars*, 635.
— Provignage des vignes greffées. *Ag.* 23 *Mars*, 471.

CHEMINS DE FER

Accidents aux États-Unis en 1894. *Ri.* 30 *Mars*, 127.
Aiguillages et changements de voie à Chicago. *V.D.I.* 23 *Mars*, 348.
Boîte à graisse à rouleaux Meneely. *E.* 29 *Mars*, 419.
Chauffage des trains aux États-Unis. *Pm. Al.* 53.
Chemins de fer portatifs pour usines et travaux (White). *E.* 23 *Mars*, 389.
— De Sceaux. *Ln.* 30 *Mars*, 275. Du Transvaal (de Koning). *IC. Fév.* 294. Vicinaux Belges. *Ap.*
Locomotives à l'Exposition de Chicago (Baclé). *Gc.* 23 *Mars*, 328.
— A 8 roues couplées. Chemins Mexicains. *E.* 23 *Mars*, 373.
— Nouvelles compound. *D.p.* 29 *Mars*, 291.
— (Calcul des) (Leitzmann). Bulletin de la Société d'Encouragement de Berlin. 4 *Mars*, 111.
— Équilibre des (C. Gross). *E.* 29 *Mars.* 419.
Métropolitains. L'Elevated de Fulton St. Brooklyn. *O.I.A.* 5. *Al.* 193.
Signaux. Galets porte-fils Charrington. *E.*, 29 *Mars*, 419.
Rails en acier Thomas. *Rt.* 25 *Mars*, 120, 162.
Tachimètre pour locomotives Pfeil. *Ri.* 23 *Mars*, 115.
Terrassements. Exécution par les charrues à vapeur (Cordelier) *Rgc. Mars*, 152.
Voie étroite. 1m,06. New Zeeland. *Rgc. Mars*, 162, 0m,75 Inde : Locomotive pour. *E.* 29 *Mars*, 406.
Voie du Pennsylvania. Ry. Rgc. Mars, 163.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Voitures de 1re classe du London and North-Western. *E.* 12 *Al.*, 473.

TRANSPORTS DIVERS

Bicyclette (la) et l'hygiène. *Ln.* 13 *Al.*, 307.
— Construction d'une, à l'usine Gladiator. *Rt.* 10 *Al.* 146.
Cableways (les). *Gc.* 30 *Mars*, 338.
Électricité. *Traction électrique* (la). (Dawson). *E.* 22, 29 *Mars*, 5 *Al.*, 363, 400, 434.
— (Moutier) *Elé.* 23, 30 *Mars*, 189, 196.
— Par accumulateurs. *EE.* 23 *Mars*, 551. Application du système à 3 fils (Bell). *EE.* 6 *Al.* 29.
— Embranchement minier de Montmartre à la Béraudière (Hillairet). *Sie, Mars*, 107.
Locomotive électrique Heilman. *E.* 23 *Mars*, 394.
— *Monorail* portatif à niveau du sol. *Rt.* 10 *Al.* 152.
Tramways électriques à crémaillère de Salève. *Rgc. Mars*, 129. Budapest, *Ri.* 13 *Al.* 142.
— à cables aériens et l'électrolyse. *Rt.* 10 *Al.* 160.
— Stations des, *Elé.* 30 *Mars*, 6 *Al.* 205, 212.
Voitures électriques. Bersey. *E.* 29 *Mars*, 425.
Fiacres et Omnibus à Paris (Paul-L. Beaulieu). *Ef.* 23 *Mars*, 353.
Frein pneumatique pour tramways. *Rgc. Mars*, 167.
Locomotives routières les (Bellet). *Ef.* 23 *Mars*, 259.
Vélocipèdes (fabrication des). *E.* 22 *Mars*, 5 *Al.* 361, 429.
— A gazoline. *Ri. Al.* 149.
Voitures à vapeur. Serpolet. *Rt.* 25 *Mars*, 121,

CHIMIE ET PHYSIQUE

Acide *Carbonique* cristallisé (Liversidge). *CN.* 29 *Mars*, 152.
— *Nitrique*. Appareils de concentration. Dieterle. *Cs.* 30 *Mars*, 272.
— *Azoteux*. Action sur les métaux et les oxydes (Sabatter et Senderens). *CR.* 18 *Mars*, 618.
Alcoolates de chaux et de potasse (Forcand). *CR.* 1 *Al.* 737.
Ammoniac anhydre. Appareil à prélever l'. *Cs.* 30 *Mars*, 248.
Analyses et **laboratoires**. Analyse des eaux-de-vie (Rocques). *Ms. Al.* 265.
— Analyse des spiritueux (Mansfield). *id.* 294.
Amidon de maïs. Fabrication aux États-Unis. *Cs.* 30 *Mars*, 289.
— Détermination de l'. *id.* 317.
Caractères analytiques d'un mélange de sels de *Ba. Sr.* et *Ca.* (Baubigny). *ScP.* 5 *Al.* 326.
Distillation. Appareil de. pour laboratoire. *Ln.* 30 *Mars*, 283.
— Dephlegmateur pour distillations fractionnées au laboratoire *CN.* 11 *Al.* 177.
Dosage volumétrique des métaux (Lecœur). *ScP.* 20 *Mars*, 280.
— Du sulfate de fer dans les vins (Hugonninq). *Pc.* 1 *Al.* 349.
Appareils divers de laboratoire. *Cs.* 30 *Mars*, 298.
Argon. *CN.* 22 *Mars*, 5 et 11 *Al.* 139, 169 et 176. *CR.* 18 *Mars*, 8 *Al.* 581, 777, 794, *RSL.* 31 *Janv.* 265. *Rgds.* 15 *Al.* 297.
— Et le *système périodique* (Reynolds). *N.* 21 *Mars*, 486.
— Et l'*Hélium*. Ramsey. *CR.* 25 *Mars*, 660. *CN.* 29 *Mars*, 151.
Argent. Exactitude des estimations commerciales de l'. *Cs.* 30 *Mars*, 301.
Asphaltes. Analyse des. *Cs.* 30 *Mars*, 315.
Brasserie et Malterie. Variation des matières sucrées pendant la germination de l'orge (Petit). *CR.* 25 *Mars*, 687.
— Dégagement d'acide carbonique et d'hydrogène sulfuré dans la cuisson des bières. *Ms. Al.* 300.
Houblonnage Phénomènes pendant le. (Hayduck). *Ms. Al.* 302.
— Méthode physiologique pour déterminer les albuminoïdes des mouts (Delbruck). *Ms. Al.* 300.
Malts. Estimation des sucres dans les. *Cs.* 30 *Mars*, 316.
— Composition et analyse des. *id.* 290.
Carbures saturés. Obtention des. (Meyer). *ScP.* 5 *Al.* 447.
Chaux, ciments et mortiers. Ciment artificiel de schiste. *Gc.* 23 *Mars*, 325.
— Durcissement des mortiers. *Cs.* 30 *Mars*, 273.
— Industrie des. (Candlot). *Rgds.* 15 *Al.* 297.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cérasine. Industrie de la. *Cs.* 30 *Mars*, 282.
Chloruration rapide. Appareil de. *Gc.* 6 *Al.* 359.
Corps fondus. État amorphe des. (Le Chatelier.) *CR.* 18 *Mars*, 623.
Eau : masse du décimètre cube à 4°. (de Lepinay.) *CR.* 8 *Al.*, 770.
Éclairage. Lampe sans mèche au pétrole Shulke. *Crc.* 23 *Mars*, 333
Ferrocyanure de potassium. Fabrication du (Musprat.) *Cs.*, 30 *Mars*, 270.
Gaz d'éclairage. *Becs incandescents. Dp.* 22 *Mars*, 265.
— *Carburation du gaz à l'eau.* (Glasgow.) *Cs.* 30 *Mars*, 261.
— Le carbure de calcium et l'acétylène. *Dp.* 5 *Al.* 20.
— *Synthèse* de l'anthracène. *ScP.* 20 *Mars*, 302.
— — des hydrocarbures éclairants. (Lewes.) *Rgds.* 30 *Mars*, 269.
— *Luminosité des flammes* d'hydrocarbures. (Lewes.) *CN.* II. *Al.* 181.
— Explosion de — au Southwark Bridge. *El.* 29 *Mars*, 679.
Gazogène. Pinkney. *Cs.* 30 *Mars*, 260.
Gélatine. Action sur les solutions salines. *Cs.* 30 *Mars*, 252.
Huiles *d'olive.* Falsification des. (Muntz et Durand.) *Rmc. Fév.*, 231, et Bull. du du ministère de l'agriculture, *Mars*, 89.
— *grasses.* Échauffement spontané dans les tissus et les corps poreux. (Kissling.) *CN.* 29 *Mars*, 153.
Liquéfaction des gaz. (Olzewski). *Eam.* 6 *Al.* 318.
Margarine. Fabrication de la. *E.* 5 *Al.* 445.
Meunerie. Création d'une école de — à Paris. (Lockert.) *IC. Fév.*, 259.
Nickel et Cobalt. Sels de. (De Koninck.) *CR.* 1 *Al.* 735.
Notations chimiques. Réforme des Haussen. *CN.* 5 *Al.* 163.
Opium. Essais pharmaceutiques des. (Wainwright.) *Cs.* 30 *Mars*, 254.
Optique. Objectif catoptrique et symétrique. *CR.* 18 *Mars*, 609.
— Photométrie. Perfectionnements de la — *N.* II *Al.* 558. Le spectre cannelé. (Poincaré.) *CR*, 8 *Al.* 757.
Oxyde nitrique. Préparation. (Johnstone.) *ScP.* 5 *Al.*, 439.
Oxyde *de plomb.* Fabrication. (Ferranti.) *E.* 5 *Al.* 457.
Savons. Dosage de la résine dans les. *ScP.* 5 *Al.* 510.
Papier. Grandes fabriques à Paris. *Ci.* 7 *Al.* 165.
Permanganate de potasse. Action sur les matières organiques. (Maumenée). *CR.* 8. *Al.* 783.
Pétrole à Ceylan. *USR. fév.* 282.
Pierres précieuses. Moyens de les distinguer (Miers). *N.* 4 *Al.* 545.
Pyromètre Uehling. *Eam.* 16 *Mars*, 249.
— Les. *Sie.* II *Al.* 333.
Soie artificielle Herzog. *Cs.* 30 *Mars.* 267. Lehner. *USR. Fév.*, 273.
Sucrerie. Travaux récents sur les matières sucrées (Simon). *MS. Al.* 242.
— Détermination du sucre cristallisé dans les masses cuites (Karez). *MS. Al.* 301.
— Prix de revient de la betterave à sucre. (Journal des fabricants de sucre) 3 *Al.*
— Le sucre et l'alcool. Congrès d'Arras et de Lille. *Ag.* 6. *Al.* 544.
Tannerie. Analyse des liqueurs employées dans la tannerie au chrome. *Cs.* 30 *Mars*, 248. Brevets, *id.* 285.
Teinturerie. Revue des matières colorantes (Reverdon). *Ms. Al.* 261. Constitution de la *céruline* (Prudhomme). Bulletin de la Société Industrielle de Mulhouse. *Fév.* 72.
— *Laques colorantes : nouvelle série* de. (Weber). *ScP.* 5 *Al.* 497. Matières colorantes.
— Détermination des matières colorantes naturelles et artificielles des tissus. *Cs.* 30 *Mars*, 306. (Brevets.) *Cs. id.* 262, 270.
— *Résistance des pigments* dérivés du coaltar (Laurie). *Cs.* 30 *Mars*, 221.
— *Couleurs diamines*, fabrication par sels métalliques. *Cs.* 30 *Mars*, 268.
Thermochimie. Recherches thermochimiques sur les substitutions en chimie minérale (Berthelot). *Acp. Al.* 433.
— *Chimie théorique* de Nernst. *N.* 4. *Al.* 530.
Vapeur d'eau. Chaleur latente de la (Griffith). *R.SL.* 17 *Janv.*, 212.
Verre. Machine à faire les tubes de (Cogswell). L'Industria. 31 *Mars*, 199.
Ytrium. Poids atomique. *CN.* 29 *Mars*, 155.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

COMMERCE ET ÉCONOMIE POLITIQUE

Agglomérations (Les grandes) devant l'économie sociale (A. des Cilleuls). *RSo.* 16 *Al.* 625.

Allemagne. Commerce extérieur. *SL. Mars,* 313.

Alimentation. Conserves de viandes. *Co.* 23 *Mars,* 533.

Alcoolisme (Lutte contre l') aux États-Unis (Van den Heuvel). *Rs.* 30 *Mars,* 385.

Assurances contre les accidents des usines métallurgiques. *Ri.* 23 *Mars,* 117.

— Pensions pour vieillards. *E.* 5 *Al.* 443.

Bauvereine (Les) en Prusse Rhénane. *RSo.* 1 *Al.* 584.

Capital (Rôle et devoir du) (Cheysson). *RSo.* 1 *Al.* 517.

Classes ouvrières. Amélioration des conditions (Gosselin). Société Industrielle de Rouen. (Bulletin) *Nov.*, 361.

Conseils d'usines (Les) (Gibon). *Gc.* 30 *Mars,* 6, 13 *Al.* 359, 377.

Chemins de fer français (Les) et l'État. *E.* 5 *Al.* 411.

États-Unis et Canada (Mouvement économique aux). *Ef.* 23 *Mars,* 13 *Al.* 361, 457, 460.

Impôt sur le revenu en Prusse. *SL. Mars,* 311.

Japon (Développement commercial du). *Ef.* 30 *Mars,* 399.

Prix (Histoire des) (d'Avenel). *Ef.* 13 *Al.* 455.

Salaires (Maximum et minimum des). *Ef.* 6 *Al.* 419.

Soie. Industrie en Russie. *Moc.* 28 *Mars.*

Travail en France (Le). *USR. Mars,* 313.

CONSTRUCTIONS ET TRAVAUX PUBLICS

Buildings (Grands) aux États-Unis. *Ac. Al.* 61.

Cellulose. Matières la rendant ininflammable. *Ri.* 30 *Mars,* 127.

Ponts de Bonn-Benel. *VDI.* 6 *Al.* 393.

— *articulés* américains (Frahn). *SUE.* 1 *Al.* 314.

— de Milwaukee. *Gc.* 13 *Al.* 360.

— *levis électriques* de Van Buren St. Chicago. *Gc.* 30 *Mars,* 338.

Poutres paraboliques. *Gc.* 6 *Al.* 361.

— droites en treillis (Monet). *IC. Fév.*, 230.

— continues droites ou en arc (Chandy). Id. 248.

Scléromètre Rousseau. *Bam., Mars,* 259.

Toitures. Couvre-joints en zinc (Pogebuin). *Bam., Mars,* 250.

Tunnel de Blackwell. *E.* 29 *Mars,* 396.

— du Simplon. *OIA.* 15 *Mars,* 142.

ÉLECTRICITÉ

Accumulateurs : sur une classe de piles secondaires (Poincarré). *CR.* 18 *Mars,* 611.

Analyseur de courants alternatifs (Hicks). *El.* 5 *Al.* 698.

Application mécanique (De l'). *EE.* 6 *Al.* 13.

Canalisations Kingdon. *E.* 5 *Al.* 459.

Capacité des bobines (Calcul de) (Cauro). *EE.* 23 *Mars,* 529.

Conducteurs multiples (Coefficient d'induction des) (Guye). *EE.* 6 *Al.* 20.

Compteur Kelvsin. *EE.* 23 *Mars,* 553.

Commutateur automatique Hopkinson. *EE.* 16 *Mars,* 515.

Courants polyphasés. Méthode photographique d'inscriptions (Rollison). *EE.* 9 *Mars,* 461. — Économie comparative des courants polyphasés et monophasés. *EE.* 9 et 16 *Mars,* 462, 512.

— de courte période (Les). *Ie.* 10 *Al.* 139.

— variables. Propagation dans les conducteurs (Lamotte). *EE.* 9 *Mars,* 433.

Distribution de force et d'éclairage ; ateliers Weyer-Richmond. *Ln.* 30 *Mars,* 279.

— monocyclique (Roux). *Ie.* 10 *Al.* 137.

Dynamos. Balais économiques. *Bam. Mars,* 236.

— (Détermination du régime des) par les caractéristiques. *EE.* 30 *Mars,* 582.

— Poshman. *E.* 12 *Al.* 493. Cail. *Elé.* 13 *Al.* 230.

— *Moteurs synchrones* (Théorie des) (Blondel). *Ie.* 25 *Mars,* 123.

— *alternateurs.* — Détermination des courants avec dynamo inaccessible (Fleming). *EE.* 6 *Al.* 33.

Éclairage des chemins de fer (Langdon). *El.* 5 *Al.* 706.

— *Lampes à arc* Hardmuth. *E.* 23 *Mars,* 396. — Utzinger. *EE.* 30 *Mars,* 599.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Éclairage. Influences des charbons sur la puissance des — (Stine). *EE.* 23 *Mars*, 557.
— (Les). *EE.* 9 *Mars*, 439 (Thomson, Doubrava, Brown, Andrew, Taylor, Montain, John, Cooper).
— *Lampes à incandescence.* Théorie de Weber, *Ri.* 23 *Mars*, 117.
Électromètre absolu pour hauts potentiels Abraham et Lemoine. *CR.* 1 *Al.* 726.
Électrolyse des sels fondus (Andreoli). *Elé.* 23 *Mars*, 180.
Électro-aimants. Meilleur métal pour les noyaux (Alton). *EE.* 6 *Al.* 31.
Électrostatique. Électrisation de l'air et des gaz (Kelvin). *N.* 21 *Mars*, 11 *Al.* 495, 573. *Machine électrostatique* Lebiez. *Elé.* 13 *Al.* 225.
Exploseur Siemens et Halske. *EE.* 23 *Mars*, 552.
Galvanomètre extrasensible Weiss. *CR.* 1 *Al.* 728.
— Aperiodique Chauvin-Arnoux. *Ie.* 10 *Al.* 493.
Grappin pour relever les câbles. *EE.* 23 *Mars*, 550.
Ohm (Nouvelle détermination de). *N.* 11 *Al.* 571.
Ondes électriques (Oscillations à faibles longueurs d'), et analogies optiques Righi. *EE.* 23 *Mars*, 541.
— (Vitesse des) Trowbridge et Duane, *American Journal of Science. Al.* 297.
Perméabilité magnétique du fer. Variations lentes (Morlay). *RSL.* 17 *janv.*, 224.
Piles bore-carbone. *ScP.* 5 *Al.* 435.
— thermo-électriques à charbon (Korda). *CR.* 18 *Mars*, 615.
— Borcher. *EE.* 16 *Mars*, 487.
— (Mesures faites sur les) (Strucker). *EE.* 30 *Mars*, 517.
Pouvoir inducteur spécifique des solides et des liquides (Pellat). *CR.* 8 *Al.* 773.
Prix de l'électricité (Variation du) (Wright). *Cl.* 5 *Al.* 701.
— dans les installations privées. *E.* 12 *Al.* 478.
Résistances électriques de quelques alliages nouveaux. *EE.* 24 *Mars*, 570.
— Mesure des : Schuster. *EE.* 23 *Mars*, 561.
Stations centrales Chemnitz. *Ie.* 25 *Mars*, 115.
— (Procédés d'accumulation d'énergie dans les) (Perry). *EE.* 6 *Al.* 27.
Soudure électrique (La). *E.* 5 *Al.* 448.
Télégraphie. Télautographe Grey. *At. Nov.*, 475.
— Câble de Tamatave à la Réunion. *Elé.* 13 *Al.* 236.
Téléphonie aux États-Unis (De la Thouane). *At. Nov.*, 523. — Extension des relations téléphoniques. *EE.* 16 *Mars*, 487.
Transformateurs Ferranti. *E.* 27 *Mars*, 393.
Transport de force aux carrières d'Euville. *Elé.* 6 *Al.* 209.
— aux ateliers Dietrich. *Elé.* 23 *Mars*, 180.
Usine électrique de la Goute, *Ie.* 10 *Al.* 142.
Wattmètre pour courants polyphasés Shallenberger. *EE.* 16 *Mars*, 509.

GÉOGRAPHIE

Brésil, provinces méridionales et le Parana. *Ef.* 30 *Mars*, 302.
— Translation de la capitale. *CR.* 5 *Al.* 762, 767.
Bolivie. Ef. 13 *Al.* 466.
Chetral et *Indo-Coush* (younghusband) *SA.* 12 *Al.* 487.
États-Unis. Région des Grands lacs. (American Journal of Science.) *Al.* 249.
Madagascar (Gautier). *Rs.* 6 *Al.* 431. Conditions économiques. *Ef.* 6 *Al.* 421.
Tchad (Voyage au) (Monteil). *Rs.* 13 *Al.* 459.

GUERRE

Affuts pour grosses pièces (Pugibet). *Rmc Fév.* 281.
Canons Nordenfeldt. *E.* 224, 29 *Mars*, 12 *Al.*, 369, 399, 463.
Fusil. Manlicher. *E.* 29 *Mars*, 425.
Mire fixe Greenfell. *E.* 29 *Mars*, 425.
Trajectoire de 20 kilomètres. *Rt.* 25 *Mars*, 138.

HYDRAULIQUE

Canal industriel de Barga. *Rt.* 25 *Mars*, 135.
Distributions d'eau (les) (Gosse). *VDI.* 6 *Al.* 403.
Élévation d'eau dans les maisons de campagne par l'air comprimé. *Ri.* 7 *Al.* 157.
Force motrice pour hautes chutes. *Ie.* 28 *Mars*, 127.
Irrigations au Pérou. *E.* 29 *Mars*, 12 *Al.* 395, 460.
Pompes axiales Desgoffe et Georges. *Gc.* 24 *Mars*, 133.
— de 500 chevaux Neuman et Esser. *VDI.* 13 *Al.* 431.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Régularirisation du Danube. *VDI.* 23 *Mars*, 234.
Tuyaux à rotule en fonte. *Gc.* 13 *Al.* 373.

HYGIÈNE

Assainissement de Paris, état actuel. (Beechman et Lang.) *Ap. Mars*, 263.
Buanderie américaine (la). *Ri.* 6 *Al.* 139.
Chauffage électrique des théâtres. *EE.* 6 *Al.*, 25.
Eaux. *Filtration et épuration chimique* Delhotel. *Sc P.* 20 *Mars*, 286.
— Bordas et Girard. *CR.* 24 *Mars*, 689.
Égouts. Traitement des eaux. Hermite. *Cs.* 30 *Mars*, 225. — (Les) à l'étranger. *USR. Fév.*, 145.
L'Hydro Clept Nogier. *Gc.* 13 *Al.*, 379.
Masque respirateur Destourbe. *Gc.* 6 *Al.*, 364.
Ventilation de la coupole de l'Exposition de Lyon. *Ri.* 22 *Mars*, 113.

MARINE. NAVIGATION

Association technique maritime. (Travaux de l') (Hart). *IC. Fév.*, 276.
Canaux. (Traction électrique sur les) de Bovet. *Sie. Mars*, 114.
Compas directeurs électriques. *Elé*, 30 *Mars*, 193.
— (détermination graphique des variations du) (Salichon). *Rmc. Fév.*, 341.
Gouvernail. Machine de Brown. *E.* 12. *Al.* 494.
Machines marines du « Magnificent ». *E.* 12. *Al.* 485.
— du torpilleur « Daring ». *Gc.* 6. *Al.* 353.
Marine de guerre. La grande industrie et la *Rt.* 10 *Al* 149. Progrès de la flotte anglaise. *Gc.* 23 *Mars*, 321.
— (Essais à outrance des vaisseaux de). *id.*, 324.
— *Cuirassés* Anglais (les) (White). *E.* 5. 12. *Al.* 439, 487.
— — Bruizer *E.* 5. (le). Bruizer. *Al.* 444.
— (Éléments de puissance des vaisseaux de) (Amiral Colomb). *E.* 12. *Al.* 463.
— *Torpilleur*. Ardent. *E.* 12. *Al.* 485.
— Canonnières de 1re classe (marine anglaise). *Rmc. Févr.*, 221.
— — en Aluminium Yarrow. *E.* 12. *Al.* 470.
— *Contre-torpilleurs* (les) (Thornycroft et Barnaby). *E.* 5. *Al.* 437.
Océanographie pratique. (Thoulet) *Rs.* 23 *Mars*, 367.
Quilles de navires. (Résistance des) (Archer). *Es.* 21 *Mars*, 37.

MÉCANIQUE

Aérostation. Le vol à la voile et l'aviation (Soreau). *Rs.* 30 *Mars*, 5 *Al.* 365, 427.
Affutage au sable l' (Holzapfel) *SA.* 5 *Al.* 473.
Bascule automatique pour grains (Robinson). *E.* 5 *Al.* 458.
— hydrostatique, Allen. *E.* 12. *Al.* 494.
Chaudières *tubulées* Thorn. *E.* 5 *Al.* 458.
— Bellens. *Rt.* 10 *Al.* 163. 39 *Mars*, 426.
— Choix d'une (Lefebvre) *Bam. Mars*, 197.
— *Essais* de à terre. (Thomson) *Es.* 21 *Mars* 1.
— — tubulées, (Watkinson). *Es.* 21 *Mars*, 1.
— *Cheminées*: Constructions d'une de 75 mètres, *Gc.* 30 *Mars*, 342.
— Tirage par aspiration (Martin). *E.* 12. *Al.* 492.
— *Économiseur* Calvert. *E.* 23 *Mars*, 372.
— *Épurateur d'eau* d'alimentation Chapsal. *Pm. Al.* 61.
— *Foyers*. Fumivores Wagner. *Ci.* 31 *Mars*, 149.
— — Musgrave. *E.* 29 *Mars*, 426.
— — pour menus. *Rt.* 25 *Mars* 124.
— — — gadous. *Dp.* 5 *Al.* 17.
— — — pétrole Leemann. *USR. Fév.* 274.
— *Injecteurs* Brierley. *E.* 5 *Al.* 457.
— — Mather. *E.* 23 *Mars* 394.
— *Réchauffeurs* d'alimentation Keen. *E.* 5 *Al.* 458.
— *Surchauffeur* Schwoerer. *E.* 29 *Mars*, 404.
— — Mac-Phail (Essais). *E.* 29 *Mars*, 423.
— *Vaporisation*. Expériences sur la (Morison). *E.* 5. *Al.* 454.
Courroies de friction. Etude sur les (Pichault). *Gc.* 23 *Mars*, 331.
— et cables. Travail absorbé par les. *Rt.* 10 *Al.* 162.
Diagrammes. Géométrie (des Baills). *Rmc. Fév.*, 257.
Embrayage Farjasse. *Gc.* 6 *Al.* 356.
— à ressorts (les) (Branchet). *Gc.* 13 *Al.* 382.
Frottement. Définition du (Painlevé). *CR.* 18 *Mars*, 596.
Gaz comprimés (Cylindres pour). *E.* 23 et 29 *Mars*, 383, 416.
— Explosions (de), *E.* 12 *Al.* 479, 484.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Glace artificielle (la) (Christomanos). *ScP.* 4 *Al.* 442.
— *Récolte* (de la) aux Etats-Unis, *Ln* 13. *Al.* 305.
Horlogerie électro-automatique (Braun). *Bam. Mars*, 215.
Imprimerie. Machines à composer Calendoni. *In.* 20 *Mars*, 241.
Indicateurs (les) (Brauer). *V.DI.* 6 *Al.* 438.
Laines. Laveuses de. *Dp. Mars* 272.
Levage. Monte-charge hydraulique, gare Montparnasse *Rgc. Mars*, 168.
Machines-Outils. Cisaille pour fers profilés. *Ri.* 13 *Al.* 145.
— Tour-alésoir Demoor. *Ri.* 30 *Mars*, 123.
— Porte-outil à ressort. Larousse. *Bam. Mars*, 248.
— Percuteur-mateur à air comprimé Weaste. *E.* 5. *Al.* 457.
— à meuler Walker. *Ri.* 6 *Al.* 134.
— Pour engrenages helicoïdaux. Reineker. *E.* 12. *Al.* 493.
— *à bois*. Scies. *Dp.* 5 *Al.* 5.
— — — à bandes. Ransome. *E.* 5. *Al.* 438.
Moteurs à gaz. Stein (Industria) 7 *Al.* 211.
— Singer. Horusby. *E.* 23 *Mars*, 393. Comparés aux machines à vapeur (Bollinx.) *Gc.* 23 *Mars*, 334. Pour élévations d'eau. *VDI.* 16 *Mars*, 303. aux Expositions d'Erfurth et d'Anvers. *VDI.* 16 *Mars*, 13 *Al.* 312, 425.
— *à pétrole*. Grob. *Ri.* 30 *Mars*, 121. Essais de — (Hartmann). *VDI*, 23 *Mars*, 342. Brayton. *E.* 12 *Al.* 493. Howard. *Ri.* 13 *Al.* 141.
— — locomobiles. Altman. Otto. Grob. Hille. Langensepen. Schwartzkoff. Daimler. Robey *VDI.* 20 *Mars*. 6 *Al.* 373, 399.
— *à vapeur* surchauffée. Smith. *E.* 23 *Mars*, 391.
— *à condensation* (Économie des) (Davey). *E.* 23 *Mars*, 371.
— *Rotatifs Dp.* 5 *Al.* 1. Demi-fixe compound Wolff. 50 chev. *VDI.* 16 *Mars*, 321. Rapide pour dynamo Hall. *E.* 22 *Mars*, 372.
— *Changement de marche* hydraulique Joy. *Ri.* 6 *Al.* 133.
— *Régulateurs* à force centrifuge (Calcul des) (Consentius). *Bulletin de la Société d'Encouragement de Berlin*, 4 *Mars*, 128.
— — à vitesse témoin. Faucon. *Rt.* 23 *Mars*, 133.
Palier sphérique. *E.* 5 *Al.* 439.
Palmer à pression constante. Leneveu. *Ln.* 23 *Mars*, 272. *Pressomètre* pour mesurer la pression des fluides. *Ri.* 13. *Al.* 144.
Tapis. (Fabrication) des (A Millar). *SA.* 23 *Mars*, 442.
Textiles. Technologie chimique des fibres. *Dp.* 22 *Mars*, 283.
Tissage. Self acting Platt. *E.* 5. *Al.* 458.
— (Progrès du) des fibres textiles. *Dp.* 20 *Mars*, 297. *Ratière* à 3 armatures. Hattersley. *Industria*, 14 *Al.* 228.
Transmissions flexibles à chaînes. Janet. *Ri.* 13 *Al.* 142.
Tuyauteries de vapeur (les) (Milton). *E.* 5, 12 *Al.* 454, 467.
Vapeur. Écoulement dans les tuyaux (Auscher). *Am. Mars*, 325.

MÉTALLURGIE

Alliages de plomb et d'antimoine (Évaluation commerciale des.) *Cs.* 30 *Mars*, 304.
— d'argent (Note sur certains) (Fowler). *Cs.* 30 *Mars*, 243.
— de cuivre, étain, argent provenant des fouilles de Dahcour. (Berthelot). *Acp.* 1. *Al.* 575.
Aluminium et nickel. Garnier. *Rs.* 23 *Mars*, 353.
Argent, mines et métallurgie en Chine. *Eam.* 6. *Al.* 316.
Bronzes et cuivres phosphorés (Courbie). *ScP. Al.* 444.
Cuivre (Industrie du) en Russie (Couharewitch). *Ru. Fév.*, 144.
— Réduction électrique. Procédé Hopfner. *Cs.* 30 *Mars*, 279.
— Analyse du cuivre américain raffiné. *Cs.* 30 *Mars*, 303.
Détermination du cuivre et de l'antimoine dans les pyrites. *Cs.* 30 *Mars*, 303.
Fer et acier. *Fours* à lingots. Allen. *E.* 23 *Mars*, 393.
— — — à pudler Bonchell. *E.* 12. *Al.* 493.
Acier au *nickel*. *Eam.* 30 *Mars*, 294.
Chaleur de formation de quelques composés du fer. (H. Le Chatelier). *CR.* 18 *Mars*, 623.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Composés cristallisés durs dans les aciers cémentés et dans les alliages de fer chrome, tungstène et manganèse (Van Linge). *Cs.* 30 *Mars*, 274.

Recuit électrique des plaques de blindage. *El.* 29 *Mars*, 682.

Laminoir pour essieux Jones et Horsfield. *E.* 29 *Mars*, 425.

Procédé basique. Son avenir en Angleterre et la concurrence des continents. *Ru-Fév.* 190.

Dosage du carbone dans le fer, par un procédé graphique. *Peipers. Rt.* 25 *Mars*, 132.

Fonte. États anormaux de la. (Hogg.) *Cs.* 30 *Mars*, 245.

— Désulfuration de la. (Vathaire). *Eam.* 6. *Al.* 317.

Hauts fourneaux. Calcul des charges (Watson). *ScP.* 5 *Al.* 445.

Usine des Iron and Steel Works Wishow. *E.* 5. *Al.* 427.

Plomb (Production du) aux États-Unis. *Eam.* 23 *Mars*, 263.

— *et Argent. Calcul des charges des hauts fourneaux*. Application à la fusion des minerais de plomb et d'argent. (Watson). *ScP.* 5 *Al.* 445.

— en Transylvanie. *Gc.* 13 *Al.* 370.

Or *par électrolyse*. *E.* 23 *Mars*, 379. Procédé Siemens. *Gc.* 13 *Al.* 381.

— Traitement au *Witwatersand* (Mosenthal). *Ms. Al.* 273.

— *Le sulfure d'or* (Ditte). *ScP.* 5 *Al.* 380.

Soles. Influence de la composition chimique des bains sur la résistance des soles réfractaires (Jochum). *VDI.* 23 *Mars*, 317.

MINES

Cuivre. Mines de Ducktown. *Eam.* 23 *Mars*, 271.

Diamant (Lavage des) à la New-Gordon Diamant Mine. *E.* 19 *Mars*, 405.

Électricité. Application de l'. dans les mines. *Rt.* 10 *Al.* 156.

Épuisement (Travaux d') aux mines du Mansfield et les constructions de la ville d'Eisleben. Société d'encouragement de Berlin, 4 *Mars*, 95.

Étain. Mines de Durango (Mexique). *Eam.* 30 *Mars*, 293.

Houillères. Condition de l'industrie houillère en France en 1850-1893. Bulletin de l'Office du travail. *Mars*, 176.

— Prolongement du bassin houiller du Pas-de-Calais. *Gc.* 6. *Al.* 354.

Perforatrices électriques. *Elé.* 13. *Al.* 229.

Puits. Éboulement au puits Lieven. Réparation. *Am. Mars*, 304.

Sibérie. Richesses minérales (Somakoff). *Ru. Fév.*, 109.

Statistique. Industrie minérale française. *Am. Mars*, 315.

Solfatares des îles Tanna (Nouvelles-Hébrides). Pelatan. *Gc.* 13 *Al.* 374.

Zinc. Gîtes calamiteux de Tunisie (A Bordeaux). Bulletin des anciens élèves de l'École des mines. *Fév.*, 19.

PHOTOGRAPHIE

Applications à l'Océanographie. Toulet. *CR.* 18 *Mars*, 651.

— Aux levers des plans. *Gc.* 30 *Mars*, 342.

Cyanotypie. Papier au ferro-prussiate. *Co.* 30 *Mars*, 538.

Développement. pour portrait à l'atelier (formule de) *Sfp.* 15 *Mars*, 165.

Éclaireur (l'). Appareil instantané (Hermagis). *Sfp.* 1 *Al.* 169.

Magasins. (Rechargement des appareils à). en pleine lumière. *Sfp.* 1 *Al.* 171.

Pellicules Blair. (Fabrication des). *Cs.* 30 *Mars*, 298.

Photochimie des sels de mercure. *Sfp.* 1 *Al.* 177.

Photogravure. Procédés modernes (Wilner). *SA.* 29 *Mars*, 463.

— Réseaux quadrillés pour (Ferry). *CR.* 11 *Al.* 720.

Report du papier au proxylo-chlorure. *Sfp. Al.* 175.

Le Gérant : Gustave Richard.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

94e ANNÉE. Quatrième Série, Tome X. MAI 1895.

BULLETIN
DE
LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT
POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

NOTICE NÉCROLOGIQUE

Sur **M. Hippolyte Rousselle**, *inspecteur général des Ponts et Chaussées en retraite, membre du conseil de la Société, par* M. CHEYSSON.

M. Hippolyte Rousselle, inspecteur général des ponts et chaussées en retraite, membre du Conseil de notre Société depuis 1876, nous a été enlevé à l'âge de 76 ans, le 6 mars 1895. Dès mon entrée dans le corps, dont il était déjà l'un des membres respectés, ayant été honoré de son amitié qui ne s'est pas démentie depuis lors, j'ai accepté avec empressement la mission, qui m'a été confiée par le Comité des Arts économiques, de rendre un dernier hommage à la mémoire de notre regretté collègue.

Tel est l'objet de cette courte notice, où je rappellerai d'abord, en quelques mots, les principales étapes de sa brillante carrière administrative, puis les éminents services qu'il a rendus à notre Société.

M. Hippolyte Rousselle, fils d'un ancien vice-recteur de l'Académie de Paris, était né à Paris le 21 juillet 1818. Après de bonnes études au lycée Louis-le-Grand, il entra en 1838 à l'École polytechnique et en 1840 à l'École des ponts et chaussées.

Au sortir de cette école, il fut d'abord chargé d'un arrondissement de Seine-et-Oise; puis il entra, en 1868, au service municipal de Paris, auquel il devait rester attaché pendant 27 ans : de 1848 à 1875, successivement comme ingénieur ordinaire et comme ingénieur en chef. C'est dans cette situation qu'il a été appelé à prendre la part la plus active à ces grands et mémorables travaux qui ont transformé Paris, en faisant pénétrer l'air et la lumière dans les quartiers insalubres, en ouvrant à la circulation les larges artères qu'elle réclamait, enfin en assurant à la fois l'adduction des eaux propres et l'évacuation des matières usées. Rousselle fut, sous les ordres de Michal, de Belgrand et d'Alphand, un des principaux auteurs de cette transformation qui a donné à notre capitale sa physionomie moderne

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et réduit la mortalité de ses habitants. Parmi les nombreux travaux qu'il exécuta ou dirigea à ce titre, il faut citer l'abaissement du boulevard Saint-Martin, le percement de la rue de Rivoli, celui des boulevards de Strasbourg et de Sébastopol, la construction de l'avenue Daumesnil et des voies qui accèdent aux buttes Chaumont...

Il quitte en 1875 le service municipal, mais pour devenir ingénieur en chef du département de la Seine. En 1879, nommé inspecteur général des ponts et chaussées, il est chargé à ce titre du contrôle de l'exploitation des chemins de fer d'Orléans, et conserve ce service jusqu'à sa mise à la retraite en 1883.

Chevalier de la Légion d'honneur depuis 1852, il avait été promu en 1881 au grade d'officier.

M. Rousselle n'était pas de ceux qui se reposent et ne savent plus trouver d'emploi à leur vie le jour où ils sont obligés par l'âge de renoncer à leurs fonctions administratives. Il sut au contraire tirer un très honorable parti des loisirs que lui faisait sa retraite, en se consacrant tant à des œuvres de bien public et à des associations charitables (1) qu'à des études sur le génie civil.

C'est surtout notre Société qui a recueilli le bénéfice d'une collaboration très active à nos travaux. Il a mis à notre service le concours de son expérience professionnelle et de son tact consommé, qui s'étaient formés à la pratique des grandes affaires. Nos annales contiennent de lui de nombreux rapports, tous marqués au coin des grandes qualités de science, de pondération et de prudence, qui caractérisaient ses jugements et ses actes.

Ne pouvant ici analyser tous ces travaux, qui lui font le plus grand honneur, je me bornerai à citer les principaux d'entre eux, pour montrer la haute portée de ses études et la sagacité parfois divinatoire de ses conclusions.

Il est revenu à deux reprises devant nous sur la question des tramways à traction de chevaux et à traction mécanique, qui était encore neuve il y a vingt ans à Paris, alors qu'elle était beaucoup plus avancée à l'étranger.

C'est en 1875 que le chemin de fer concédé dès 1854 à M. Loubat sous le nom d' « américain », et repris en 1856 par la Compagnie des Omnibus, fut prolongé du Louvre à Vincennes. C'est à la même année que remonte l'ouverture de la ligne de l'Étoile à la Villette, véritable point de départ de l'exploitation des tramways de Paris.

(1) Pendant plusieurs années, M. Rousselle a été président de la Société amicale entre les ingénieurs des Ponts et Chaussées et des Mines. Sur sa tombe, son successeur, M. Huet, a rendu un hommage ému à sa mémoire.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En 1878, dans un rapport magistral, M. Rousselle nous exposait la composition du réseau de tramways projeté pour Paris et le département de la Seine, ainsi que ses conditions d'établissement. Il faisait justice des objections opposées à la création d'une voie ferrée sur les chaussées parcourues en même temps par des voitures; mais il insistait sur la nécessité, reconnue depuis lors, d'employer des voies robustes, très solidement assises, notamment sur les chaussées à grande fréquentation.

En 1880, il nous faisait connaître, avec la situation de ce réseau, les premiers résultats de son exploitation et étudiait, en les comparant et en les jugeant, les divers systèmes de traction mécanique qui étaient alors en présence et se disputaient la faveur des ingénieurs : la locomotive Harding à foyer, la locomotive Léon Francq sans foyer, et la machine Mékarski à air comprimé avec réchauffeur et régulateur. Depuis lors, l'électricité avec ses accumulateurs, ses voitures automotrices et ses trolleys, les machines fixes avec leur funiculaire souterrain, ont augmenté la série des solutions dont dispose l'ingénieur, mais sans rien enlever à l'intérêt et même à l'actualité des études faites à notre intention par M. Rousselle en 1878 et en 1880.

Sa grande expérience des travaux municipaux, surtout au point de vue des questions de salubrité et d'assainissement, le désignait pour l'examen des affaires de cette nature qui exerceront longtemps encore l'initiative des inventeurs.

En 1883, les pavages en bois qui avaient été antérieurement l'objet de nombreux essais, toujours abandonnés, reprenaient faveur : M. Rousselle, saisi de la question, nous exposa dans un rapport substantiel les conditions essentielles de leur établissement. Les règles qu'il formulait alors sont devenues depuis lors d'une application générale, et ont restreint l'emploi des pavages en bois aux rues qui sont dans un état de viabilité complète.

Vers la même époque, M. Berlier nous soumettait ses projets de vidange pneumatique, et M. Rousselle vous les signalait comme recommandables, à la condition qu'il soit possible et économique de réserver pour les vidanges des canalisations spéciales.

En 1888, les questions de désinfection des objets de literie et de vêtements contaminés par des maladies infectieuses attiraient de plus en plus l'attention publique; et, dans deux rapports successifs, notre collègue rendait compte des étuves fixes ou mobiles construites par MM. Geneste et Herscher. Après avoir signalé que les microbes résistent à une température beaucoup plus élevée dans l'air sec qu'à la chaleur humide, et qu'ils sont

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

détruits dans la vapeur sous pression beaucoup plus sûrement et beaucoup plus vite que si la vapeur ne dépasse pas 100 degrés, il définissait les conditions du problème ayant pour objet d'exposer, sans en altérer le tissu, les objets souillés à des courants de vapeur humide et à des températures pouvant atteindre au maximum 110 à 115 degrés, et il recommandait les solutions pratiques et ingénieuses imaginées par ces habiles constructeurs.

Sans analyser ici ses autres rapports, dont l'énumération est ci-après annexée, nous mentionnerons seulement ceux qui sont relatifs à l'exploitation des chemins de fer, et notamment aux appareils de déclenchement de M. Aubine.

Quand il prenait part à nos discussions, il y intervenait avec beaucoup d'autorité et savait dire toujours le mot juste, souvent le mot décisif.

Si, à ces titres éminents, on ajoute la courtoisie, l'aménité et la sûreté de ses relations, son esprit conciliant, sa bienveillance qui ne se démentait jamais, sa justice et sa bonté, on comprendra les regrets que doit exciter sa perte. Aussi notre Société conservera-t-elle avec reconnaissance sa mémoire, comme celle d'un des membres qui l'ont le plus longtemps et le mieux servie.

E. CHEYSSON.

Lu en séance, le 26 avril 1895.

RAPPORTS DE M. ROUSSELLE, MEMBRE DU CONSEIL DE LA SOCIÉTÉ

1877. — Rapport sur le réservoir-filtre à air comprimé de M. Chanoit pour la clarification des eaux, p. 427.
1878. — Sur les tramways établis à Paris et dans le département de la Seine, p. 235.
Rapport sur les nivelettes perfectionnées de M. Boillé pour le tracé des pentes sur le terrain, p. 296.
1880. — Sur la situation actuelle des tramways dans le département de la Seine, et sur les résultats de l'exploitation des différentes lignes, p. 182.
Notice sur M. Homberg, membre du Conseil, p. 354.
1883. — Pavages en bois exécutés à Paris, p. 163.
Rapport sur le système de vidanges pneumatiques de M. Berlier, p. 9.
Rapport sur le système de chauffage de M. Ancelin, p. 101.
1884. — Rapport sur le garde-fou pour regard d'égout de M. Caillette, p. 110.
Rapport sur la brosse rotative pour cirer les chaussures, de M. Audoye.
Rapport sur le nouveau système de lit pliant, de M. Anquetin, p. 508.
1886. — Rapport sur les appareils de déclenchement, de M. Aubine, p. 293.
1887. — Rapport sur le garde-chute pour trappes d'égout, de M. Boutillier, p. 61.
1888. — Rapport sur l'éclairage économique, de M. Grandvoinet, p. 466.
Rapport sur les étuves à désinfection de MM. Geneste et Herscher, p. 708.
1889. — Rapport sur les étuves à désinfection de MM. Geneste et Herscher, p. 207
1891. — Rapport sur le régulateur de touches de piano, de M. Barrouin, p. 556.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

COMMERCE

RAPPORT *fait, au nom du Comité du Commerce, par* M. CHEYSSON, *membre de ce Comité, sur l'*ASSOCIATION COOPÉRATIVE DE CONSOMMATION DES EMPLOYÉS CIVILS DE L'ÉTAT ET DU DÉPARTEMENT DE LA SEINE.

Dans la séance du 11 mai 1894, M. Georges Marsais, président de l'*Association coopérative de Consommation des Employés civils de l'État et du département de la Seine*, vous a fait, sur cette association, son histoire et ses résultats, une communication que vous avez écoutée avec intérêt, et que vous avez renvoyée à l'examen du Comité du Commerce.

Après en avoir délibéré, ce Comité m'a chargé de vous rendre compte, en son nom, de ses conclusions, et tel est l'objet du présent rapport.

Le Mouvement coopératif en France. — Tout le monde connaît aujourd'hui le mécanisme des sociétés coopératives de consommation, qui, après avoir pris en Angleterre une extension considérable, ont fini par s'acclimater chez nous, et atteindraient, à en croire M. Gide (voir l'*Almanach de la Coopération française* pour 1891, p. 45), le nombre de 1 100, avec un effectif de 300 000 coopérateurs, et un chiffre annuel d'affaires de 100 millions.

D'une enquête à laquelle a procédé, en 1894, le Comité central des Sociétés coopératives de Consommation, et qui lui a valu des renseignements détaillés sur 398 d'entre elles, il résulte que c'est à partir de 1880 que le mouvement coopératif s'est accentué et a pris ses proportions actuelles (1) : 302 sociétés ont un effectif inférieur à 500 membres, 46 ont plus de 1 000 membres, et 4 plus de 10 000.

Ces quatre Sociétés, qui, par leurs gros bataillons, tiennent la tête de la coopération française, sont la *Moissonneuse* de Paris, l'*Association amicale des Officiers des armées de terre et de mer*, la *Société de Consommation et de Production de la Rochelle*, enfin la *Société des Employés civils de l'État*.

Effectif de la Société des Employés civils. — C'est cette dernière société qui a fait l'objet de la communication de M. Marsais, et doit faire celui de ce rapport.

Son effectif au 31 décembre 1894 était de.	12,553
Savoir : Actionnaires	6,860
— Adhérents	5,693

(1) Sur ces 398 sociétés, 87 seulement sont antérieures à 1880.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les adhérents sont des apprentis-actionnaires, qui paient une cotisation de 3 francs par an.

Cet effectif, pour considérable qu'il soit, est cependant dépassé, et dans une large mesure, par certaines sociétés étrangères, entre autres par l'*Industrial Society* de Leeds, qui, à la fin de 1890, comptait 26 846 membres, et la *Société coopérative* de Breslau, qui, a la même date, en comptait 31 214.

Il y a loin de ce personnel considérable à la conception qu'on se faisait de la coopération à ses débuts. Lorsqu'en 1844, à Rochdale, dans la rue du Crapaud, vingt-huit pauvres tisserands de flanelle mirent en commun leur misère pour ouvrir une chétive boutique, qu'ils tenaient, à tour de rôle, quelques heures par semaine, ils ne pouvaient assurément pas prévoir ces gigantesques organisations qui possèdent des millions, des moulins, des légions d'employés, et embrassent plusieurs milliers d'associés.

Il est permis de se demander si, en atteignant de pareilles limites, ces sociétés peuvent encore être gérées avantageusement par des coopérateurs étrangers à un métier qu'ils n'exercent qu'occasionnellement, et leur journée finie. Pour administrer ces grandes entreprises, dont les ventes annuelles dépassent plusieurs millions, et dont la gestion exige des qualités et des connaissances si multiples, on ne peut se passer du concours des professionnels qui sont à la tête des divers services. Mais l'unité de vues, la coordination des efforts, l'impulsion générale, — qui ailleurs appartiennent à un patron ou a un directeur, s'incarnant dans sa maison et s'y enfermant, — sont ici attribuées à un conseil d'administration, dont les membres s'occupent tout le jour de leurs fonctions administratives, et, le soir, se transforment en un grand négociant collectif. Il doit donc y avoir une limite au delà de laquelle l'accroissement des dimensions d'une société a plus d'inconvénients que d'avantages. C'est ce qui se produit à coup sûr pour celles qui veulent étendre leurs opérations à tout un grand pays, au lieu de les confiner dans une ville; mais, même pour celles qui ont su résister à la tentation d'établir en province ou dans la banlieue des succursales, toute augmentation d'effectif n'est pas un gain, si elle aggrave plus les frais généraux par la difficulté de la gestion qu'elle ne les diminue par leur répartition sur une plus grande masse d'affaires.

Nous ignorons si la Société des Employés civils de l'État est en deçà ou au delà de cette limite; mais ce que nous savons bien, c'est qu'elle exige un dévouement aussi rare que méritoire de la part de ceux qui assument la lourde responsabilité de sa direction, et qui, à leurs devoirs professionnels,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

joignent, par-dessus le marché, le souci de conduire une vaste entreprise commerciale.

Chiffre des ventes. — Le chiffre des ventes a suivi une marche constamment ascensionnelle, comme l'indique le tableau suivant :

1887.	368,320	*Report*. . .	13,904,149 83
1888.	1,461,796 85	1892.	6,037,868 61
1889.	2,548,944 05	1893.	6,253,043 47
1890.	4,011,624 78	1894.	6,337,270 90
1891.	5,513,464 15		32,532,332 81
A reporter. . .	13,904,149 83		

Ainsi, en 1894, la société a vendu pour près de 6 millions et demi, ce qui fait, pour chacun de ses 11 427 acheteurs, une moyenne de 555 francs.

Cette moyenne est supérieure à celle de 411 francs, constatée par l'enquête du Comité central sur les 398 sociétés de consommation qui ont répondu à son questionnaire. Elle est en Angleterre de 677 francs, en Allemagne de 344 francs, en Autriche de 250 francs. Résumant ces données, M. Gide conclut que « toutes les fois qu'une société coopérative fournit à ses membres au moins pour 1 franc de marchandises par jour et par tête, elle est dans de bonnes conditions de santé (1) ». Or, on voit que la Société des Employés civils de l'État réalise, et au delà, cette condition.

Ventes directes et ventes intermédiaires. — La somme des ventes de 1894 se divise en deux grands chapitres :

Celui des *ventes directes* s'élève à.	4,106,202 95
— *ventes intermédiaires*, à	2,231,067 95
Total. . .	6,337,270 90

Ainsi, dans ce total, les ventes directes figurent pour les deux tiers; les ventes indirectes, pour un tiers.

Les ventes directes sont celles qui correspondent aux marchandises livrées par la Société; les ventes intermédiaires, à celles que livrent des magasins extérieurs, dont elle a obtenu une remise en faveur de ses clients. Ainsi, en dehors des objets d'épicerie, des vins, chapeaux, lingerie, mercerie, etc., que débite la Société des Employés civils, elle s'est entendue avec bon nombre d'établissements, qui font bénéficier les actionnaires et adhérents d'un

(1) *Almanach de la Corporation française*, 1875, p. 35.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rabais de 5 à 20 p. 100 et plus (1) sur leurs prix courants. La liste en est longue et comprend les combustibles, la boulangerie, la boucherie, la bière, la photographie, les meubles, les vêtements, les déménagements, la teinturerie, des leçons et cours, le service médical, la pharmacie...

Le mécanisme de la combinaison est d'ailleurs fort simple. Par exemple, un actionnaire achète à la *Belle Jardinière* un vêtement marqué 45 francs en chiffres connus; il le paie et s'en fait délivrer une facture, qu'il remet au siège social de la Société coopérative, 3, rue Christine. Sur le vu de cette facture, et après vérification, la Société lui remet la bonification de 8 p. 100, soit 3 fr. 60, accordée par la *Belle Jardinière* sur les achats des membres de la Société (2).

On voit que ces ventes intermédiaires ont l'avantage de supprimer, pour la Société, les embarras de la gestion, les immobilisations de capitaux, les accumulations de stocks dans les comptoirs, les aléas commerciaux. En outre, elle diminue la vivacité de la haine vouée à la Société par les débitants, dont on se fait ainsi des auxiliaires, au lieu de les avoir pour ennemis acharnés. Cette considération a contribué à étendre notablement ce système des ventes intermédiaires dans la Belgique qui, jusqu'à ces derniers temps, soumise au régime censitaire, avait tout intérêt à ne pas exaspérer la classe des boutiquiers et des petits commerçants par la rigueur de la coopération pure et de la lutte pour la vie.

Dans sa communication, M. Marsais semble n'assigner à ce système qu'un rôle transitoire, destiné à faire prendre patience aux coopérateurs jusqu'au moment où la société pourra se dispenser d'y recourir par la création de nouveaux comptoirs. Nous croyons, au contraire, que les ventes intermédiaires peuvent et doivent avoir une place définitive dans l'organisation d'une société coopérative pour ceux des articles qui exigent des assortiments considérables, ou comportent des aléas particuliers.

Taux des bonis. — Le taux du boni pour les ventes intermédiaires est, en moyenne, de 8 p. 100. Celui-là est bien incontestablement dû à l'intervention de la Société, puisqu'il provient d'une remise exceptionnelle sur les prix courants.

(1) Une maison de vélocipèdes fait 23 p. 100 de remise sur les accessoires, et de 43 p. 100 sur les machines.

(2) Sur les 1 100 000 francs de ventes intermédiaires, deuxième trimestre de 1894, la *Belle Jardinière* figure pour 652 000 francs, ou 59 p. 100; le *Petit Saint-Thomas* pour 156 000 francs, ou 14 p. 100; les combustibles pour 90 000 francs, ou 8 p. 100.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Quant au taux du boni sur les ventes directes, il prête à diverses interprétations, puisqu'il dépend du prix fixé pour la vente, et peut ainsi varier dans des limites assez étendues. Les coopérateurs ne s'entendent pas tous à ce sujet et se partagent en deux écoles qu'on pourrait dénommer : l'école du *prix courant* et l'école du *prix coûtant*. Dans le second cas, on vend sans bénéfices et le boni est nul; dans le premier, on vend au même prix que les autres fournisseurs, dont on désarme en partie l'hostilité, et l'on réalise des bonis qu'on distribue, en fin d'exercice, au prorata des achats.

Nous exprimons hautement nos préférences pour ce système du prix courant, et nous louons la Société des Employés civils de l'avoir adopté pour ses ventes directes. Peut-être aurait-elle gagné à l'accentuer un peu plus, de façon à majorer ses bonis, qui ne sont que de 5 à 6 p. 100, tandis que leur moyenne atteint 9 p. 100 en Allemagne et 13 1/2 p. 100 en Angleterre.

Depuis l'origine de la Société, l'ensemble de ces bonis s'élève à près 2 millions, pour un chiffre de 32 millions de ventes intermédiaires et directes.

Emploi des bonis. — Ce qui est plus important encore que le taux des bonis, c'est leur emploi : là est, à notre avis, le point culminant de la question coopérative.

Comme tout à l'heure, pour la fixation des prix, deux systèmes principaux sont ici en présence : celui qui distribue ces bonis en espèces et sans conditions; celui qui les réserve expressément à la prévoyance. Dans le premier de ces deux systèmes, les bonis sont répartis en fin d'exercice entre les acheteurs, proportionnellement au montant de leurs achats et leur sont délivrés en espèces, pour qu'ils en fassent tel usage que bon leur semblera. Dans le second système, au contraire, tout ou partie de ce boni sert à alimenter des versements de prévoyance sur la tête de l'acheteur, par exemple, pour une société de secours mutuels, une caisse de retraite, une société de maisons ouvrières, voire même, si on voulait en croire M. Gide et son école, une société coopérative de production.

Nous n'hésitons pas à recommander vivement cette affectation du boni coopératif à la prévoyance, et c'est pourquoi nous insistions plus haut sur le système de vente au prix courant, qui permet la réalisation de bonis significatifs. L'ouvrier se plaint que l'exiguïté de son budget lui interdise de recourir à ces institutions de prévoyance, qui serviraient de sauvegarde à sa famille contre les crises dont elle est menacée. Vivant, dit-il, au jour le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

jour, et joignant à peine les deux bouts, comment pourrait-il encore trouver le moyen de prélever sur ses maigres ressources de quoi couvrir les primes des diverses assurances contre la maladie, les accidents, la vieillesse, et peut-être demain contre le chômage involontaire? Nous ne sommes pas convaincu de cette impossibilité, et nous croyons, au contraire, que, sans avoir à s'imposer de privations et même sans réduire ou supprimer certaines dépenses inutiles, sinon nuisibles, l'ouvrier et l'employé sont en mesure, s'ils le veulent bien, de se procurer les ressources nécessaires à la prévoyance.

En effet, tout comme un grand État, leur famille doit avoir deux budgets : *le budget sur ressources ordinaires; le budget sur ressources extraordinaires.*

Le premier budget correspond à la situation normale de la famille à l'état de travail et de santé, et place la balance en regard de ces dépenses.

Le second budget correspond aux crises qui peuvent assaillir la famille et aux charges additionnelles qu'entraînent l'épargne, l'acquisition de la maison, la prévoyance.

La dotation de ce budget extraordinaire doit être demandée à toutes les ressources qui ne sont pas indispensables à la vie de chaque jour, et qui ont un caractère d'aubaine.

Parmi ces diverses aubaines, que je n'ai pas à énumérer ici, doit figurer en bon rang le boni coopératif. Il trouvera dans ces institutions de prévoyance un emploi bien autrement fructueux que s'il est englouti, sans profit pour le lendemain, dans le torrent de la consommation journalière.

Malheureusement, il est plus facile de prêcher cette pratique que d'en amener la réalisation. D'une part, les acheteurs désirent bénéficier des prix de vente les plus réduits possible, et les directeurs des sociétés coopératives, pour se rendre populaires ou ne pas désachalander leurs magasins, sont fortement incités à céder à cette pression, sauf à réduire les bonis, et même parfois à les supprimer entièrement. D'autre part, ces bonis une fois acquis, les ayants droit n'admettent pas qu'on leur en impose un emploi déterminé, et se cabreraient contre une prévoyance obligatoire. Ces bonis leur appartiennent : à eux, et à eux seuls, de voir le parti qu'il leur convient d'en tirer.

Pour ces motifs, la plupart des sociétés coopératives distribuent les bonis en espèces, sans s'occuper de ce qu'ils deviennent. La Société coopérative des Employés de l'État est de ce nombre et fait deux répartitions semes-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

trielles. Mais les amis éclairés de la coopération déplorent ce système et pensent qu'elle ne sera véritablement bienfaisante, et ne justifiera toutes les espérances de ses promoteurs, que le jour où elle saura partout appliquer les bonis à la dotation de la prévoyance. Elle s'élèvera, en effet, au-dessus d'une pure combinaison économique, réalisant de petites sommes qui disparaissent sans laisser de trace, et elle parviendra à résoudre sans bruit, sans secousses, sans pertes pour les finances publiques, sans socialisme d'État, par la seule vertu de l'initiative privée, ces problèmes de l'assurance sociale qui sont l'honneur, mais aussi l'angoisse de notre temps.

La Société coopérative des Employés civils possède assurément un personnel d'élite et fait pour comprendre ces hautes considérations. Il serait digne de lui d'attribuer au moins une partie de ses bonis à des emplois individuels de prévoyance, que chacun de ses membres pourrait choisir à son gré sur une liste dressée par le conseil. Il donnerait ainsi un grand exemple, qui ne manquerait pas d'être suivi ailleurs, et contribuerait efficacement à entraîner la coopération dans cette voie de la prévoyance où elle a tout intérêt à s'engager résolument(1).

Capital. — Organisée en société anonyme coopérative au capital primitif de 125 000 francs, la Société l'a poussé par augmentations successives à son montant actuel de 400 000 francs, représenté par 8 000 actions de 50 francs. Le nombre des actionnaires est de 6 860, ce qui fait, en moyenne, 7 actions pour 6 actionnaires; aucun d'eux ne peut en posséder plus de 10. Les actions touchent 5 p. 100 avant toute répartition de boni; en outre, elles ont droit à une part de la réserve, qui, au 13 janvier 1895, s'élevait à 299 903 fr. 44. Il n'est donc pas surprenant que leur valeur se soit progressivement élevée, du prix initial de 50 francs, qui représente le pair, à leur taux actuel de 87 fr. 48, faisant ainsi prime de 37 fr. 48.

Résumé et conclusion. — En résumé, par l'ampleur de son effectif, de ses opérations et de ses résultats, par le dévouement que lui témoignent ses directeurs, l'Association coopérative de Consommation des Employés civils de l'État, du département de la Seine et de la ville de Paris a paru au Comité de commerce mériter nos plus vives félicitations. Aussi m'a-t-il chargé de vous proposer en son nom d'adresser à son distingué pré-

(1) Les organisateurs de sociétés nouvelles feront bien d'insérer dans les statuts cette affectation des bonis, qu'il est plus malaisé d'y introduire ultérieurement.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sident, M. Marsais, nos remerciements pour sa très intéressante communication et de voter l'insertion du présent rapport au *Bulletin*.

Approuvé en séance le 10 *mai* 1895.

E. Cheysson, *Rapporteur*.

ARTS CHIMIQUES

Rapport *présenté par* M. J. Jordan, *au nom du Comité des Arts chimiques, sur le Mémoire de* M. F. Osmond, *intitulé : Méthode générale pour l'analyse micrographique des aciers au carbone.*

Il y a longtemps que l'industrie sidérurgique se sert de l'examen à l'œil nu des cassures des fers ou des aciers comme d'une ressource précieuse pour guider les praticiens soit dans la conduite d'une fabrication, soit dans le classement des produits obtenus. On a pu aussi, moins anciennement, se servir de la loupe ou du microscope pour remédier à l'insuffisance de la vision directe dans l'étude de ces cassures, comme on l'a fait pour des recherches de botanique ou de zoologie. Mais c'est à une époque relativement bien plus récente que l'étude microscopique de la structure des métaux et la représentation de leurs aspects par le dessin ou par la photographie ont acquis l'importance qu'elles possèdent aujourd'hui, et sont devenues, sous le nom de *métallographie microscopique*, l'un des modes d'investigation qui préoccupent le plus les métallurgistes.

Il semble que les premiers travaux sur ce sujet remontent jusqu'en 1864, et soient dus au savant anglais, le docteur H.-C. Sorby, de Sheffield, qui présentait à l'Association Britannique des photographies microscopiques de diverses sortes de fer et d'acier, et qui travaillait à créer une technique spéciale pour l'examen des coupes de corps opaques sous de forts grossissements, préférant l'étude de ces coupes convenablement préparées à celle des cassures qu'il considérait comme moins propres à renseigner sur la structure réelle du métal.

Plus tard, en 1878, M. le professeur Martens, de Berlin, faisait, de son côté, connaître des travaux présentant tous les caractères d'une entière originalité, malgré leur date postérieure à celle des travaux anglais : il étudiait de préférence d'abord les lois générales de la rupture, les cassures, les souf-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

flures et les cristallisations des métaux, sans négliger cependant l'examen des coupes. C'est peu de temps après, en 1880, que M. Osmond, alors ingénieur au Creusot, commençait, avec son collègue, M. Werth, les travaux microscopiques dont la première manifestation publique a été une communication à l'Académie des Sciences en février 1885, sur la *structure cellulaire de l'acier fondu*, travaux qu'il a poursuivis depuis lors avec des méthodes perfectionnées sous l'influence du docteur Sorby.

Aux États-Unis, les métallurgistes américains ne restaient pas en arrière. Dès 1883, M. J.-C. Bayles, de New-York, faisait connaître à ses compatriotes les résultats obtenus par MM. Martens et Sorby; en rappelant que les métallurgistes les plus expérimentés avaient depuis longtemps reconnu l'insuffisance de l'analyse chimique, et aussi celle des essais mécaniques, pour les renseigner suffisamment, et éprouvaient le besoin d'une sorte d'anatomie et de physiologie du fer et de l'acier, il déclarait que l'analyse microscopique, comme il l'appelait, venait donner satisfaction à ce desideratum, et il lui prédisait l'avenir le plus considérable.

M. Bayles, lui-même métallurgiste, ne se trompait pas. Depuis l'époque où il écrivait ce qui précède, les études microscopiques ont été poursuivies avec ardeur. MM. les professeurs Martens et Wedding à Berlin, M. le docteur Sorby en Angleterre, MM. Lynwood Garrison, Dudley aux États-Unis, M. Behrens aux Pays-Bas, MM. Osmond et Werth ensemble, M. Osmond seul ensuite, M. Guillemin en France, et d'autres encore, ont fait tellement progresser la *métallographie microscopique* ou *analyse micrographique* des métaux qu'on doit maintenant la considérer comme un moyen d'investigation et de contrôle qu'il n'est plus permis aux industriels de négliger. M. Osmond, que l'auteur de ce rapport s'honore d'avoir compté parmi ses élèves, s'est placé dans les premiers rangs parmi les fondateurs et les propagateurs de cette science nouvelle, et y a acquis une autorité reconnue par tous les métallurgistes des divers pays, comme le montre l'intérêt attaché à ses communications aux divers congrès spéciaux tenus en Angleterre et aux États-Unis. Ses travaux sont presque uniquement relatifs à la structure interne des fers et des aciers divers : ils ont été présentés par lui-même dans un rapport très remarquable à la grande commission des méthodes d'essai des matériaux de construction, rapport qui n'a pas encore été publié.

M. Osmond, dans une communication magistrale que vous avez entendue, a résumé pour la Société d'Encouragement l'état actuel de la métallographie

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

microscopique, en y comprenant ses dernières recherches, et a exposé la méthode générale qu'il emploie pour l'analyse micrographique des aciers. Votre rapporteur ne croit pas devoir ici résumer ce remarquable travail. Il se contentera de faire remarquer combien on est loin maintenant de l'ancien examen, simplement à l'œil nu, des cassures de fer ou d'acier. L'emploi du microscope avec des grossissements qui vont jusqu'à 800 diamètres et plus quelquefois, l'intervention du dessin et de la photographie pour la reproduction des micrographies ont singulièrement étendu les ressources de l'ancienne méthode empirique, l'ont rendue plus précise, plus sûre et jusqu'à un certain point quantitative.

Après une étude méthodique préalable d'un acier de composition donnée, il est possible maintenant, au simple aspect d'une plaquette bien préparée, de dire avec une approximation suffisante :

1° A quelle température a été terminée l'élaboration mécanique (laminage ou forgeage) de la pièce ;

2° A quelle température a été pratiquée la trempe ;

3° Quelle a été la vitesse du refroidissement.

En un mot, on peut reconstituer après coup le traitement calorifique du métal, et tous les métallurgistes qui ont conduit effectivement une fabrication savent quelle est l'importance de ces facteurs, comment leur connaissance peut expliquer certains échecs et en prévenir d'autres. Aussi la nouvelle science excite-t-elle vivement l'intérêt des ingénieurs d'usines, plus peut-être que celui des théoriciens.

Votre Rapporteur ne peut vous renseigner sur les applications de la métallographie microscopique faites dans nos aciéries françaises ou européennes : il sait que les nouvelles méthodes d'investigation et de contrôle sont employées couramment dans plusieurs des grandes aciéries de France, notamment ; mais comme elles le sont dans un but industriel, pour la conduite de certaines fabrications, les résultats obtenus ne sont pas publiés. Par contre, quelques fabricants d'acier américains ont entretenu le Congrès de Chicago de leurs résultats. Ainsi M. Albert Sauveur, ingénieur des aciéries de l'Illinois, à South Chicago, a organisé un service régulier d'essais microscopiques pour diriger une fabrication de rails, et déclarait au Congrès s'en bien trouver. M. P. H. Dudley, un autre métallurgiste américain bien connu, et spécialement compétent dans la fabrication des rails, qui, au Congrès de Chicago, a rendu publiquement hommage aux services rendus à l'industrie par les travaux de M. Osmond, s'inspire de l'analyse microgra-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

phique pour rédiger ses cahiers de charges et contrôler la réception du matériel des chemins de fer.

Il n'y a donc plus à discuter la question de savoir si l'emploi de la métallographie microscopique deviendra ou ne deviendra pas pratique. Cette question est résolue par l'expérience : le microscope rendait déjà des services quand la préparation des plaquettes d'essai était encore dans l'enfance, il en rend davantage aujourd'hui; il en rendra plus encore quand on aura relié les résultats des essais mécaniques à ceux de l'analyse micrographique. La préparation des plaquettes n'a rien qui doive effrayer les praticiens : elle peut, à la vérité, être très longue quand on interroge pour la première fois un métal inconnu et que l'on défriche quelque nouveau champ d'investigation, comme nous le faisait remarquer M. Osmond. Mais, pour le contrôle courant d'un acier connu, cette préparation, nous dit-il, ne demanderait que quelques minutes avec une installation mécanique de polissage, et il n'est guère de méthode plus rapide entre des mains exercées. L'apprentissage seul est un peu laborieux et l'application suppose quelque adresse, mais n'en est-il pas de même pour l'analyse chimique?

Le mémoire que M. Osmond a remis à la Société est, en réalité, un traité, un manuel d'analyse micrographique, dans lequel l'auteur met à la disposition des métallurgistes les fruits de son expérience consommée, en leur indiquant avec détail les meilleurs moyens à employer pour arriver au but désiré. Il comprend une série de photographies microscopiques qui présente le plus haut intérêt, et qui achève d'en faire un travail dont la publication est certainement attendue avec impatience, plus encore par les praticiens et les fabricants d'aciers que par les hommes de science.

Aussi votre Comité des Arts chimiques, en vous demandant l'insertion au *Bulletin* du présent rapport, vous propose aussi de voter la publication, dans ce *Bulletin*, du mémoire complet de M. Osmond, avec les microphotographies qu'il contient, et qui en forment une partie essentielle.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Méthode générale pour l'Analyse micrographique des aciers au carbone

par M. F. Osmond.

J'ai déjà eu l'occasion, en février 1892, pour la Commission des Méthodes d'essai des matériaux de construction, et aussi pour le Congrès de Chicago en 1893, de résumer l'état de nos connaissances sur la métallographie microscopique. Depuis lors, les métallographes de tous les pays ont activement poursuivi leurs travaux; des notes, des mémoires, un traité même ont été publiés. Mais, quel que soit l'intérêt de ces recherches, mon intention n'est pas de mettre ici à jour mes précédents rapports d'ensemble. Il ne suffit pas d'accumuler les résultats : il faut encore, comme l'ont montré d'assez nombreuses discussions, les asseoir sur des fondations solides. « Le véritable but, écrivait avec juste raison M. Martens en 1893 (1), le but sur lequel on doit tenir constamment les yeux fixés, est de développer tout d'abord les méthodes pour la résolution microscopique des éléments de structure, et de déterminer la composition chimique de ces éléments. »

« La métallographie, disais-je de mon côté, sera tout d'abord descriptive : elle déterminera dans les métaux, à leurs différents états, la nature, la forme, les dimensions, les proportions, la distribution locale et la répartition générale des divers constituants.

« Plus tard, une fois en possession de données expérimentales suffisantes, elle devra rattacher les faits observés :

« 1° A leurs causes, en recherchant comment un même métal change de structure sous l'influence de ces trois facteurs combinés : la température, le temps, la pression;

« 2° A leurs conséquences, en définissant les propriétés mécaniques qui correspondent à une structure déterminée. »

C'est en m'inspirant de ces idées générales que j'ai essayé d'instituer un procédé systématique qui permît de caractériser par plusieurs réactions, et de reconnaître en toute circonstance, les divers constituants des aciers. Celui que je vais décrire n'est pas parfait et réclame certainement des améliorations qui le rendent plus sûr. Tel quel cependant, et à la condition d'être manié avec prudence, il me paraît être un instrument de quelque utilité pour l'étude des problèmes métallurgiques : je n'ose pas dire pour la solution de ces problèmes, tant les solutions définitives reculent sans cesse devant qui les cherche, tant chaque pas en avant nous ouvre d'aperçus nouveaux sur les régions que nous savions ignorer et aussi bien sur celles que nous pensions connaître.

Pour la clarté de l'exposition, je prierai mes lecteurs de faire avec moi, pour

(1) *Trans. Am. Inst. Min. Engineers*, t. XXIII, p. 39.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

un moment, abstraction de ce qu'ils ont appris, et de se rappeler seulement que les aciers, quoi qu'on en ait pensé, ne sont pas homogènes. Non pas, il s'en faut, qu'il n'y ait beaucoup à garder dans l'héritage que nous ont légué les travaux antérieurs; mais il est toujours plus facile de construire de toutes pièces une maison neuve que de réparer et d'agrandir celle que l'on habite. En procédant ainsi, j'espère rendre l'initiation moins ardue aux adeptes nouveaux, aux ingénieurs d'usines, qui n'ont ni le temps ni les moyens de remonter aux sources. Quant aux ouvriers de la première heure, ils reconnaîtront aisément, parmi les matériaux que j'aurai mis en œuvre, ceux qu'ils ont frappés de leur marque et apportés à l'œuvre collective.

OPÉRATIONS PRÉLIMINAIRES

Si on laisse de côté l'étude des cassures, à laquelle on ne peut malheureusement appliquer que d'assez faibles grossissements, la première opération que l'on ait à faire, quand on veut examiner un échantillon donné, est d'en obtenir une coupe plane. Je suppose que cette coupe ait été pratiquée dans un atelier par le tour, la lime, la scie, la meule ou tout autre outil à froid choisi suivant la dureté du métal et les convenances : il nous reste à polir la surface coupée.

Généralités sur le polissage. — Un polisseur de profession, si on s'adresse à lui, passe généralement la plaquette sur une première meule en émeri fin, puis sur un disque de buffle enduit de rouge d'Angleterre, mouillé d'eau, et tournant à une vitesse de 2 000 tours environ par minute. Le résultat sera satisfaisant pour les aciers durs trempés, mais nullement pour les métaux doux ou recuits. Si on en risque l'observation, l'artisan répond qu'on ne peut faire mieux, et que les défectuosités incriminées *sont dans le métal.*

Force est donc d'opérer soi-même. Mais les manuels des professions où le polissage joue un rôle ne sont que d'un maigre secours. Pour trouver des renseignements utiles, il faut consulter les métallographes. Le Dr Sorby (1) et le professeur Martens (2) ont, les premiers, tracé de bonnes règles techniques pour la préparation des surfaces métalliques. Encore s'aperçoit-on bientôt que, même en suivant ces règles le plus scrupuleusement possible, on n'arrive ni du premier coup, ni parfois même après des essais multiples, à retrouver les résultats indiqués. C'est que le polissage est encore un art dont la théorie n'est pas faite et que le succès dépend de causes nombreuses et de différences souvent très petites en apparence dans la qualité des matières à polir et dans la manière de s'en servir. Chacun a donc à faire son apprentissage, que l'expérience d'autrui peut abréger sans le supprimer complètement.

(1) *Journ. of the Iron and Steel Inst.*, année 1887, p. 255.
(2) *Glaser's Annalen*, t. XXX, p. 201.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ceci dit, pour mettre en garde mes lecteurs contre les découragements prématurés, je décrirai le procédé de polissage auquel je me suis arrêté.

Polissage préparatoire. — Ce procédé, d'ailleurs, est en principe le même que celui des artisans : dégrossissage par l'émeri, finissage par le rouge. Mais ce sont les détails qui importent.

Faute de moteur mécanique, je remplace, à l'imitation du Dr Sorby, la meule d'émeri des ateliers par des papiers d'émeri de plus en plus fins posés sur une glace. Ces papiers doivent être de grain régulier ; la poudre doit être suffisamment adhérente pour ne pas se détacher par le frottement et pour que l'usure se fasse par rayures et non par piqûres avec incrustations, comme il arrive quand cette poudre est mobile; enfin, le papier et la colle ne doivent pas rayer le fer doux par eux-mêmes. Les papiers du commerce remplissent rarement toutes ces conditions; mais comme on les paye un sou la feuille, on n'a pas le droit de leur être bien sévère. Le mieux est encore de fabriquer les papiers dont on a besoin. Pour cela, j'achète de la potée dite 120 minutes, c'est-à-dire qui a mis 120 minutes à se déposer, dans un bac dont je ne connais pas les dimensions; je délaye soigneusement cette potée dans l'eau, et je recueille les dépôts formés au bout de temps croissants dans des verres à précipiter tronconiques. Voici un exemple du classement de 100 parties :

Dans 0l,5 d'eau;	dépôt en moins de 1 minute :	16
—	de 1 à 2 —	13
—	de 2 à 5 —	8
—	de 5 à 10 —	6
—	de 10 à 20 —	14
Dans 1l,5 d'eau;	de 20 à 40 —	8
—	de 40 à 60 —	11
—	non déposé en 60 —	24
		100

On voit que la potée des marchands n'est pas précisément homogène. Les poudres classées qu'on en a retirées sont, après séchage, délayées dans une colle à base d'albumine qui sert à la préparation des papiers sensibles (1) et étendues sur du papier de la meilleure qualité. Les feuilles ainsi préparées ne sont pas belles et gardent la trace de tous les coups de pinceau, mais elles sont bonnes et durent longtemps.

Sans parler ici des premières passes, celles qui doivent effacer les traits de lime et pour lesquelles les papiers du commerce sont plus que suffisants, je

(1) Voici la recette de cette colle que j'ai empruntée à un traité de photographie :

Albumine	72 cc.
Eau	24

battre en neige et, après 12 heures, passer sur une petite éponge fine.

La gélatine raye le fer.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

frotte d'habitude mon échantillon de 100 à 200 fois, aller et retour, sur chacun des papiers 1-2, 2-5, 5-10, 10-20 et 20-40 minutes successivement. Il est utile de croiser les rayures à chaque changement de papier, pour voir si les rayures du papier précédent n'ont pas laissé quelques traces accidentellement plus profondes que les autres. Les papiers les plus fins n'ont pas d'emploi. Leur poudre, de couleur ocreuse, et qui contient vraisemblablement plus de peroxyde de fer hydraté que d'émeri, incruste les métaux doux et les dépolit au lieu de les polir.

Quand les papiers d'émeri sont bons, on peut terminer directement le polissage avec le rouge d'Angleterre, sans passer par aucune autre poudre intermédiaire. Les rouges du commerce ne sont pas toujours non plus de qualité convenable. Les rouges dits *à l'acier* sont trop durs et trop gros pour les aciers non trempés; les rouges dits *à l'or* sont généralement meilleurs : encore faudrait-il le plus souvent les laver. J'ai cru aussi remarquer que ces produits s'altéraient avec le temps, peut-être par suite d'un changement moléculaire qui, dans un oxyde de fer, n'est nullement invraisemblable. Bref, on ferait bien de préparer son rouge soi-même, en évitant soigneusement la présence de toute impureté dure, calcinant la couperose dans des conditions de température à déterminer, et séparant par lavage les parties les plus fines du produit, les seules qui puissent être utilisées. Mais M. Henrivaux, le directeur bien connu des glaceries de Saint-Gobain, a bien voulu m'éviter cette peine, en me donnant gracieusement un échantillon de son rouge à l'oxalate, qui est très bon et m'a été très utile. Je saupoudre de ce rouge un morceau de drap fin à poil ras, tendu en double épaisseur sur le plateau en fonte d'une petite machine à polir horizontale. La machine en question vient d'Allemagne, où je l'avais vue dans le laboratoire du professeur Martens, à Charlottenburg; elle est construite par Fuess, à Steglitz près Berlin, et coûte 60 marks sur place. On tient de la main gauche l'échantillon appuyé sur le drap mouillé d'eau renouvelée, et on tourne la manivelle de la main droite à raison de 200 tours à peu près par minute : la vitesse correspondante vers la circonférence du polissoir est, en chiffre rond, de $2^{m},50$ par seconde.

Quand la préparation par les papiers d'émeri a été bien faite, les stries, très fines, s'effacent rapidement; on a plus de peine à se débarrasser de petites piqûres, fréquentes surtout dans les aciers doux, qui semblent provenir d'arrachements et qu'il importe cependant de faire disparaître pour ne pas les confondre avec des porosités. Pour fixer les idées, je dirai qu'il faut compter au moins 1 000 tours de manivelle pour le polissage des aciers durs trempés et 2 000 pour celui des aciers recuits (1). Il convient, pendant les 500 derniers tours, de n'appuyer l'échantillon sur le drap que le plus légèrement possible.

(1) Ici et ailleurs, je décris simplement mes procédés, sans avoir la prétention de les donner comme un modèle à décalquer. Les conditions dans lesquelles je travaille m'obligent à chercher avant tout la plus grande simplicité possible de matériel. Mais si l'on peut disposer d'un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On obtient enfin (ou l'on doit obtenir) une surface sensiblement spéculaire, même quand le métal n'est pas homogène, pourvu que le drap ne soit pas trop mou ni le rouge trop épargné. Mais cette surface n'apprend le plus souvent que la présence ou l'absence de scorie, de fentes ou de porosités : le polissage plan n'est pas en effet par lui-même un moyen d'investigation bien fécond, mais, dans la plupart des cas, une simple préparation à l'application d'un autre procédé quelconque d'analyse micrographique.

C'est donc ici seulement que commence la description du procédé spécial qui fait l'objet du présent travail.

MÉTHODE GÉNÉRALE

Cette méthode comporte trois opérations successives :

1° Un polissage en bas-relief;

2° Ce que j'appellerai un polissage-attaque;

3° Une attaque, au sens ordinaire du mot, par des réactifs chimiques appropriés.

I. *Polissage en bas-relief.* — Quand on polit un corps non homogène, ses divers constituants tendent à s'user inégalement, suivant leurs propriétés spécifiques et leurs dimensions absolues, et l'on peut, en se plaçant dans des conditions convenables, faire apparaître la structure par l'inégal relief de ses éléments. C'est ce que j'appelle le polissage en bas-relief. M. Sorby (1), M. Martens (2) et surtout M. Behrens (3) ont obtenu ainsi, soit incidemment, soit à dessein, des préparations métalliques intéressantes. La méthode en question n'est donc pas nouvelle : j'ai seulement cherché à en rendre l'usage plus systématique et le maniement plus docile. Pour obtenir le résultat cherché, il faut polir sur un substratum qui soit assez élastique pour épouser les petites dénivellations au fur et à mesure qu'elles se produisent et assez délicat pour fouiller les plus fins détails. Celui qui m'a le mieux réussi est le parchemin, dont le Dr Sorby avait d'ailleurs indiqué l'emploi. On le tend mouillé sur une planche de bois bien rabotée et on l'y fixe par des clous. Pour l'usage, on mouille de nouveau la place sur laquelle on veut frotter et on la saupoudre de rouge d'Angleterre, comme nous l'avons déjà fait plus haut pour le drap. Mais il faut, cette fois, se garder soigneusement

moteur mécanique, on a tout intérêt à s'en servir : avec un plateau animé d'une vitesse suffisante, on obtiendrait certainement en peu de minutes et sans fatigue une bonne préparation. Dans le même ordre d'idées, j'appellerai l'attention sur les machines imaginées et décrites par M. Stead (*Journal of the Iron and Steel Institute*, année 1894, 1re partie, p. 292), machines dont je n'ai pas l'expérience personnelle, mais qui paraissent bien étudiées, et que recommande d'ailleurs la notoriété scientifique de leur inventeur.

(1) *Loco citato.*

(2 *Stahl und Eisen*, t. XII, p. 406 et pl. VI, fig. 34 à 38.

(3) Recueil des travaux chimiques des Pays-Bas, t. X, p. 261 et *Das mikroskopische Gefüge der Metalle und Legirungen, passim.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'un excès de rouge. On étale d'abord sur le parchemin, avec le doigt fortement appuyé, la petite quantité de poudre qu'on y a versée; puis on porte la planche sous un robinet à eau, et on lave en brossant de façon à ne garder du rouge que les particules les plus fines, celles qui ont pénétré dans les pores de la peau et s'y sont fixées. Sur ce *parchemin rougi*, on frotte la surface métallique, en ajoutant de temps en temps quelques gouttes d'eau, quand besoin est. Les constituants durs apparaissent d'autant plus vite en relief que leur résistance relative à l'usure est plus forte et leurs dimensions plus grandes : 2 000 frictions, aller et retour, de 8 centimètres environ d'amplitude, sont généralement suffisantes.

Cependant, le rouge le plus fin est encore un peu brutal, et il peut être utile de continuer le polissage, toujours sur parchemin mouillé, avec le sulfate de chaux précipité. J'ai aussi employé, quelquefois avec beaucoup de succès, plus souvent avec des insuccès inexpliqués, le sulfate de baryte également précipité. On révèle ainsi certains détails; mais le travail est long et pénible et, heureusement, il n'est pas souvent nécessaire d'y avoir recours (1).

La plaquette une fois préparée, il reste à distinguer sous le microscope un relief d'un creux. On y réussit, pourvu que la préparation ne soit pas colorée, à l'aide d'un artifice qui ne doit pas être inconnu, bien que je ne l'aie trouvé décrit nulle part. On a soin d'étrangler l'ouverture du *vertical illuminator* de Beck par un diaphragme de petit diamètre (2^{mm}, 5 ou moins); on place l'objectif un peu au-dessous du point et on le relève lentement. Les reliefs, qui paraissaient d'abord relativement brillants et jaunâtres sur fond relativement sombre, deviennent progressivement sombres sur fond brillant; les creux présentent des apparences inverses, si bien que deux photographies d'une même préparation, prises l'une un peu au-dessous et l'autre un peu au-dessus du point moyen, sont à peu près le négatif l'une de l'autre. La distinction est particulièrement nette avec l'objectif 5 de MM. Nachet et fils, c'est-à-dire pour les grossissements de 200 à 300 diamètres. Elle l'est moins pour les forts grossissements de l'objectif 9 à immersion des mêmes constructeurs, mais on est alors guidé par les ombres portées, surtout vers les bords du champ.

II. *Polissage-attaque.* — La deuxième opération, celle que j'ai appelée le polissage-attaque, consiste à ajouter, à l'action mécanique de la poudre à polir chimiquement inerte, celle d'un réactif liquide, qui serait inerte par lui-même, mais dont l'activité est exaltée par le frottement (2). On obtient parfois ainsi des effets singuliers. L'eau ammoniacale, par exemple, non seulement n'oxyde pas

(1) Il serait intéressant, pour le développement ultérieur de la méthode, de constituer une gamme de poudres de ténuité suffisante et de duretés graduées, comme l'échelle minéralogique de Mohs.

(2) Comparer Daubrée : *Études synthétiques de géologie expérimentale ;* Dunod, Paris, 1879, p. 268 et suivantes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'acier, mais le préserve de l'oxydation : aussi ai-je été très étonné, un jour que je polissais un morceau d'acier doux avec de l'ammoniaque étendue et du sulfate de baryte, de voir mon acier se nuancer lentement et successivement de toutes les couleurs du revenu dans leur ordre habituel; et de telle façon que le constituant dur était toujours en avance d'un degré sur la masse douce : jamais le chauffage direct ne m'avait fourni une aussi bo nne image pour le même métal. Je n'ai pas d'ailleurs tiré parti de cette remarque. Le réactif dont je me sers pour le polissage-attaque, non moins imprévu que l'ammoniaque, est l'infusion de racine de réglisse connue sous le nom vulgaire de *coco*. C'est M. Ivan Werlein qui me l'a signalé, comme un exemple de certains préjugés des ouvriers. Mais les recettes des artisans, sous une forme parfois bizarre, cachent bien souvent le résultat d'observations justes : j'ai donc essayé le *coco*, avec l'idée préconçue que ce pouvait être un lubrifiant, dans le genre de l'eau de savon, qui rendrait peut-être les frottements plus doux et mon travail manuel moins dur. L'effet supposé ne se produisit nullement; mais il se trouva, en revanche, que ladite infusion, employée avec le rouge ou avec le sulfate de chaux précipité, continuait bien le polissage en bas-relief, colorait certains constituants à l'exclusion des autres ou avant eux et qu'on était en possession d'un très précieux auxiliaire.

Il resterait à savoir quelle est la substance utile parmi celles que la racine de réglisse cède à l'eau. En attendant que cette question soit résolue, je laisse d'habitude macérer 10 grammes de racine divisée pendant 4 heures à froid dans 100 cc. d'eau et je filtre. Cetteinfusion fermente assez vite, devient de plus en plus active et finit par piquer le métal. On ne doit guère la garder plus de 8 jours et il serait préférable, ce que j'ai d'abord eu le tort de ne pas faire, de l'employer dans des conditions toujours identiques d'âge et de concentration.

III. *Attaque*. — Après le polissage-attaque, il convient de repasser la préparation sur le rouge, à l'aide de la petite machine, pour la décolorer et en effacer les reliefs. On termine enfin l'examen par une attaque proprement dite.

Les réactifs utilisables peuvent se diviser en trois classes : les acides, les halogènes et les sels.

Le résultat final de la dissolution totale des fers carburés par les principaux acides est relativement bien connu. Mais le processus initial d'une attaque très incomplète en liqueur étendue reste des plus obscurs et probablement des plus complexes. L'acide chlorhydrique à 10, à 5 et à 2 p. 100 (l'échantillon étant ou non relié au pôle positif d'un élément Grenet), l'acide sulfurique à 10 p. 100, l'acide oxalique à 10 p. 100, l'acide citrique à 100 et à 10 p. 100, l'acide chromique (réactif d'Abel), l'acide chlorhydrique dans l'alcool absolu (réactif de Martens) ne m'ont pas semblé présenter d'avantages sur l'acide azotique, dont l'emploi, beaucoup plus général, sera d'ailleurs critiqué plus loin. On peut se servir, suivant les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

circonstances, de l'acide à 36° Baumé ou de dilutions aqueuses à 20 et à 2 p. 100 (1).

Les halogènes, qui attaquent le fer et en séparent la totalité du carbone, ont une action plus simple que celle des acides. Je suis très satisfait de l'usage de la teinture d'iode. Cette teinture ne doit pas être préparée avec l'alcool absolu, sous peine de donner une attaque très lente et très irrégulière, dont on ne peut rien tirer. Celle des pharmacies est convenable. Je l'applique à la touche et par additions successives à raison d'une goutte par centimètre carré de surface. On laisse agir jusqu'à décoloration et, après examen, on recommence s'il y a lieu. La première application est souvent suffisante et quelquefois même un peu trop forte.

Le sulfate de cuivre, le bichlorure de mercure, le chlorure d'or, le chloroplatinite de potasse, sels qui remplacent le fer dissous par un dépôt de leur métal, ne m'ont pas donné de résultats bien encourageants. Mais, le nombre des expériences étant forcément limité, j'ai pu facilement passer à côté des conditions favorables, et je ne voudrais dissuader personne de répéter les essais.

En fin de compte, je ne retiendrai, des réactifs examinés, que la teinture d'iode et, accessoirement, l'acide azotique. Après attaque, on lave à l'alcool pour la teinture d'iode, à l'eau et à l'alcool pour l'acide azotique et on essuie avec un linge fin et sec. Le séchage sous un jet d'air comprimé est préférable quand on peut l'appliquer. On supprime l'essuyage si on doit se servir d'un objectif à immersion.

Avec l'aide de ces trois opérations successives : polissage en bas-relief, polissage-attaque et attaque chimique, et au moyen des réactions qu'elles fournissent, nous essaierons d'abord de définir les constituants primaires des aciers au carbone.

CONSTITUANTS PRIMAIRES DES ACIERS AU CARBONE

J'appelle constituant primaire tout élément de structure que ses réactions micrographiques permettent de considérer comme une espèce. Ces constituants, sans compter la scorie, sont actuellement au nombre de cinq. Mais la liste en est forcément provisoire, comme celle des corps simples, et pour les mêmes raisons. Le progrès de la science peut amener des découvertes, des dédoublements ou des fusions.

I. Le premier constituant des fers carburés est le fer lui-même, pur, ou du moins pratiquement pur, car la pureté absolue est un mythe. Quand on considère le fer comme un élément de structure d'un agrégat complexe, il convient de lui donner un nom particulier et je conserverai celui de *ferrite*, heureusement créé par M. Howe, à l'imitation des termes minéralogiques.

La ferrite garde d'abord, par le polissage en bas-relief, un poli spéculaire; si on prolonge beaucoup cette opération et, surtout, si on a recours au polissage

(1) Le pour 100 d'acide est compté en fractions du volume total pour les acides liquides et en poids par rapport à l'eau pour les acides solides.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

complémentaire par le sulfate de chaux et l'eau, elle se granule d'autant plus vite et d'autant plus profondément qu'elle est moins compacte et, quand elle forme des masses de quelque importance, se résout à la longue en grains polyédriques.

Le polissage sur parchemin, avec le sulfate de chaux et l'infusion de réglisse, produit plus rapidement les mêmes effets et ne fait apparaître aucune coloration.

La teinture d'iode conduit encore aux mêmes résultats, en trois ou quatre applications successives dans les conditions définies ci-dessus. La ferrite reste toujours incolore, pourvu qu'elle soit suffisamment pure et compacte.

Quant à l'acide azotique, il marque très bien aussi les joints des grains, mais il colore ou ne colore pas la préparation au gré de circonstances très complexes et assez confuses qu'il est nécessaire d'examiner. — Si on place sous le microscope, éclairé par le *vertical illuminator*, une plaquette polie d'acier extra-doux dans un bain d'acide azotique à 2 p. 1000 (2 volumes d'acide à 36° Baumé dans 998 d'eau) et qu'on suive l'attaque pendant une demi-heure, on voit certains grains de ferrite jaunir et brunir progressivement, tandis que d'autres se dépolissent sans se colorer, ou restent à peu près intacts. La patine des grains brunis persiste généralement après essuyage. — Fait-on la même expérience dans l'acide à 2 p. 100, on voit la ferrite prendre de belles colorations, différentes d'un grain à l'autre et souvent sur le même grain. Ces colorations sont analogues à celles qui se produisent par le revenu à l'air, et on a simultanément des grains jaunes, bruns, pourpres, bleus, verts ou incolores avec de continuelles transformations. La patine acquise au moment de l'émersion est plus ou moins détériorée par l'essuyage. — Il est difficile de suivre au microscope l'attaque trop rapide par l'acide à 20 p. 100; mais un acide à ce degré de concentration fournit souvent, après essuyage, une préparation dont la ferrite est plus ou moins gravée, mais non colorée. — Ces faits conduisent à penser que l'attaque commence par la formation d'une pellicule mince d'oxyde ou de tout autre corps, pellicule qui tend à se dissoudre dans le bain. Suivant que la formation de cette patine en un point marche plus vite ou plus lentement que sa dissolution, les colorations apparaissent ou n'apparaissent pas et, quand elles apparaissent, peuvent, dans des circonstances convenables, parcourir alternativement leur gamme ascendante ou descendante. Les phénomènes sont si complexes qu'on ne peut les prévoir exactement, même dans les cas les mieux étudiés et qu'on ne sait jamais au juste, quand on attaque un acier par l'acide azotique de concentration donnée et pendant un temps donné, si on obtiendra la ferrite, et surtout *toute* la ferrite, colorée ou non colorée. L'acide azotique, bien qu'il puisse rendre d'excellents services avec des aciers connus, pour déterminer par exemple la température finale du travail à chaud, est donc, pour l'analyse micrographique, un réactif dangereux et qui m'a personnellement induit plus d'une fois en erreur, lorsque je n'avais pas encore approfondi sa manière d'agir. Tout au moins, ses indications doivent-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

elles être contrôlées par d'autres moyens et, sans doute, on en peut dire autant de tous les acides.

II. Le second constituant des aciers est le carbure de fer entrevu par Karsten et Caron, isolé plus ou moins intact par C. G. Müller, sir Fr. Abel et d'autres : carbure auquel les résultats concordants de méthodes diverses assignent la formule probable Fe^3C, le fer pouvant être remplacé en proportions quelconques, dans les aciers spéciaux, par le manganèse ou le chrome. Je dis formule *probable*, parce qu'on n'a jamais réussi, en fait, à isoler ce corps certainement pur et intact. M. Howe l'appelle la *cémentite*, et le carbone qui s'y trouve engagé en composition définie a reçu les noms de *carbone de cémentation* (Caron), de *carbone de recuit* (Osmond et Werth) et de *carbone du carbure normal* (Ledebur). C'est en effet dans les aciers de cémentation que la cémentite se rassemble en éléments de plus grande taille et qu'il est le plus facile de l'étudier. Elle y forme à la fois des groupes isolés, de grandes lamelles rectilignes juxtaposées, des groupes analogues reliés en réseau grossièrement polygonal et des lamelles simples, le plus souvent curvilignes, interstratifiées avec la ferrite (1). Mais, malgré les hésitations du Dr Sorby (2), hésitations que j'ai partagées pendant longtemps (3), je pense que l'on peut identifier aujourd'hui la cémentite de l'acier poule au constituant dur des aciers fondus et forgés. Ma conviction a été fixée par les analyses du professeur Ledebur (4), qui montrent partout l'identité de composition, et aussi par mes dernières observations micrographiques. Il est vrai que MM. Arnold et Read (5) distinguent, dans les résidus de l'attaque des aciers par la méthode de Weyl, deux carbures d'aspect différent, l'un blanc et brillant, l'autre gris et terne ; mais comme la composition chimique reste la même, la différence signalée paraît se réduire à ceci : que les lamelles brillantes sont compactes et unies, tandis que les lamelles ternes sont mal agrégées et rugueuses.

La propriété caractéristique de la cémentite est sa dureté, au sens minéralogique du mot. Le Dr Müller (6) l'assimile à celle du feldspath (n° 6 de l'échelle de Mohs), ce qui me paraît exact. Les chiffres variables, 5 à 7, indiqués par le professeur Behrens (7), s'expliquent : les plus forts par la présence du chrome,

(1) Sur la structure de l'acier poule, on peut consulter : Sorby : *Journal of the Iron and Steel Inst.*, année 1887, p. 255 ; Osmond : Sur la métallographie microscopique ; et *Microscopical Metallography* (*Trans. Amer. Inst. Min. Eng.*, XXII, 243) ; Behrens : *Das mikrosk. Gefüge der Metalle und Legirungen.*

(2) *Journ. of the Iron and Steel Inst.*, années 1886, p. 140 et 1887, p. 255.

(3) *Locis citatis.*

(4) *Stahl und Eisen*, t. VIII, p. 742 et t. XI, p. 294. — *Bull. Soc. d'encouragement*, 4e série, t. VIII, p. 665.

(5) *Journ. of the chem. Soc.*, t. LXV, p. 788 (août 1894).

(6) *Stahl und Eisen*, t. VIII, p. 292 (1888).

(7) Ouvrage cité.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les plus faibles par l'état de désagrégation dont il était question tout à l'heure. Cette dureté, supérieure à celle de tous les autres constituants des aciers au carbone (y compris l'acier dur trempé et non revenu), permet d'isoler facilement la cémentite par le polissage en bas-relief (1), pourvu, bien entendu, qu'elle ne soit pas disséminée dans une gangue plus douce, à un état de division qui dépasse la puissance du microscope et ne permette plus d'autre contrôle que celui de l'analyse chimique.

Le polissage-attaque avec le sulfate de chaux et l'infusion de réglisse, si loin que je l'aie poussé, ne colore pas la cémentite.

La teinture d'iode, appliquée jusqu'à huit fois, toujours dans les conditions indiquées plus haut, ne la colore pas davantage et la laisse brillant d'un blanc d'argent sous l'éclairage perpendiculaire.

Il en est de même, à froid naturellement, de l'acide azotique à 20 p. 100 pendant 40 secondes au moins, et de l'acide azotique à 2 p. 100 pendant un temps beaucoup plus long.

III. Passons au troisième constituant des aciers.

M. Sorby a décrit le premier (1), sous le nom de constituant nacré (*pearly constituent*), un constituant *binaire*, mélange de très fines lamelles alternativement dures et douces, que M. Howe appelle *perlite*. La fig. 249 (pl. 5) en montre, au grossissement de 800 D., un exemple obtenu par le polissage-attaque. Ce mélange, et c'est de là qu'il a tiré ses noms, s'éclaire en lumière *oblique*, grâce à sa structure, des couleurs irisées de la nacre, *pourvu cependant que le polissage ou l'attaque aient creusé à une profondeur convenable les lamelles douces ou attaquables*. Mais il n'y a pas lieu d'insister ici sur le phénomène optique, qui est d'ailleurs connu et qui a été expliqué par Fresnel. Comme l'analyse chimique immédiate trouve dans tous les aciers, surtout dans les aciers recuits, une proportion plus ou moins forte du carbure Fe^3C, c'est-à-dire de cémentite, on a généralement admis, avec ou sans réserves, que les lamelles dures de la perlite étaient cette cémentite, les lamelles douces de la ferrite, et que la perlite était exclusivement un mélange des deux constituants primaires déjà décrits. En est-il toujours ainsi? Prenons un acier dur à 1,25 p. 100 de carbone, recuit à 750°, qui est presque entièrement formé de perlite, conformément à la description de Sorby : polissons-le par 2 000 frictions sur parchemin rougi mouillé à l'eau, et examinons-le sous le microscope en lumière normale. Les lamelles alternantes apparaissent très nettes en quelques points, comme les montrait la fig. 249, pl. 5; mais c'est là l'exception. Presque partout, on reconnaît bien la structure lamellaire, mais, comme l'avait d'ailleurs remarqué le Dr Sorby, très inégalement

(1) Le polissage à l'émeri suffit déjà pour faire apparaître les grands traits de la structure de l'acier poule.

(2) *Journ. of the Iron and Steel Inst.*, année 1886, p. 140.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

développée, et avec des reliefs bien souvent si faibles que la reproduction photographique au grossissement de 800 D. manquerait complètement de netteté. Ce premier fait nous conduit à soupçonner que les lamelles alternantes ne sont pas toujours de duretés aussi différentes que la ferrite et la cémentite. Mais l'épaisseur absolue des lamelles peut aussi jouer un rôle, et les plus fines d'entre elles, qui atteignent à peine $0^{\mu},1$, pourraient n'être pas résolues par le polissage, soit parce que les grains de rouge sont relativement trop gros, soit parce que les reliefs trop fragiles se brisent au fur et à mesure de leur apparition. Et cette explication contient certainement une part de vérité. Mais continuons l'essai par le polissage-attaque. Les îlots mal résolus par le rouge ne se résolvent guère mieux; en revanche, au bout de quelques centaines de frictions, beaucoup d'entre eux commencent à se teinter en suivant, à mesure que l'on poursuit, la série ascendante des couleurs du revenu, jaune, brun, pourpre, bleu. A un moment donné, les colorations sont très variables d'un îlot à l'autre. D'ailleurs, sur un îlot donné, caractérisé par une orientation définie des lamelles, la patine peut être continue, tout en laissant sentir des stries, ou franchement discontinue, les lamelles incolores elles-mêmes pouvant être en creux ou en relief. On obtient des résultats tout à fait analogues avec l'iode, dès l'application de la première goutte de teinture, même étendue de son volume d'alcool à 95°, et la fig. 344 (pl. 5) montre une telle préparation avec des îlots bien ou mal résolus. Mais ni la ferrite ni la cémentite ne se colorent, dans les mêmes conditions, ni par l'infusion de réglisse ni par la teinture d'iode. Nous sommes donc décidément en présence d'un nouveau constituant primaire, que j'appellerai la *sorbite* (1) en l'honneur du premier pionnier de la métallographie.

Les faits exposés ci-dessus montrent que les lamelles alternantes de la perlite peuvent être formées tantôt de cémentite et de sorbite, tantôt de sorbite et de ferrite, tantôt de deux sorbites inégalement colorées, tantôt enfin de cémentite et de ferrite, avec ou peut-être sans interposition de sorbite. Je crois cependant, mais sans pouvoir l'affirmer, car il n'est pas toujours facile de faire sous le microscope la part des colorations propres et celle des effets de lumière, que la ferrite et la cémentite ne sont jamais en contact immédiat. Il est vraisemblable, au surplus, d'après ce que l'on sait de la teneur d'un acier en cémentite et ce que l'on voit de l'aire occupée par ce corps sur la coupe préparée, que la cémentite peut être en partie délayée dans la sorbite à un degré de division tel qu'un grossissement de 1 000 D. ne saurait décomposer le mélange.

J'ai défini la sorbite par des réactions micrographiques qui me paraissent suffisamment nettes; mais je ne sais rien de positif sur sa constitution chimique; et, à défaut de procédé mécanique de séparation, le problème n'est pas facile à

(1) Le mot existe déjà en chimie, mais avec un sens si éloigné qu'aucune confusion ne paraît à craindre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

résoudre. La sorbite contient certainement du carbone puisque la teinture d'iode la colore. Maintenant, si on réfléchit que le carbone des aciers n'est jamais intégralement engagé dans la cémentite, on est amené à penser que le carbone de la sorbite appartient à la variété appelée *carbone de trempe*, celle qui se volatilise dans l'attaque par la méthode de Müller et colore relativement peu l'acide azotique. Ceci soit dit à titre d'hypothèse, et en attendant de nouvelles recherches.

IV. Le quatrième constituant est celui qu'on obtient couramment par la trempe; il n'est donc pas nouveau, mais on n'en connaissait pas encore la structure. Le Dr Sorby (1) parle d'un grain extrêmement fin, tout en faisant les plus expresses réserves. Le professeur Behrens (2) mentionne, dans certains échantillons qu'il a examinés, l'existence d'un réseau polygonal doux, mais ce réseau est le résultat d'un commencement de décarburation superficielle. Les recherches du professeur Martens (3) s'appliquent à des aciers plus ou moins doux et montrent l'inégale distribution du carbone dans ces métaux, mais non la structure ultime des parties dures. J'avais bien publié, en 1891 (4), une photographie d'acier mi-dur trempé qui laissait voir, en lumière oblique, après attaque par l'acide azotique, une apparence assez nette de moiré, mais j'avais mal interprété cette observation. Bref, comme on voyait le grain des cassures diminuer par la trempe jusqu'à disparaître entièrement à l'œil dans les aciers les plus carburés, on était assez porté à croire que la structure des aciers trempés tendait vers l'amorphisme. Elle est cependant, comme nous l'allons voir, très franchement cristalline. Prenons, comme un bon exemple, de l'acier à 0,45 p. 100 de carbone, chauffé à 825° et trempé à 720° dans un mélange réfrigérant à — 20°. La structure n'apparaît que vaguement par le polissage en bas-relief, d'où il résulte que la dureté de la masse est à peu près uniforme; mais elle se développe bien par le polissage-attaque (fig. 260, pl. 4). On voit alors en faible creux des groupes d'aiguilles ou plutôt de fibres rectilignes orientées parallèlement et séparées ou non par un remplissage grenu ou vermiculé. Trois systèmes de fibres, respectivement parallèles aux trois côtés d'un triangle, se coupent fréquemment dans une même région et caractérisent, d'après l'avis qu'a bien voulu me donner M. Michel Lévy, des cristallites du système cubique. J'appellerai ce constituant la *martensite*, du nom du professeur Martens qui a créé en Allemagne, dès 1878, un centre indépendant de recherches métallographiques, et a depuis poursuivi ces études avec beaucoup de persévérance, de talent et de succès.

La martensite, résolue par le polissage-attaque, n'est généralement pas colorée ou ne l'est que faiblement en jaune pâle, après 2 000 frictions sur le par-

(1) *Journ. of the Iron and Steel Inst.*, 1887, p. 276.
(2) Ouvrage cité, p. 151.
(3) *Trans. Amer. Inst. of min. Eng.*, t. XXIII, p. 59.
(4) *Journal of the Iron and Steel Inst.*, 1891, part. I, pl. VIII.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

chemin mouillé par l'infusion de réglisse. Elle se colore au contraire, dès la première goutte de teinture d'iode, en jaune, en brun ou en noir, suïvant sa teneur en carbone, les fibres se détachant toujours en clair.

En présence de ces inégalités de coloration et d'attaque, on ne saurait affirmer que la martensite soit bien réellement un constituant primaire. Mais les faits observés peuvent également s'expliquer par la juxtaposition des fibres et la tendance de ces fibres à rejeter le carbone en dehors de leur organisme. Dans le doute, il est naturel d'adopter provisoirement l'hypothèse la plus simple.

Quoi qu'il en soit, la martensite conserve ses formes aussi bien dans les régions durcies par la trempe des aciers extra-doux que dans les aciers les plus durs, avec cette seule différence que les aiguilles sont d'autant plus longues et d'autant mieux différenciées, toutes choses égales d'ailleurs, que le métal est moins carburé. Ce sont ces formes qui la caractérisent et permettent de la reconnaître sous les variations de sa dureté; elle n'est donc certainement pas une combinaison définie liquatée du fer avec le carbone : elle représente l'organisation cristallitique, sous l'influence du carbone, de l'une des variétés allotropiques du fer. Les formes que nous retrouvons conservées par le refroidissement rapide peuvent d'ailleurs être pseudomorphiques, et je ne les donne pas comme un argument suffisant en faveur de la présence réelle de la variété allotropique correspondante dans le métal trempé.

V. Nous n'avons plus à examiner que le cinquième constituant des aciers carburés. C'est dans les aciers mi-durs, trempés pendant le cours des transformations du fer, qu'on peut le rencontrer avec ses caractères les plus nets. Soit encore un métal à 0,45 de carbone, chauffé à 825° et trempé à 690°. Le polissage sur parchemin rougi y montre des noyaux en relief, des lambeaux en creux et, entre les deux, un liséré de largeur variable et de dureté intermédiaire. Après le polissage-attaque, on constate que les noyaux durs sont de la martensite et les lambeaux doux de la ferrite. Quant aux bandes interposées, elles se sont teintées des couleurs du revenu, mais moins rapidement que ne le ferait la sorbite dans des conditions identiques, et ces couleurs forment des marbrures irrégulières (fig. 208, pl. 5). Leur structure est presque amorphe, légèrement granuleuse et mamelonnée.

La teinture d'iode donne une image tout à fait analogue à la première ou à la seconde application.

De ce cinquième constituant, celui qui m'appartient le plus complètement, je ferai hommage à l'un de nos maîtres français, qui a rendu à la science métallurgique de si éminents services, et je l'appellerai la *troostite*.

On voit que la troostite est une forme de transition entre le fer doux et l'acier trempé. Mais, comme la sorbite, elle n'est actuellement définie que par des réactions micrographiques, et sa constitution chimique exacte reste à déterminer.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

SÉPARATION MICROGRAPHIQUE DES CONSTITUANTS

Connaissant maintenant les cinq constituants des aciers carburés et la manière dont chacun d'eux se comporte vis-à-vis des moyens d'essai, nous pouvons résumer la marche générale de l'analyse dans ses applications à la séparation micrographique de ces constituants, abstraction faite des opérations préliminaires du polissage plan.

1° Polir en bas-relief sur parchemin rougi mouillé, par 2 000 frictions aller et retour; examiner la préparation au microscope.

En continuant le même mode de polissage avec le sulfate de chaux et l'eau, on pourra faire apparaître les grains et les joints de la ferrite; mais ces derniers sont mis en évidence beaucoup plus commodément par l'iode ou l'acide azotique.

2° Pratiquer le polissage-attaque sur parchemin avec le sulfate de chaux mouillé par l'infusion de racine de réglisse; examiner au microscope de 500 en 500 frictions. Il n'est généralement pas nécessaire de dépasser 2 000; mais il faut tenir compte de l'âge et de la concentration de l'infusion : une certaine expérience personnelle est indispensable.

La présence ou l'absence de colorations divise les constituants en deux groupes entre lesquels chevauche la martensite.

a. **Constituants non colorés** : ferrite, cémentite ou martensite;

b. **Constituants colorés** : martensite, troostite ou sorbite.

La martensite, qui ne prend d'ailleurs au plus qu'une teinte jaunâtre, se reconnaît à ses formes cristallines. Un observateur peu exercé pourrait la confondre avec la perlite, surtout en lumière oblique, parce qu'elle peut donner lieu aux mêmes phénomènes d'irisation et que les éléments de structure peuvent être du même ordre de grandeur. La distinction n'est cependant pas difficile. Les aiguilles principales de la martensite sont rectilignes et se recoupent fréquemment; les lamelles de la perlite sont le plus souvent curvilignes, et ne se recoupent jamais.

La ferrite et la cémentite se différencient par leurs duretés très inégales, qui mettent la première en creux et la seconde en relief par rapport à tous les autres constituants.

Dans le deuxième groupe, la troostite se colore plus lentement que la sorbite et moins uniformément; mais le vrai critérium est que la troostite est la compagne de la martensite, tandis que la sorbite est celle de la cémentite dans la perlite.

3° Après avoir repassé sur rouge à la machine pour effacer les colorations et atténuer les reliefs, attaquer par la teinture d'iode à la touche, à raison d'une goutte par centimètre carré de surface, laisser agir jusqu'à décoloration, laver avec l'alcool à 95° après chaque application, essuyer et examiner au microscope.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La première application sera faite de préférence avec une teinture moitié plus faible. On a rarement besoin d'en faire plus de deux ou trois.

L'iode divise encore les constituants en deux groupes :

a. **Constituants qui ne se colorent pas** : ferrite ou cémentite ;

b. **Constituants qui se colorent** : sorbite, troostite ou martensite.

Les trois constituants du groupe *b* sont classés dans l'ordre suivant lequel apparaissent les colorations. Le ton et l'intensité des colorations varient d'ailleurs suivant la teneur en carbone et la quantité de réactif employé.

Dans le premier groupe, on peut, si l'on veut faire une distinction chimique entre la ferrite et la cémentite, essayer de teinter ou de dépolir la ferrite en mettant la préparation dans l'acide azotique à 2 p. 100, et en l'y laissant de dix à vingt secondes; mais le résultat est toujours incertain et on ne réussit guère que pour les aciers durs. Il serait utile de trouver un réactif plus sûr.

Telle me paraît être, en attendant de nouveaux progrès, la meilleure marche à suivre, celle qui conduit le plus sûrement au but. Je ne voudrais pas cependant laisser croire que la méthode proposée égale en sécurité et en précision celles de la pétrographie ou de la chimie analytique. D'abord, les divers constituants de l'acier ne sont pas attaqués ou inattaqués d'une façon absolue par les divers réactifs : ils sont inattaqués ou plus ou moins attaqués *pendant un temps donné*. Ensuite, aucun de ces constituants n'est une entité exactement définie. La ferrite *pure* n'existe pas, et l'on est obligé de considérer comme telle le fer à peu près pur, ce qui est vague; la cémentite a bien une formule, mais elle peut se délayer, se dissocier dans la sorbite; la sorbite, la troostite et la martensite paraissent être des dissolutions solidifiées de formes diverses du carbone dans des formes diverses du fer, et passent insensiblement à la ferrite quand leur teneur en carbone diminue; enfin, la sorbite des aciers recuits et la troostite des aciers trempés se rejoignent vraisemblablement quelque part pour certaines vitesses de refroidissement ni très grandes ni très faibles, et telles qu'on peut les réaliser en pratique dans l'usage de la trempe à l'huile ou de la trempe au plomb. On aura donc fréquemment affaire à ces formes de transition qui font le désespoir de tous les classificateurs. Mais les classifications n'en sont pas moins nécessaires et les compartiments que j'ai cru pouvoir établir me permettront, du moins je l'espère, d'exposer plus clairement comment la structure des aciers varie avec leur teneur en carbone, et comment elle se transforme sous l'influence de la chaleur et selon la vitesse du refroidissement.

EXAMEN DÉTAILLÉ DE QUELQUES ACIERS

Mes essais ont porté sur quatre échantillons à teneur croissante en carbone, les autres éléments étrangers restant en proportions faibles et peu différentes,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

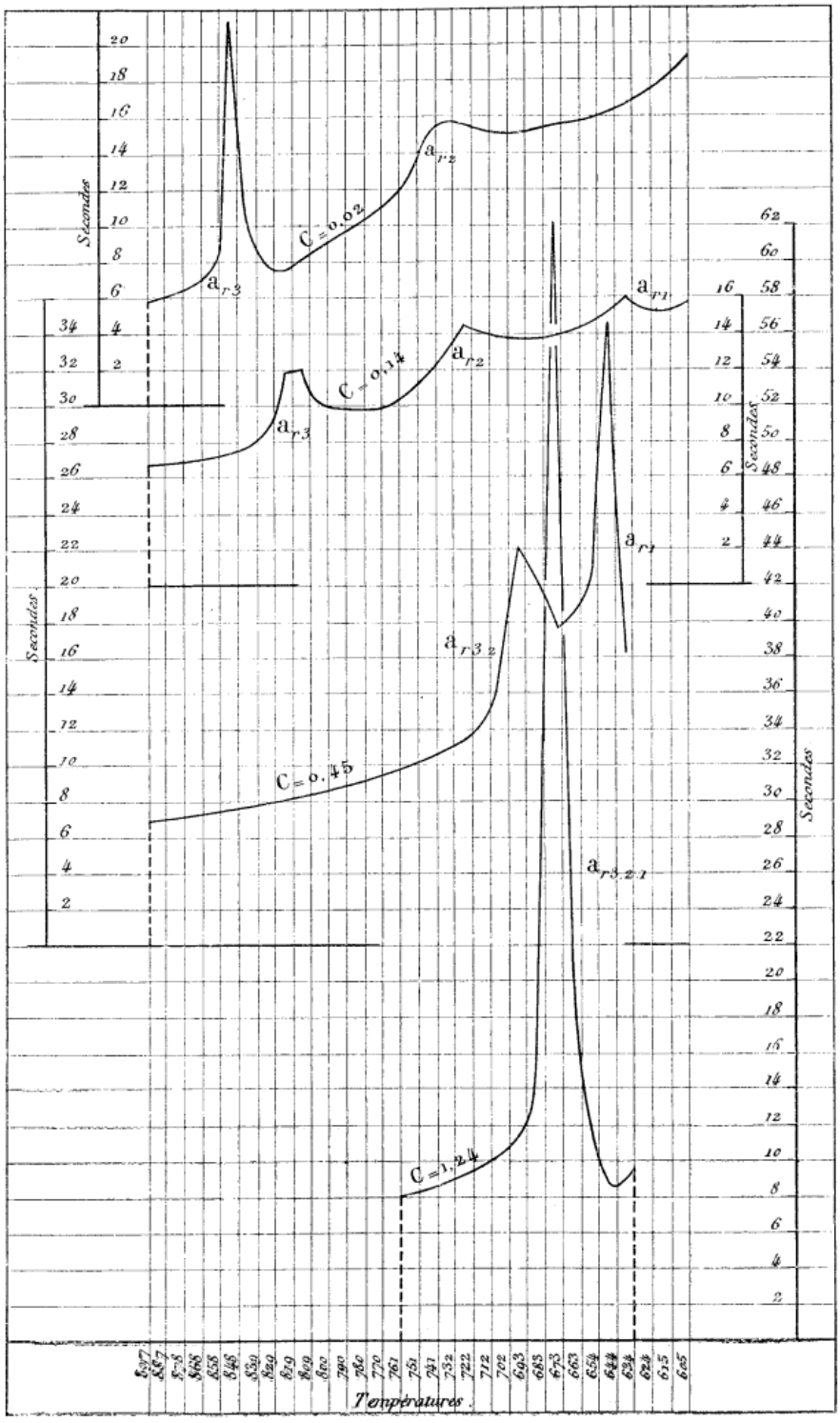


Fig. 1. — Points critiques des aciers

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

autant du moins que les produits de l'industrie me permettaient de satisfaire à cette condition.

Le premier de ces échantillons est exceptionnellement peu carburé. Le second représente les aciers extra-doux pour tôles et profilés; le troisième, les aciers mi-durs pour canons, blindages, rails, etc.; le quatrième, les aciers pour outils.

Ci-dessous leur composition chimique :

COMPOSITION CHIMIQUE.	1	2	3	4
	PROCÉDÉ DE FABRICATION.			
	?	EXTRA-DOUX MARTIN.	MI-DUR MARTIN.	DUR AU CREUSET.
Carbone	0,02	0,14	0,45	1,24
Silicium	0,05	$0,04_8$	0,07	0,35
Soufre	0,02	$0,01_8$	$0,01_6$	$0,01_2$
Phosphore	0,03	0,01	$0,03_6$	$0,01_7$
Manganèse	0,25	0,19	0,35	fortes traces.

Les transformations de la structure étant liées à la position des points critiques, il était nécessaire de déterminer ces points. Les résultats sont représentés par les courbes de la figure 1, construites par le même procédé que j'ai employé dans mes publications antérieures (1) ; c'est-à-dire que les abscisses sont les températures et les ordonnées les temps que met le thermomètre, dans les conditions de refroidissement considérées, à descendre de 1° du pyromètre thermo-électrique de M. Le Chatelier (environ 10° centigr.). Les chiffres essentiels sont réunis dans le tableau suivant, sous les notations habituelles.

ÉCHANTILLONS.	POSITION DES POINTS CRITIQUES AU REFROIDISSEMENT.								
	a_{r3}			a_{r2}			a_{r1}		
	Début vers	Maximum entre	Fin vers	Début vers	Maximum entre	Fin vers	Début vers	Maximum entre	Fin vers
Acier à 0,02 de C		855°		760°	740°-720°	700°		manque	
— 0,14 —	840°	825°-815°	800°	750°	730°-720°	700°	655°	650°-640°	635°
— 0,45 —				715°	695°-685°	confondus		650°	630°
— 1,24 —							700°	675°	650°

(1) Transformations du fer et du carbone dans les fers, les aciers et des fontes blanches; Baudoin. Paris, 1888.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pendant le chauffage, le métal à 1,24 p. 100 de carbone présente une station prolongée du thermomètre à 705° et le métal à 0,45 une station plus courte et moins nette à 710°.

Je rappelle que le point a_{r1} correspond à la récalescence de Barrett et à la transformation du carbone de trempe en carbone de recuit, tandis que les points a_{r3} et a_{r2} révèlent des transformations allotropiques du fer. Il résulte d'expériences faites en 1891, et mentionnées pour la première fois en janvier 1892, dans un rapport à la Commission des méthodes d'essai *Sur la méthode du refroidissement*, expériences qui ont été confirmées depuis par M. Curie (1), que ces deux transformations du fer sont distinctes, ce que mes recherches précédentes ne permettaient pas de décider. En d'autres termes, le fer est à l'état γ au-dessus de a_{r3}, β entre a_{r3} et a_{r2}, α au-dessous de a_{r2}. Les travaux du Dr Ball (2) et de M. Curie rendent même vraisemblable l'existence d'un quatrième état allotropique δ au-dessus de 1 300°, ou peut-être un retour à l'état β.

Tous mes échantillons ont été primitivement forgés : le premier en carré de 6×6 millimètres, dans des conditions qui me sont inconnues, les trois autres en ronds de 12 à 13 millimètres de diamètre, dans lesquels ont été découpées à froid des rondelles de 7 millimètres d'épaisseur. Le forgeage de ces derniers avait été terminé au rouge sombre, de façon à donner, sans écrouissage, le grain le plus fin possible. En prenant ainsi des métaux forgés pour point de départ, j'avais pour but de détruire et d'effacer l'absence originelle d'homogénéité qui caractérise les métaux bruts de coulée. La structure des lingots et les transformations que lui font subir le corroyage, le recuit ou la trempe demanderaient d'ailleurs à être étudiées pour elles-mêmes, et ont déjà fait, au surplus, l'objet de l'important mémoire présenté par le professeur Martens au congrès de Chicago.

Les rondelles préparées comme il vient d'être dit ont été soumises, dans des conditions exactement fixées, à divers traitements calorifiques : trempes ou recuits, déterminés d'après la position des points critiques et qui seront indiqués en même temps que les résultats de l'analyse micrographique (3). Comme il importe de définir les termes dont le sens est douteux, j'appellerai *recuit* tout chauffage au-dessus de a_{r1} suivi d'un refroidissement assez lent pour ne pas déplacer notablement les points de transformation, *quel que soit le temps pendant lequel a été maintenue la température maximum;* j'appellerai *trempe* tout refroidissement assez rapide pour déplacer notablement ces mêmes points, et *revenu* tout réchauffage après trempe jusqu'à une température plus basse que a_1, quelle

(1) *Thèse;* Gauthier-Villars et fils, Paris, 1895.

(2) *Journal of the Iron and Steel Inst.*, Années 1890, 1re partie, p. 85 et 1891, 1e partie, p. 103.

(3) Les températures ont été mesurées au moyen du pyromètre Le Chatelier, la soudure étant serrée entre deux rondelles du même métal.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que soit la vitesse du refroidissement subséquent. Dans tous mes essais de recuit, les rondelles placées, entre deux tampons d'amiante serrés, dans un tube chauffé au four Leclercq et Forquignon, ont été portées, dans l'espace d'une demi-heure environ, à la température maximum que l'on se proposait d'atteindre ; les robinets ont alors été fermés et les échantillons abandonnés au refroidissement spontané dans le four muni de son couvercle.

Sur toutes les rondelles qui avaient subi un traitement calorifique, on a eu soin d'enlever à froid avant polissage, par la lime ou par la meule suivant la dureté, une épaisseur de métal d'un millimètre au moins, pour se mettre à l'abri des accidents de décarburation et d'oxydation superficielles. Dans tous les cas, l'analyse micrographique n'a porté que sur des coupes en travers. Celle de coupes en long aurait également son intérêt, mais seulement pour l'étude des déformations à chaud, étude qui ne faisait pas l'objet principal de ces recherches.

Après ces indications générales, nous abordons l'examen détaillé des quatre aciers choisis.

I. **Acier à 0,02 de carbone.** — Ce métal est de provenance suédoise, et contenait primitivement 0,07 de carbone. M. Hadfield, qui a eu l'obligeance de me le fournir, en a abaissé la teneur à 0,02 par un recuit très prolongé dans l'oxyde de fer (procédé de fabrication de la fonte malléable). Pour le surplus, l'analyse portée au tableau a été faite dans le laboratoire de M. Hadfield sur le métal avant recuit, et les éléments oxydables, comme le silicium et le manganèse, ont dû être scorifiés, au moins en partie, pendant cette opération. La teneur en carbone après recuit n'est donnée que sous réserves. Cependant, le polissage en bas-relief ne montre pas de cémentite.

Le recuit et la trempe à différentes températures, y compris celle du blanc, ne modifient pas la structure d'une façon bien appréciable, et la description de l'une quelconque des préparations peut également s'appliquer à toutes les autres.

Le polissage préparatoire met en évidence d'abondantes inclusions de scorie.

Le polissage sur parchemin rougi et le polissage-attaque commencent à dessiner le réseau des joints de la ferrite; mais la structure apparaît mieux et plus facilement par l'attaque à la teinture d'iode (trois applications d'une goutte chacune jusqu'à décoloration). Les taches noires (fig. 307, pl. 2, 100 D.) sont la scorie. La ferrite se résout en grains de grande taille, très irréguliers de forme et de dimensions, lesquels peuvent se recouper en grains plus réguliers, plus petits et moins nets. Les grains s'attaquent et se granulent très inégalement, ce qui, vu la pureté de l'acier, ne saurait guère être attribué qu'à des différences de compacité d'un grain à l'autre, voire même dans l'intérieur d'un même grain.

Il semble résulter de l'examen de ce premier échantillon que la structure du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fer pur serait à peu près indépendante, du moins dans certaines limites, de la température du chauffage et de la vitesse du refroidissement.

II. **Acier à 0,14 de carbone.** — A. *Métal forgé.* — Après polissage en bas-relief (fig. 96, pl. 2, 100 D.), de nombreux filaments épars, plus ou moins contournés, se détachent en saillie et paraissent sombres sur la photographie tirée un peu au-dessus du point moyen : ce sont des lambeaux de perlite, mélange de cémentite et de sorbite, qui peuvent se réduire à une simple lamelle. Le professeur Wedding les avait déjà mis en évidence par un chauffage aux couleurs de revenu et décrits sous le nom de *fer cristallin* (1). Le surplus est de la ferrite. Par un polissage prolongé sur parchemin avec le sulfate de chaux et l'eau (11 000 frictions dans l'exemple considéré), on arrive peu à peu à détacher un réseau de joints découpant la ferrite en grains polyédriques contigus et reliant les lambeaux presque toujours externes de perlite. (Fig. 100, pl. 2, 100 D.) Les grains eux-mêmes ne forment pas une surface spéculaire; certains d'entre eux sont légèrement en creux, d'autres légèrement en relief, comme le prouvent les variations relatives de leur éclat avec la position de l'objectif. C'est ce que l'on voit mieux par le jeu des ombres, à un grossissement plus fort. (Fig. 101, pl. 2, 400 D.)

Après attaque par quatre applications successives de teinture d'iode (fig. 322, pl. 2, 100 D.), quelques grains prennent une légère coloration, jaune ou brunâtre, qui paraît annoncer la présence de traces de carbone. La perlite forme des taches sombres. Après une autre attaque de 12 secondes par l'acide azotique à 20 p. 100, des grains profondément gravés sont mélangés à des grains restés brillants. (Fig. 162, pl. 2, 500 D.) La perlite ne se distingue pas nettement des joints élargis. En repérant une partie déterminée de la préparation, et la suivant grain par grain aux différentes phases de l'essai, tant par la photographie que par des dessins superposés à la chambre claire, je n'ai pas trouvé de relations régulières entre les reliefs du polissage, les colorations par l'iode et la gravure par l'acide azotique. Les faits remarqués doivent donc être rapportés à plusieurs causes, notamment à l'inégale distribution des corps étrangers et à la compacité plus ou moins grande. Cette question de compacité ou de porosité joue d'ailleurs dans l'analyse micrographique un rôle aussi important que fâcheux. Je ne parle pas de la porosité visible à l'œil ou au microscope, qui est de règle dans les aciers bruts de coulée et que l'on retrouve atténuée dans les parties centrales, refroidies sous traction, des pièces forgées ou laminées, mais de cette porosité invisible, qui est de l'ordre de grandeur des molécules, et que décèlent les effets du polissage et des attaques. C'est elle qui explique, pour une grande part, les colorations différentes que prennent, sous l'action des acides en général et notamment de l'acide azotique très étendu (50 volumes d'eau ou plus) les différents

(1) *Journal of the Iron and Steel Inst.*, année 1885, p. 187.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

grains d'un même constituant; c'est elle qui m'a fait restreindre et déconseiller l'usage de ces réactifs dans les recherches de découvertes.

La pâte de la ferrite peut être considérée comme une agglomération de globulites plus ou moins bien soudés qui semblent présenter, dans les grains convenablement attaqués, une tendance à se grouper en margarites et en lamelles. Le réseau de ses joints la divise en polyèdres qui peuvent être des dodécaèdres pentagonaux plus ou moins déformés.

On remarquera que la méthode d'analyse appliquée nous a permis de faire, dans la structure de l'acier extra-doux, la part exacte des joints et celle des filaments de perlite que les attaques, surtout les attaques un peu fortes par l'acide azotique, tendent à confondre sous un trait noir continu. La distinction une fois faite, l'emploi de l'acide azotique à 20 p. 100 n'en reste pas moins très commode pour la détermination rapide de la dimension moyenne des grains sur des plaquettes sommairement polies.

B. *Influence du recuit.* — A mesure que la température du recuit s'élève, toutes choses égales d'ailleurs, les polyèdres de ferrite grossissent, lentement d'abord et en gardant leurs formes. Au-dessus de 1 000°, ils deviennent irréguliers et tendent à s'allonger en groupes de bandes juxtaposées. La perlite reste généralement extérieure aux arrangements de la ferrite et se stratifie dans les joints.

Pour un acier donné, les dimensions et les formes du grain sont caractéristiques de la température du recuit, avec une précision pratiquement suffisante. Les trois figures 157, 159, 160 (pl. 2) représentent, au grossissement commun de 100 D et après attaque par l'acide azotique à 20 p. 100, le même acier forgé et recuit ou non à 750° (157), recuit à 1 015° (159), et recuit à 1 330° (160).

C. *Influence de la trempe.* — Une première rondelle a été chauffée à 960°, température à laquelle le point a_{c_3} est certainement dépassé, refroidie lentement jusqu'à 670° et trempée alors, c'est-à-dire entre a_{r_1} et a_{r_2}, dans l'eau à 15°. Le polissage sur parchemin rougi met en relief de nombreuses inclusions, plus épaisses, moins déliées et moins contournées que celles de l'acier recuit (fig. 140, pl. 2, 100 D.). La suite de l'analyse montre que ces inclusions ne sont plus ici de la perlite, comme dans l'acier recuit; elles ne sont pas rayées par une aiguille à coudre : c'est de la martensite, avec un fin liséré de troostite que noircirait le polissage-attaque. L'iode ou l'acide azotique montreraient que le surplus est de la ferrite en grains polyédriques, exactement semblable à celle du métal refroidi lentement à partir de la même température.

Une deuxième rondelle a été chauffée, comme la précédente, à 960°, et trempée à 770°, c'est-à-dire entre les points a_{r_2} et a_{r_3}. Les grains durs, mis en saillie par le polissage en bas-relief, résolus et un peu jaunis par le polissage-attaque (fig. 142, pl. 2, 100 D.), sont beaucoup plus gros que dans l'échantillon précé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dent, mais leur dureté ne dépasse guère celle du spath fluor, parce que le carbone y est plus dilué. Regardons-les au grossissement de 500 D. (fig. 145, pl. 2), ou bien, après une attaque par l'iode, au grossissement de 800 D. (fig. 313, pl. 2) : on voit qu'ils sont formés d'aiguilles parallèles, que l'infusion de réglisse a creusées et que l'iode détache en clair sur fond plus brun. Deux groupes d'aiguilles se recoupent fréquemment dans la même région. Ce sont là les caractères de la martensite. On peut trouver alentour des lambeaux de troostite. Quant à la masse douce principale, c'est encore de la ferrite en grains. La même préparation attaquée par l'acide azotique à 20 p. 100 (fig. 150, pl. 2, 100 D.) ne se distinguerait guère du métal recuit.

Une troisième rondelle a été chauffée également à 960°, et trempée à 820°, c'est-à-dire pendant le cours de la transformation a_{r3}. Sa structure est intermédiaire entre celle de la précédente et celle de la suivante, et n'exige pas de description spéciale.

La quatrième rondelle a été chauffée et trempée à 1 000°, c'est-à-dire avant a_{r3}, toujours dans l'eau à 15°. La ferrite s'est encore restreinte et n'occupe même plus la moitié de la surface totale. Elle dessine, après polissage sur parchemin rougi, un réseau cellulaire en creux (fig. 143, pl. 3, 100 D.), dont les noyaux se colorent par l'iode ou par l'acide azotique (fig. 163, pl. 3, 100 D.). Le relief de ces noyaux de martensite est faible, car leur dureté minéralogique ne dépasse pas beaucoup celle du fer. L'examen au grossissement de 500 D., après polissage-attaque (fig. 173, pl. 2), montre que la ferrite se résout en grains allongés auxquels se relient les aiguilles douces de la martensite.

Enfin, une cinquième rondelle a été chauffée et trempée à 1 340°, un peu au-dessus du point de Ball. La structure apparaît très bien par le polissage en bas-relief. La ferrite proprement dite ne forme plus qu'une mince enveloppe autour de polygones de grande taille (fig. 166, pl. 3, 100 D.). L'intérieur de ces polygones est de la martensite par ses formes cristallines remarquablement développées (fig. 167, pl. 2, 500 D.), mais de la martensite passant à la ferrite par sa faible teneur en carbone. La vue en lumière oblique la montre tantôt sombre, tantôt vivement éclairée, suivant que les faces inclinées des aiguilles parallèles réfléchissent les rayons incidents sur l'objectif ou en dehors (fig. 168, pl. 3, 100 D.) ; si bien, qu'en faisant tourner la préparation sous le microscope, on voit un même polygone s'allumer et s'éteindre tour à tour comme un phare à éclipses. L'attaque par l'acide azotique à 20 p. 100 (fig. 169, p. 3, 100 D.) met nettement en évidence, dans une même région, l'orientation des éléments suivant les trois côtés d'un triangle et les formes des cristallites du système cubique.

Comme complément de cette série d'essais, j'ai comparé au métal ci-dessus décrit, trempé à 770° après chauffage à 960°, le même métal chauffé à 770° et trempé immédiatement à la même température. Je n'ai pas trouvé de différence marquée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

III. **Acier à 0,45 de carbone.** — A. *Métal forgé.* — Des aciers analogues été plusieurs fois décrits par MM. Sorby, Martens, Wedding et par l'auteur. Ils sont formés d'un mélange vermiculé de ferrite et de perlite. C'est par le polissage-attaque qu'on obtient les meilleures préparations (fig. 175, pl. 3, 100 D.). La perlite est conforme à la description générale que nous en avons donnée. L'attaque résout la ferrite en grains qui ne sont pas toujours très homogènes. Certains d'entre eux, surtout ceux qui sont allongés par le forgeage, ont un noyau central légèrement surélevé et coloré, qui est figuré ci-contre, et qui semble passer à la sorbite. Ce noyau peut se réduire à une simple ligne de joint, avec ou sans remplissage de cémentite.

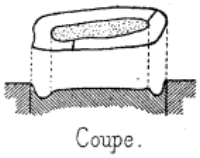


Fig. 2.

B. *Influence du recuit.* — Je passerai rapidement sur cette question, que j'ai déjà traitée ailleurs. A mesure que la température du recuit s'élève, la perlite forme des polyèdres de plus en plus réguliers, que la ferrite enveloppe d'un réseau de plus en plus parfait, et à l'intérieur desquels elle pousse des ramifications parallèles.

La figure 179 (pl. 3, 100 D.) représente le métal recuit à 1 015°, après polissage-attaque. La même préparation, au grossissement de 800 D. (fig. 184, pl. 2), nous fournit un bon exemple de perlite nettement résolue. Une attaque de 5 secondes par l'acide azotique à 20 p. 100 laisse la ferrite blanche et colore en noir l'ensemble de la perlite (fig. 186, pl. 3, 100 D.). Cette attaque serait trop forte si l'on voulait étudier les détails intimes de ce dernier constituant; mais, pour un acier déjà connu, elle fournit des renseignements très suffisants, et, comme elle n'exige pas un polissage parfait, on s'en contentera le plus souvent dans les essais de contrôle industriel.

Après recuit à 1 390°, le métal est brûlé. Les polyèdres sont devenus si grands qu'une photographie au faible grossissement de 20 D. est nécessaire pour donner une idée d'ensemble (fig. 192, pl. 3). Ici, l'éclairage est oblique et, par suite, les apparences auxquelles nous sommes habitués sont interverties : c'est la ferrite qui vient en noir et la perlite qui s'éclaire. La fig. 190 (pl. 3) montre d'ailleurs la même préparation au grossissement de 100 D. et vers un sommet commun à trois polygones (1). On voit facilement les enveloppes de ferrite et leurs ramifications; ces enveloppes sont divisées par une ligne axiale qui n'est peut-être pas suffisamment nette sur la figure; ce sont là des joints de contact qui s'ouvrent parfois en véritables fentes, où l'introduction de gaz oxydants aux températures élevées peut former une couche de scorie; d'où la fragilité de l'acier brûlé. La perlite se résout difficilement par le polissage-attaque, et la cémentite y est très délayée dans la sorbite. Nous remarquerons en passant une

(1) Comp. Wedding, *loc. cit.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

forme nouvelle, vermiculée, et d'ailleurs locale, de perlite (fig. 329, pl. 3, 800 D., attaque par l'iode).

Ces exemples paraissent concluants. Il n'est pas de métaux où la température de recuit s'inscrive en caractères plus nets que sur les aciers de moyenne dureté.

C. *Influence de la trempe.*

a. *Chauffages à températures variables, suivis de trempes aux mêmes températures dans l'eau à* 15°. — Cette série d'essais nous permettra de suivre la diffusion du carbone pendant le chauffage.

Une première plaquette a été chauffée et trempée à 730°. Le polissage en bas-relief isole un gros réseau disloqué de ferrite. Le polissage-attaque fait apparaître autour de cette ferrite une bordure plus ou moins large de troostite colorée en brun, avec taches bleues (fig. 254, pl. 3, 100 D.). Le surplus est de la martensite. Celle-ci est plus rare en certaines régions, et la troostite beaucoup plus abondante (fig. 253, pl. 3, 100 D.). Au grossissement de 800 diamètres, on distingue facilement les aiguilles de la martensite; les grains clairs sont de la ferrite avec son liséré sombre de troostite (fig. 255, pl. 3). L'attaque par l'acide azotique à 20 p. 100 (fig. 257, pl. 3, 800 D.) fournit des indications analogues, mais ne résout pas les détails de la martensite. On voit que, à 20° environ au-dessus du point inverse de la récalescence, le carbone n'était pas encore répandu dans toute la masse de l'acier.

A 1 000°, au contraire, la diffusion du carbone est pratiquement complète. L'acier trempé à cette température prend presque partout, sur parchemin rougi, un poli spéculaire (fig. 216, pl. 4, 100 D.), mais la rondelle s'est fendue à cœur suivant un diamètre. Toute la masse est à l'état de martensite, sauf en quelques points où, au voisinage d'une inclusion de scorie, de rares débris de troostite entourent ou non des traces de ferrite. Les aiguilles de la martensite sont plus longues et plus régulièrement groupées que dans l'échantillon trempé à 730°. Les limites des groupements cristallins, d'ailleurs assez confuses à l'ordinaire, correspondent à des minimum de compacité, que l'acide azotique dessine en noir par une attaque plus profonde et qui peuvent se transformer en véritables fissures. Les fissures, microscopiques ou non, peuvent également suivre la direction des aiguilles. Il existe donc, dans l'acier trempé, un véritable réseau de surfaces de faiblesse; ce réseau doit résulter de la combinaison des surfaces de tension maximum pendant le retrait rapide avec les surfaces de résistance minimum créées par la structure actuelle. On le met assez nettement en évidence en plaçant la rondelle polie sous une couche d'eau de quelques millimètres d'épaisseur et faisant couler sur elle, à travers l'eau, successivement une, deux, trois gouttes d'acide azotique concentré, procédé d'attaque dû à M. Werth et qui empêche sûrement la redissolution du carbone de trempe. Les éléments polyédri-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ques paraissent se rapprocher du dodécaèdre pentagonal, comme les grains de l'acier doux recuit; ce sont les grains de l'acier trempé : grains rudimentaires quand la température de trempe a été strictement suffisante, mais qui, à mesure que cette température s'élève, deviennent de plus en plus gros et de plus en plus tranchés. Ce sont eux qui apparaissent dans les cassures.

Une troisième rondelle a été chauffée et trempée à 1 225°. La diffusion du carbone est naturellement complète, comme dans la rondelle trempée à 1 000°, et à plus forte raison. La martensite est donc le seul constituant, mais les cristallites en ont pris beaucoup de développement et de netteté. Leurs aiguilles se résolvent facilement par le polissage-attaque (fig. 224, pl. 3, 800 D.), ou par l'acide azotique à 2 p. 100 (fig. 226, pl. 4, 800 D.). Aussi obtient-on un beau moiré en lumière oblique sous de faibles grossissements (fig. 225, pl. 4, 20 D.). Cette préparation se prête très bien à l'étude de l'origine du grain qui a été décrite plus haut. On peut y trouver toutes les variétés de surfaces de faiblesse : 1° la fente visible à l'œil nu, qui est toujours brisée (fig. 220, pl. 4, 20 D., polissage-attaque); 2° la ligne de moindre résistance, à la limite commune de deux développements cristallins (fig. 226, pl. 4, déjà citée); 3° la ligne de moindre compacité ou de plus grande tension, qui, en parcourant une région cristalline suivant une direction différente de celle des clivages naturels, marque sa trace par une attaque plus profonde, sur une certaine largeur, entre les aiguilles écartées (fig. 336, pl. 3, 800 D., attaque par l'iode). Enfin, la fig. 339, (pl. 4, 100 D., même attaque par l'iode), permet de suivre, sous l'éclairage oblique, la marche d'une fissure, coïncidant généralement, mais non toujours, avec les limites des îlots cristallins de même orientation.

Une quatrième rondelle, chauffée et trempée à 1 325°, ne diffère de la précédente que par un nouvel accroissement des cristallites, et ne demande pas de description spéciale.

b. *Chauffages à température constante* (825°), *suivis de trempes à températures variables dans l'eau à* 15°. — La température constante du chauffage, 825°, a été choisie pour obtenir la diffusion complète du carbone et l'accomplissement intégral de toutes les transformations, tout en évitant le plus possible la formation du réseau de surfaces de faiblesse. Cette série d'essais nous permettra de suivre la concentration du carbone pendant le refroidissement, comme nous en avions suivi tout à l'heure la dissémination pendant le chauffage, et de montrer comment cette concentration se fait entièrement ici dans la zone des points critiques.

Une première rondelle a été trempée à 720°, c'est-à-dire avant l'origine du point double $a_{r3\cdot 2}$ (voir la courbe p. 496) et après refroidissement lent de 825 à 720°. Le polissage en bas-relief, complété par le polissage-attaque, donne presque partout de la martensite, et, dans quelques régions seulement, où le carbone

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

était plus rare, un résidu de ferrite accompagnée de troostite et des filaments isolés de ce dernier constituant. La fig. 212 (pl. 4, 250 D.) a été prise dans une de ces régions.

Une deuxième rondelle a été trempée à 690°, vers le maximum de $a_{r3\cdot 2}$. La ferrite est devenue plus abondante et le polissage en bas-relief en fait voir des lambeaux très nombreux, mais qui ne se soudent pas encore (fig. 207, pl. 4, 100 D.). L'infusion de réglisse, l'iode et l'acide azotique reproduisent, à peu de choses près, la structure que nous avons déjà trouvée dans le même acier chauffé et trempé à 730°. Voir les fig. 208 (pl. 5, 100 D., polissage-attaque); 332, (pl. 4, 800 D., attaque par l'iode), et 206 (pl. 4, 800 D., attaque par l'acide azotique), et les comparer aux fig. 253, 254, 255, 257 (pl. 3).

Une troisième rondelle a été trempée à 670°, entre le maximum de $a_{r3\cdot 2}$ et le début de a_{r1}. La structure générale reste du même type, mais les lambeaux isolés se sont soudés, et forment maintenant un réseau cellulaire épais et continu, aisément creusé par le polissage en bas-relief (fig. 202, pl. 4, 100 D.).

Une quatrième rondelle a été trempée à 650°, pendant le cours et vers le milieu de la récalescence a_{r1}. L'aire de la ferrite est redevenue ce qu'elle était dans le métal forgé, et l'aspect de la préparation polie en bas-relief est aussi le même (fig. 197, pl. 4, 100 D.). Comparer avec la fig. 175, (pl. 3). Mais, si nous attaquons pendant 2 secondes environ par l'acide azotique à 20 p. 100, certains grains se colorent en noir et d'autres seulement en jaune (fig. 199, pl. 4, 100 D.). Les uns sont de la perlite, c'est-à-dire de l'acier non trempé; les autres sont de la martensite, c'est-à-dire de l'acier trempé. Ces derniers s'attaquent d'abord par le centre, qui est plus nettement organisé que les bords. La fig. 326 (pl. 4), qui est une figure de détail, au grossissement de 800 D., montre, groupés dans un cercle de $0^{mm}1$ de diamètre, les cinq constituants des aciers.

La récalescence passée, soit à 640°, la trempe ne produit plus d'effet visible, et nous retombons sur la structure de l'acier forgé.

c. *Chauffages à température constante* (825°), *suivis de trempes à température constante* (720°) *dans des milieux différents.* — Les bains choisis ont été :

1° Un mélange réfrigérant à — 20°;

2° L'eau à 15°;

3° L'eau à 85°, dont l'effet est analogue à celui de l'huile froide;

4° Le plomb fondant.

Nous avons vu plus haut que, après chauffage préalable à 825°, pour assurer la diffusion du carbone, et trempe à 720°, le métal trempé était presque exclusivement formé de martensite. Il en est de même, à plus forte raison, après trempe dans un mélange réfrigérant.

Mais les trempes douces laissent se reformer un réseau de ferrite, à peu près comme si la trempe eût été faite dans l'eau froide à une température plus basse.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La fig. 229 (pl. 4), représente, au grossissement de 250 D. et après une attaque qui dessine en blanc le réseau de ferrite, le métal trempé dans l'eau chaude. Le polissage-attaque avec l'infusion de réglisse (fig. 231, pl. 4, 100 D.), et l'attaque par la teinture d'iode (fig. 337, pl. 4, 800 D), donnent à l'intérieur des polygones une patine marbrée de colorations diverses, dont la photographie ne fournit pas une idée suffisante. Les aiguilles de la martensite ont à peu près disparu, les lamelles de la perlite n'ont pas eu le temps de s'isoler. Nous avons ici affaire aux formes de transition entre la troostite et la sorbite.

D. *Influence du revenu.* — Si l'on fait revenir, au brun d'un côté, au bleu de l'autre, une plaquette trempée à 720° dans l'eau froide (après chauffage préalable à 825°), le polissage-attaque prolongé laisse encore entrevoir les formes de la martensite, mais seulement sur les bords du champ, et si affaiblies que la photographie, et à plus forte raison la phototypie, ne laissent à peu près rien distinguer (fig. 240, pl. 5, 800 D.). L'attaque par l'acide azotique montre un peu mieux, du moins en quelques endroits, les triangles caractéristiques (fig. 242, pl. 5, 800 D.). Mais les formes de la martensite ne sont plus ici que l'image presque effacée de la structure antérieure, et ne correspondent plus à l'état actuel des associations du fer et du carbone. L'analyse chimique nous apprend que la cémentite s'est reconstituée; mais c'est à un état de division tel que le microscope ne saurait l'identifier; une goutte d'iode teint toute la préparation de colorations variées, mêlées le plus souvent dans un complet désordre, où se fondent toutes les formes de transition entre tous les constituants de l'acier (fig. 340, pl. 5, 800 D.).

En poussant le revenu jusqu'à 670°, on ramène un peu d'ordre dans ce chaos. La ferrite et la cémentite tendent à se séparer, et la ferrite se rassemble en grains mal définis à l'extérieur desquels la cémentite se délaye dans la sorbite. Mais la liquation reste très imparfaite (fig. 238, pl. 5, 800 D.).

Une autre rondelle, revenue à 690° après trempe au blanc et polie sur infusion de réglisse, est assez instructive. On y rencontre côte à côte (fig. 245, pl. 5, 800 D.) une sorte d'arête de poisson, débris bien conservé de la structure de trempe, des grains de ferrite cerclés, sans démarcation brusque, d'un réseau de sorbite, et une région en voie de transformation, où l'organisation nouvelle s'installe dans le cadre encore visible de l'ancienne.

IV. **Acier à 1,24 p. 100 de carbone.** — *A. Métal forgé.* — Il s'est trouvé par hasard, vers l'axe de ma barrette, une partie plus dure qui se reproduit dans la plupart des rondelles.

Cette région dure est un bon exemple de perlite, auquel est empruntée la figure 249, déjà décrite (pl. 5, 800 D.). La fig. 248 (pl. 5, 800 D.) représente un autre point de la même région. Le polissage-attaque ne donne pas de coloration sensible; c'est-à-dire que la sorbite, à supposer qu'elle existe, se réduit à une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

couche assez mince, au contact de la cémentite, pour qu'on ne puisse l'identifier. Dans le reste de la plaquette, la cémentite a été rassemblée, probablement par un forgeage terminé au-dessous de a_{r1}, en sphéroïdes de grosseur variable. La figure 345 (pl. 5, 800 D.) les montre, détachés en clair, après que la sorbite qui les entoure a été colorée par l'iode et la ferrite par l'acide azotique à 2 p. 100.

B. *Influence du recuit.* — Dans la rondelle recuite à 750°, des filaments relativement épais de cémentite, mis en relief par le polissage sur parchemin rougi, semblent, sous un faible grossissement, tracer une sorte de réseau cellulaire, mais se séparent, sous un grossissement plus fort, en lambeaux isolés et déchiquetés. Toute la masse principale est formée de perlite qui se résout plus ou moins par le polissage-attaque, et dont nous avons vu plus haut, à propos de la définition de la sorbite, la description détaillée (fig. 344, pl. 5, 800 D.)

A 1015°, le noyau dur est brûlé et divisé en beaux polyèdres par un réseau continu et cellulaire de cémentite. A 1330°, la masse est brûlée tout entière ; les polyèdres sont de grande taille, et fréquemment séparés par des fissures avec un fin liséré de ferrite qui provient vraisemblablement de l'introduction des gaz oxydants. Du reste, la masse principale est toujours de la perlite, quelle que soit la température de recuit ; seulement, plus cette température a été haute, plus les îlots de lamelles parallèles tendent à se développer.

Le meilleur moyen de déterminer par la métallographie, pour les aciers de cette dureté, la température du recuit ou celle de la fin du travail à chaud, est de faire une attaque, après polissage plan, par une immersion dans l'acide azotique concentré à 36° Baumé. L'attaque est limitée par la passivité ; elle serait cependant trop forte s'il s'agissait d'étudier les détails de la perlite. Mais, justement pour la même raison, elle fournit en lumière oblique, sous un faible grossissement de 50 D. environ, un moiré d'autant plus développé que la température cherchée était plus élevée. Il nous suffira de comparer les deux termes extrêmes. Les figures 11 et 9 (pl. 5) montrent les effets respectifs de recuits à 750° et à 1330° sur le métal considéré.

C. *Influence de la trempe.* — L'étude de la trempe est assez simple. La cémentite étant très divisée dans la ferrite, le carbone n'a nulle part beaucoup de chemin à faire pour se diffuser ; les trois points critiques se réunissent en un seul, et l'on passe beaucoup plus brusquement que dans les aciers de dureté moyenne de la martensite pure à la perlite pure.

Une rondelle a été chauffée et trempée à 735° dans l'eau à 15°. La trempe, à cette température, produit déjà des tapures (1). Trois fentes visibles à l'œil nu partent d'un

(1) Tout le secret, pour tremper sans tapures, paraît être de tremper avant la fin des transformations (pendant le chauffage) ou après leur début (pendant le refroidissement). Mais cela est plus facile à dire qu'à faire, quand on n'a d'autre guide que l'œil. D'où la nécessité de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

point commun voisin du centre, et se dirigent vers la périphérie sans l'atteindre. Ces fentes sont brisées, commes celles de la figure 220 (pl. 4) et se dédoublent souvent en isolant de petits polyèdres réguliers. Le polissage sur parchemin rougi met en relief des lambeaux plus durs que l'acier trempé, lesquels restent brillants après une attaque de cinq secondes par l'acide azotique à 20 p. 100, et se cerclent d'une auréole très noire. Ce sont là des résidus de cémentite correspondant aux lambeaux les plus épais du même constituant dans l'acier recuit à la même température (fig. 284, pl. 5, 100 D.). Ainsi, à 30° au-dessus du point a_{c1}, point inverse de la récalescence, le carbure n'était pas entièrement décomposé ou, s'il l'était, n'avait pas encore laissé diffuser son carbone. C'est là un fait intéressant, et qui sera utilisé dans les conclusions. Quant à la martensite, elle conserve des formes caractéristiques et les montre par les procédés habituels; mais les aiguilles en sont petites et moins distinctes que nous ne les avions trouvées jusqu'à présent, surtout dans le noyau dur. Et, bien qu'on les reconnaisse sans peine sous le microscope, du moins quand on a pris l'habitude de les voir mieux détaillées, je n'ai pas réussi à en faire une photographie tolérable.

La même difficulté ne se présente plus quand on fait la trempe au blanc. L'attaque par une goutte d'acide azotique concentré, sous une couche d'eau de quelques millimètres, dessine d'assez grands triangles (fig. 293, pl. 5, 800 D.) dont les lignes claires sont colorées des teintes diverses du revenu. Il est à remarquer que ces différences de coloration ne correspondent à aucunes différences appréciables de dureté, car le polissage sur parchemin rougi est spéculaire et le polissage-attaque lui-même ne donne presque rien après 2 500 frictions. La masse est d'ailleurs divisée, par une multitude de fentes, larges ou fines, en polyèdres si peu cohérents que certains d'entre eux ont été déchaussés par le dégrossissage à l'émeri (fig. 290, pl. 5, 20 D.).

La trempe pendant la récalescence, toujours dans l'eau à 15°, donne un mélange de martensite et de perlite granulaire, avec ou sans interposition de troostite. La figure 305 (pl. 5, 800 D.) montre une attaque par l'acide citrique, qui laisse incolores la martensite et les petits grains de cémentite dans une pâte de sorbite et de ferrite.

CONCLUSIONS

Conclusions théoriques. — Si l'on admet, ce qui paraît légitime, que le refroidissement brusque immobilise, d'une façon générale, la structure acquise au moment de l'immersion, les résultats qui se dégagent de l'examen micrographique des plaquettes trempées à différentes températures peut être résumé comme il suit:

spécialistes. Encore, ces spécialistes sont-il mis souvent en défaut, dès qu'on change la marque dont ils avaient l'habitude. Ils déclarent alors que le nouvel acier est mauvais.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Soient c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, les aires, figurées schématiquement par de petits cercles noirs (fig. 3 *a*), qui sont occupées, sur la coupe d'un acier recuit, par les constituants carburés, cémentite et sorbite; supposons, pour plus de simplicité, que les cercles c_1, c_2, c_3, etc., aient leurs centres respectifs régulièrement placés sur le centre et les quatre sommets d'un carré; supposons encore que la quantité absolue de carbone amassée en chacun d'eux soit la même et, ces conventions posées, élevons progressivement la température.

Au point a_{c1}, la cémentite Fe^3C se décompose, et émet autour d'elle une atmosphère de carbone sous la forme dite *carbone de trempe*. Quelle que soit l'exacte signification chimique de ce mot, les choses se passent à peu près comme si le carbone était alors un gaz se dilatant sous pression constante et, jusqu'à la fin des transformations a_{c1}, la situation peut être représentée par le schéma 3 *b* : les cercles noirs à cémentite c_1, c_2, c_3..... se sont réduits en cercles plus petits c'_1, c'_2,

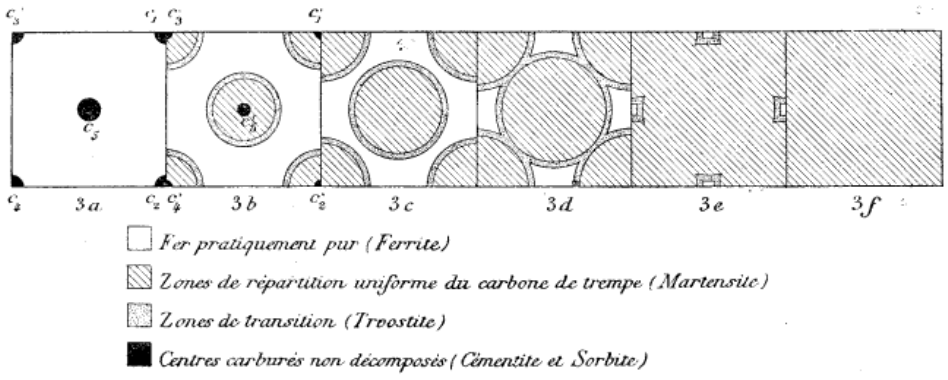


Fig. 3.

c'_3....; autour de chacun d'eux, des cercles *hachurés* figurent les aires où la répartition du carbone de trempe est uniforme; ceux-ci, à leur tour, sont entourés d'un anneau *pointillé*, qui est une zone de transition; quant au reste de la surface laissé *blanc*, c'est du fer pratiquement pur.

A une température un peu plus haute (fig. 3 *c*), la cémentite a disparu; les cercles (hachurés) d'égale répartition du carbone se sont dilatés à un nouveau diamètre, fonction de la température, tout en restant précédés de leurs anneaux de transition; le fer s'est réduit d'autant.

Si la température continue à croître, les cercles hachurés font de même; les anneaux de transition fusionnent (fig. 3 *d*), les aires d'égale répartition du carbone fusionnent à leur tour (fig. 3 *e*) et couvrent enfin toute la surface (fig. 3 *f*).

Cette diffusion progressive du carbone se produit d'ailleurs dans un intervalle de températures variable et d'autant plus étroit que l'acier est plus dur, que les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

centres carburés sont plus rapprochés (1). Elle peut rester incomplète dans les aciers très doux. Les phénomènes inverses se succéderaient pendant le refroidissement.

Nous pouvons donc trouver dans un acier rouge, au-dessus de a_{c1} ou de a_{r1}, simultanément ou non, cinq constituants correspondant à ceux que nous avons constatés dans le métal refroidi :

1° Du fer à peu près pur (ferrite) ;

2° Du fer dans lequel le carbone de trempe est réparti d'une façon uniformément ordonnée (martensite) ;

3° Des centres carburés non décomposés (cémentite) ;

4° Entre la ferrite et la martensite, une zone de transition (troostite) ;

5° Entre la martensite et la cémentite, une autre zone de transition (sorbite).

Dans chacun de ces constituants, nous allons essayer de suivre, autant du moins que nous le permettront les faits connus, la marche des transformations du fer et du carbone et celle de l'organisation de la structure finale. Celle-ci elle-même se constitue sous l'influence de deux groupes de forces : les forces cristallines et les forces mécaniques (tensions et compressions par retrait ou expansion) qui s'unissent pour créer dans l'acier des surfaces de faiblesse. Celles de ces surfaces qui relèvent des forces cristallines s'appellent les *clivages*. Aux autres aussi, il conviendrait de donner un nom et celui de *joints*, qui a été employé déjà, paraît convenable. La genèse des joints se rattacherait, par certains côtés, à celle des fissures de l'écorce terrestre. Mais les questions de cet ordre sont plus familières aux géologues qu'aux métallurgistes, et je n'ai pas la prétention d'appliquer à l'étude des aciers les travaux d'Élie de Beaumont, de Robert Mallet ou de M. Daubrée. Je me contenterai d'indiquer à l'occasion quelques points de contact.

I. *Ferrite.* — En l'absence de carbone, les transformations réversibles du fer se produisent normalement : l'une entre 750-700°, l'autre vers 855-860°, et cela dans les deux sens; elles peuvent être retardées dans une certaine mesure si la vitesse d'échauffement ou de refroidissement est accélérée ; mais il est douteux qu'elles puissent être supprimées, même en partie, si rapide que soit la chute de température.

Quels modes de structure correspondent aux différentes variétés allotropiques du fer? C'est ce que l'étude du fer pur ne saurait nous apprendre, puisque la présence de corps étrangers paraît précisément nécessaire à la conservation

(1) Elle dépend aussi du temps, comme le prouvent les résultats de certaines expériences de M. Howe (*Trans. Amer. Inst. of Min. Eng.* t. XXIII, p. 466) et de M. Charpy (*Comptes rendus*, séance du 19 février 1894) : c'est-à-dire que la propagation du carbone se fait, à température constante, avec une vitesse finie et qu'il serait intéressant de mesurer. Mais je n'ai pas étudié ce côté de la question, et il n'est pas nécessaire de le faire intervenir ici.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de ces variétés jusqu'à la température ordinaire. En fait, nous ne connaissons le fer pratiquement pur qu'à l'état α. Encore est-il difficile de séparer, dans son organisation actuelle, les formes qui lui appartiennent en propre de celles que peuvent lui avoir léguées, par pseudomorphisme, les passages antérieurs par les états β et γ.

Comme nous l'avons vu plus haut, le fer α constitue un amas de globulites plus ou moins bien soudés, qui présentent une tendance apparente à se grouper en margarites et en lamelles.

Sa masse se subdivise en polyèdres jointifs, dont les formes ont été décrites. Quand la température n'a pas été trop élevée, ces formes sont assez régulières, et l'on y peut reconnaître, sans trop de bonne volonté, celles du dodécaèdre pentagonal. Les polyèdres en question sont-ils des cristaux ou des grains? Leurs surfaces de contact sont-elles des clivages ou des joints? La réponse ne me paraît pas douteuse. La pâte peut être cristalline, mais les enveloppes ne le sont pas. On obtient par synthèse des solides exactement semblables en comprimant dans un moule des sphéroïdes plastiques; la dessiccation des pâtes humides, la solidification des matières fondues donnent également lieu à des divisions analogues. Ici aussi, nous avons affaire à des formes de contraction ou d'expansion : on peut d'ailleurs les attribuer soit au retrait, soit aux changements de volume qui accompagnent les transformations moléculaires, soit plutôt à la limitation mutuelle, avec ou sans interposition de gaz, des développements cristallins en voie de croissance du fer β ou du fer γ. Une expérience de M. Arnold (1) montre que les polyèdres allongés par un étirage au rouge naissant reprennent leur forme normale vers 750°, ce qui les ferait rapporter à l'organisation du fer sous l'état β; à l'appui de cette interprétation, on pourrait encore citer le fait que certains alliages du fer avec le silicium ou l'aluminium, alliages qui ne prennent pas l'état γ, gardent leurs polyèdres réguliers après chauffage au blanc, tandis que ceux de l'acier doux, dans les mêmes conditions, passent aux lamelles et même, vers le voisinage de la fusion, aux cristallites cubiques parfaitement développés. Mais ce sont là des conjectures, et l'origine des grains de la ferrite soulève encore bon nombre de difficultés, surtout en présence de l'intervention possible de corps étrangers toujours présents.

II. *Martensite.* — Pendant le chauffage, à partir et au-dessus de a_{c1}, les régions carburées des aciers doux ne diffèrent d'abord en rien de la masse des aciers durs, si ce n'est par le volume qu'elles occupent, et il en est de même pendant le refroidissement aux approches de a_{r1}. On sait d'ailleurs que, dans l'acier dur, les trois points a_1, a_2, a_3 se confondent, au chauffage comme au refroidissement. Il en sera donc de même dans les régions carburées des aciers doux. Les

(1) *Journ. of the Iron and Steel Inst.*, année 1894, 1re partie, p. 132.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

transformations a_2 et a_3, quand elles sont indépendantes, ne s'appliquent donc pas, comme je l'ai cru autrefois, à toute la masse supposée homogène, mais seulement à la partie *fer*, et le point a_1 est toujours un point triple, mais un point triple local ou général suivant la teneur en carbone. Là où, pendant le chauffage, le carbone de trempe s'est diffusé et a acquis une pression suffisante, le fer passe sans désemparer de l'état α à l'état β, et de l'état β à l'état γ. Et comme les sphères de diffusion croissent avec la température, les transformations du fer cheminent, *pari passu*, avec la progression du carbone ; elles atteignent leur température normale dans les seuls endroits que ce corps n'avait pas antérieurement occupés. Les phénomènes inverses se produisent pendant le refroidissement : le carbone fait un mouvement de retraite et de concentration vers ses centres primitifs d'expansion ou vers d'autres. Au fur et à mesure, le fer revient de l'état γ à l'état β, et de l'état β à l'état α, et ses deux transformations sont continues ou discontinues, suivant la température à laquelle il est abandonné par le carbone. Il reste finalement, au moment où l'on arrive à a_{r1}, une fraction de la masse, variable avec la teneur en carbone (ce sera la totalité dans les aciers durs), où le fer a gardé sa forme γ. Maintenant, on sait que le refroidissement rapide conserve une partie du carbone à l'état de carbone de trempe ; le carbone de trempe, à son tour, conserve-t-il, à la température ordinaire, une partie du fer à l'état β ou γ? C'est ainsi que j'ai expliqué la trempe, par une théorie qui me paraît de plus en plus probable dans son principe, bien qu'elle ait pu évoluer dans ses détails, et doive forcément évoluer encore avec le progrès de nos connaissances. A l'appui de cette théorie, je n'apporte pas d'ailleurs ici de nouvelle preuve *décisive*.

L'analyse micrographique des aciers trempés nous a montré que la diffusion du carbone de trempe déterminait dans le fer des arrangements cristallitiques du système cubique, la martensite en un mot. Mais le carbone paraît se distribuer inégalement entre le corps et l'enveloppe des aiguilles, comme s'il suivait de préférence les interstices des éléments cristallins avec une certaine tendance, combattue par une tendance inverse, à pénétrer dans ces éléments. La dureté minéralogique moyenne, variable entre les n^{os} 3 $_2$ et 6 environ de l'échelle de Mohs, exclut d'ailleurs la présence d'une combinaison définie *liquatée*. Le carbone paraît donc jouer le rôle d'un agent minéralisateur qui fait cristalliser la masse par un mécanisme encore inconnu, à peu près comme des traces d'acide chlorhydrique peuvent transformer en fer oligiste une quantité indéfinie de peroxyde amorphe.

Les formations cristallines observées ne peuvent appartenir qu'au fer γ, puisque l'état β n'est que transitoire en présence du carbone. Après une courte période de confusion au moment de la transformation moléculaire, elles s'organisent rapidement et croissent progressivement avec la température. Mais les groupements individuels se limitent mutuellement dans leur croissance par des faces polyédriques, et créent ainsi un réseau de joints d'autant plus marqué et lâche que

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la température a été portée plus haut; ces joints passent aux fentes dans l'acier brûlé, avec isolement complet des grains polyédriques; mais, sans aller jusque-là, ils tracent toujours dans l'acier un réseau de surfaces de faiblesse, indépendamment des clivages possibles entre aiguilles parallèles.

Pendant le refroidissement, le retrait tend à former un autre réseau de faiblesse, et les changements de volume, conséquence des transformations du fer et du carbone, peuvent agir dans le même sens.

On conçoit que ces différents réseaux se superposent facilement, le premier en date ouvrant un chemin aux autres.

C'est ainsi que, si le refroidissement est rapide et l'acier dur, les tensions par retrait font de préférence éclater les tapures suivant les joints des grains.

Si le refroidissement est lent, la structure acquise par le fer à l'état γ formera encore, au moment de la récalescence, le cadre dans lequel s'organisera la nouvelle structure. Les lamelles de la perlite correspondent vraisemblablement aux aiguilles de la martensite, d'autant plus déformées que le cadre initial avait été moins solidement construit. Mais le réseau de faiblesse tracé par les limites des groupes cristallins n'est pas non plus détruit; il pourra s'ouvrir soit par les tensions de retrait, soit par les efforts supportés en service. D'où la nécessité d'empêcher le plus possible la formation de ce réseau et, pour cela, de ne pas chauffer les aciers au-dessus du point *b* de Tchernoff. La définition que j'ai donnée ailleurs (1) de ce point *b* me paraît rester exacte. C'est la température qu'il convient de ne pas dépasser, dans le chauffage de l'acier, pour que le développement de la cristallisation qui s'est produit à cette température ne laisse pas, dans le métal refroidi, des traces franchement visibles à l'aspect de la cassure, et une détérioration corrélative des propriétés mécaniques. C'est en ce sens que le point *b* peut être considéré *pratiquement* comme l'origine de la cristallisation, bien que cette origine vraie soit placée beaucoup plus bas, et coïncide avec l'apparition du fer γ. Ce double sens, théorique et industriel, du terme *origine de la cristallisation*, joint à ceci que plusieurs auteurs appellent des *cristaux* ce que j'ai appelé des *grains* et qu'une distinction paraît actuellement nécessaire entre les grains de la ferrite et ceux de la martensite, a été la cause de malentendus que je n'ai pas éclaircis sans quelque peine, et que ces explications éclairciront peut-être pour d'autres.

Le revenu, suivi ou non d'un refroidissement rapide, laisse aussi subsister le réseau de joints qui a pu être créé par le chauffage à température trop élevée et, à plus forte raison, les tapures de trempe; mais, par contre, il ne reconstitue pas le réseau similaire des joints de la ferrite qui se forme, pendant le refroidissement lent, dans les régions abandonnées par le carbone. Poussé jusqu'au voi-

(1) *Annales des Mines*, 8e série, t. XIV, p. 61.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sinage de a_{c1} (690°) il permet bien à la ferrite de s'isoler en grains ; mais, comme nous l'avons vu, ces grains, mal délimités, passent graduellement à la sorbite mélangée de cémentite infiniment divisée. De là, pour une part, la supériorité que possèdent, par rapport aux aciers recuits, les mêmes aciers qui ont subi, dans des conditions convenables, un revenu après trempe (ou la double trempe).

III. *Cémentite.* — Nous avons vu, dans l'étude de l'acier dur, que des résidus de cémentite pouvaient rester indécomposés à 30° au-dessus du maximum de $a_{c.3.2.1}$, ce que confirme d'ailleurs, dans les courbes de chauffage, l'existence d'un raccord entre le palier et la portion voisine. La décomposition du carbure Fe^3C (que l'on pourrait noter $Fe\alpha^3C$, puisque ce carbure, magnétique, contient le fer à l'état α) n'est pas brusque, et les choses se passent comme si cette décomposition était limitée par la tension du carbone de trempe, absolument comme l'acide carbonique dégagé limite, en vase clos, la dissociation du carbonate de chaux. La sorbite représenterait alors l'atmosphère de carbone nécessaire à l'existence de la cémentite. On comprendrait ainsi que, sous une pression suffisante, la cémentite pût être gardée fort au-dessus de son point de décomposition, et l'on expliquerait l'identité de structure de la fonte blanche avant et après trempe. Mais ces considérations s'appliqueraient, non pas au carbure $Fe\alpha^3C$ lui-même, qui cesse d'être magnétique à une certaine température, et a, comme le fer, son point a_2, mais à une forme allotropique $Fe\beta^3C$ ou $Fe\gamma^3C$. Il reste là un sujet de travail que je demande la permission de me réserver.

IV. *Troostite.* — La présence de la troostite, dans certains aciers trempés, conduit à la notion d'une zone, généralement assez étroite, qui séparerait, dans l'intervalle des points critiques, les régions non carburées des régions de carburation uniforme. Tout ce qu'on peut en dire actuellement, d'après sa position topographique et les circonstances qui permettent de la saisir, est qu'elle correspond à cette période de transition où les transformations sont en cours d'accomplissement. Pour les mêmes raisons, la troostite (ou quelque forme voisine) tient une place dominante dans les aciers soumis à certaines trempes douces.

V. *Sorbite.* — C'est là encore une zone de transition, entre la cémentite et la ferrite dans les aciers refroidis, entre la cémentite et la martensite dans les aciers au-dessus de a_1. Son étude se relierait à celle des transformations de la cémentite, qui sont elles-mêmes insuffisamment connues.

Conclusions pratiques. — Indépendamment de toute spéculation théorique, on a pu voir que :

1° La température de chauffage,

2° La température de trempe,

3° La vitesse du refroidissement,

c'est-à-dire les principales circonstances du traitement calorifique des aciers,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

s'inscrivaient dans les variations de la structure avec une précision que l'inspection des cassures est certainement loin de fournir. Mais, pour tirer un parti industriel de ces données, il faudrait avoir relié les différents aspects de la structure aux propriétés mécaniques correspondantes. Nous avons remarqué, par exemple, que, dans des aciers doux trempés à des températures croissantes, le volume des grains durs allait en augmentant, tandis que la dureté de ces grains allait en diminuant. Quelles seront les propriétés résultantes de ces mélanges avec la ferrite? L'expérience seule peut le dire d'une façon exacte.

L'usage pratique de la métallographie suppose donc, pour chaque métal intéressant, une étude préparatoire. Mais, cette étude faite, il sera facile de reconstituer avec une assez grande exactitude le traitement calorifique subi par une pièce finie, de voir si ce traitement, dont l'importance est capitale, a été conforme ou non aux règles posées, de le rectifier s'il y a lieu, et de faire la part des responsabilités dans les rebuts. Un excellent et très concluant exemple a été donné dans ce sens par M. Alb. Sauveur (1) qui a organisé, dans les usines de l'*Illinois Steel C°*, un service régulier d'essais micrographiques. Dans le même ordre d'idées, la comparaison des résultats ci-dessus avec ceux de l'important travail terminé récemment par M. Charpy sous les auspices de la Société d'Encouragement fournira probablement des renseignements utiles.

Je tiens à faire remarquer une dernière fois que, pour les applications industrielles journalières, la méthode complète qui a été décrite dans cette note ne sera généralement pas nécessaire. Comme les règles générales de la chimie analytique, cette méthode comporte, suivant les circonstances, des simplifications qui ont été indiquées à l'occasion, et que l'expérience suggérera. C'est une méthode d'investigation qui peut être laborieuse quand on s'avance dans l'inconnu; les procédés de contrôle seront ordinairement beaucoup plus rapides.

N.-B. — *Comme la phototypie la plus soignée laisse forcément à désirer pour la reproduction de clichés qui n'ont pas eux-mêmes toute la netteté des préparations, l'auteur tiendra à la disposition de ses lecteurs deux ou trois collections de photographies. Ces collections seront prêtées suivant l'ordre des demandes.*

(1) *Trans. Amer. Soc. of Min. Eng.*, t. XXII, p. 546.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Légende des photogrammes (planches 2, 3, 4 et 5).

NUMÉROS.		DÉSIGNATION DU MÉTAL.	POLISSAGE EN BAS-RELIEF.	POLISSAGE-ATTAQUE.	ATTAQUE.	ÉCLAIRAGE.	GROSSISSEMENT LINÉAIRE.
249		Ac. à 1,24 de C. forgé.	2000, rouge.	1000, $CaSO^4$, R.8j.		B	800
344		— — — et recuit à 750°. . .			2 I.	B	800
260		Ac. à 0,45 de C. chauffé à 825° et trempé à 720° dans un mélange réfrigérant. . .	— —	2500, $CaSO^4$, R.2j.		B	800
208		Ac. à 0,45 de C. chauffé à 825°, trempé à 690°.	— —	2000, $CaSO^4$, R.		B	100
307		Ac. à 0,02 de C. chauffé à 960°, trempé à 780°.			3 I.	B	100
96	Acier à 0,14 de carbone	forgé	3000, $CaSO^4$.			B	100
100		—	14000, $CaSO^4$.			B	100
101		—	— —			B	400
322		recuit à 1015°.	8000, $CaSO^4$.		4 I.	B	100
162		forgé			12" Az^2O^5 1/5.	B	500
157		—			12" Az^2O^5 1/5.	B	100
159		recuit à 1015°			20" Az^2O^5 1/5.	B	100
160		— 1330°			30" Az^2O^5 1/5.	B	100
140		chauffé à 960°, trempé à 670°. . . .	2000, rouge.			B	100
142		— — — 770°. . . .		2000, rouge, R.		B	100
145		— — — —		— —		B	500
313		— — — —			2 I.	B	800
150		— — — —		2000, rouge, R.	15" Az^2O^5 1/5.	B	500
143		chauffé et trempé à 1000°.	— —			B	100
163		— — —	— —		10" Az^2O^5 1/5.	B	100
173		— — —	4000, $CaSO^4$.	3000, $CaSO^4$, R.		B	500
166		— — 1340°.	3000, rouge.			B	100
167		— — —	— —			B	500
168		— — —	— —			S	100
169		— — —	— —		8' Az^2O^5 1/5.	B	100
175	Acier à 0,45 de carbone	forgé.		2000 rouge, R.		B	100
176		— (sens du forgeage)		— —		B	100
179		recuit à 1015°	2000, rouge.	— —		B	100
184		— —	— —	— —		B	800
186		— —	— —	— —	5" Az^2O^5 1/5	B	100
192		— 1390°		4000, rouge, R.		S	20
190		— —		— —		B	100
329		— —			1 I.	B	800
254		chauffé et trempé à 730°	— —	1000, $CaSO^4$, R.1j.		B	100
253		— — —	— —	— —		B	100
255		— — —	— —	— —		B	800
257		— — —	— —	— —	2" Az^2O^5 1/5.	B	800
216		— — 1000°	— —			B	100
224		— — 1225°	— —	2000, $CaSO^4$, R.9j.		B	800

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

NUMÉROS.		DÉSIGNATION DU MÉTAL.	POLISSAGE EN BAS-RELIEF.	POLISSAGE ATTAQUE.	ATTAQUE.	ÉCLAIRAGE.	GROSSISSEMENT LINÉAIRE.
226	Acier à 0,45 de carbone	chauffé et trempé à 1225°.	2000, rouge.	2000, $CaSO^4$, R.9j.	10″ Az^2O^5 1/50.	B	800
225		— — —	— —	— —	—	S	20
220		— — —	— —	— —		B	20
336		— — —			1 I.	B	800
339		— — —			—	S	100
212		chauffé à 825°, trempé à 720°. . . .	— —	2000, $CaSO^4$, R.7j.		B	250
207		— — — 690°. . . .	— —			B	100
332		— — — —	— —		—	B	800
206		— — — 670°. . . .		2000, rouge.	Az^2O^5 sous eau.	B	800
202		— — — —		— —		B	100
197		— — — 650°. . . .		—		B	100
199		— — — —		— —	2″ Az^2O^5 1/5.	B	100
326		— — — —			1 I.	B	800
229		ch. à 825°, tr. à 720° dans l'eau à 85°. . .	4000, rouge.	2000, $CaSO^4$, R.2j.	2″ Az^2O^5 1/5.	B	250
231		— — le plomb fondant.	2000, rouge.	2000, $CaSO^4$, R.3j.		B	100
337		— — — —			1 I 1/2.	B	800
240		— — revenu au bleu. . .	— —	2000, $CaSO^4$, R.6j.		B	800
242		— — — . . .	— —	— —	5″ Az^2O^5 1/50.	B	800
340		— — — . . .	— —		1 I.	B	800
238		— — revenu à 670°. . .	— —	2000, $CaSO^4$, R.5j.	10″ Az^2O^5 1/50.	B	800
245		ch. et tr. au blanc, revenu à 690°. . .	— —	2000, $CaSO^4$, R.7j.		B	800
248	Acier à 1,24 de carbone.	forgé.	— —	1000, $CaSO^4$, R.8j.		B	800
345		— (autre région).			1 I + 40″ Az^2O^5 1/50.	B	800
11		recuit à 750°.			1 Az^2O^5.	S	50
9		— 1330°.			1 Az^2O^5.	S	50
284		chauffé et trempé à 735°.	3000, rouge.			B	100
293		— — au blanc	2000, rouge.	3000, $CaSO^4$, R.5j.	10″ Az^2O^5 1/50.	B	800
290		— — —	— —			B	20
305		chauffé à 755°, trempé à 675°. . . .			2′ $C^6H^8O^7$ 100/0.	B	800

Abréviations.

Colonnes du polissage en bas-relief et du polissage-attaque. — Le nombre inscrit est celui des frictions aller et retour sur parchemin; R. 6 j. veut dire : infusion de racine de réglisse âgée de 6 jours; la concentration de l'infusion et sa durée ne sont pas indiquées, l'infusion ayant été, en pratique, étendue d'eau ou non suivant la marche de l'essai.

Colonne de l'attaque. — 1 I veut dire : une application de teinture d'iode; 1 Az^2O^5, une immersion dans l'acide azotique concentré; 10″ Az^2O^5 1/50, une immersion de 10 secondes dans l'acide azotique étendu formé de 1 volume d'acide à 36° Baumé pour 49 volumes d'eau.

Colonne de l'éclairage. — B : vertical illuminator de Beck. S : miroir parabolique de Sorby.

Colonne des grossissements. — Les chiffres sont ceux des grossissements en diamètres.

Les grossissements de 20 D. sont obtenus avec l'objectif 2 de Nachet

—	—	50	—	— 3	—	
—	—	100	—	— 5	—	
—	—	250	—	— 5	—	et un oculaire de projection.
—	—	500	—	— 9	—	
—	—	800	—	— 9	—	et un oculaire de projection.

La photographie des préparations en bas-relief reproduites a été régulièrement prise un peu au-dessus du point moyen, de façon que les reliefs apparaissent sombres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS CHIMIQUES

Rapport fait par M. S. JORDAN, *au nom du Comité des Arts chimiques, sur les Travaux de* M. HADFIELD *sur les alliages du fer avec le silicium, l'aluminium et le chrome.*

M. R.-A. Hadfield, ancien élève diplômé de l'École royale des Mines de Londres, et fabricant d'aciers à Sheffield (aciérie Hécla), n'est pas un inconnu pour la Société d'Encouragement qui lui a décerné, en 1890, une médaille d'or pour ses remarquables travaux sur les alliages du fer et du manganèse et sa découverte d'un de ces alliages, contenant 12 à 14 p. 100 de manganèse, devenu industriel sous le nom d'*acier-manganèse*. Les travaux de M. Hadfield à ce sujet ont été résumés dans un intéressant rapport de notre savant collègue, M. Lechatelier, imprimé dans notre *Bulletin* de 1890.

Depuis cette époque, M. Hadfield, qui a l'avantage de pouvoir joindre à une instruction scientifique sérieuse les ressources techniques d'une usine importante, a continué ses travaux sur les alliages du fer avec divers corps, et a eu l'attention de tenir la Société d'Encouragement au courant de ses résultats par l'envoi des mémoires qu'il a présentés surtout à l'Institut anglais du fer et de l'acier.

Après les alliages de fer et de manganèse, M. Hadfield s'est d'abord occupé des alliages du fer et du silicium, dans un travail lu à Paris, au Congrès de l'Institut du fer et de l'acier, en 1889. Il a laissé autant que possible de côté le carbone, et, par suite, les fontes siliciées, de façon à étudier l'influence de diverses proportions de silicium sur du fer presque privé de carbone. En ce qui concerne les fontes siliciées, si connues maintenant dans l'industrie sous le nom de *ferro-silicium*, il a remarqué, comme d'autres métallurgistes, que le silicium a, dans ces produits, un rôle inverse de celui du manganèse : en effet, à mesure que la teneur en silicium augmente, celle en carbone diminue ; tellement que, si une fonte à 7 ou 8 p. 100 de silicium peut contenir encore 2 1/2 p. 100 de carbone, une fonte à 17 ou 18 p. 100 de silicium n'en contient plus que 1/2 p. 100 environ, d'après les analyses de M. Holgate. Mais M. Hadfield a surtout étudié des aciers purs, à teneurs en carbone ou en manganèse aussi réduites que possible, fabriqués de toutes pièces par lui avec dix percentages différents de silicium, en commençant par 0, 24 p. 100, et en terminant par 7,23 et 8,83 p. 100 : il a examiné leu

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

manière d'être au forgeage, qui devient impossible à partir de 6 à 7 p. 100, la matière n'étant plus qu'une sorte de fonte, et au coulage. Tous ses échantillons se sont coulés sans soufflures, mais avec un retassage notable, et en prenant au refroidissement une structure cristalline et fragile; avec des teneurs de 13 à 15 p. 100, les lingots rochent beaucoup et sont pleins de soufflures, d'après M. Holgate. Chacun des alliages forgeables, mis sous forme d'éprouvettes, les unes à l'état naturel, les autres recuites, a été soumis à des essais mécaniques à la traction et à la compression : les résistances élastiques et à la rupture ont été déterminées, et le mémoire de M. Hadfield contient des tableaux intéressants, auxquels nous ne pouvons que renvoyer le lecteur. M. Hadfield a constaté aussi que, contrairement au carbone, le silicium ne donne pas au fer la propriété de durcir par la trempe à l'eau froide, et que, contrairement au manganèse, il ne donne pas la propriété inverse, quoique, à l'état naturel, l'*acier-silicium* semble augmenter de dureté avec la teneur en silicium. Ces recherches, très intéressantes au point de vue scientifique et industriel, n'ont pas, comme celles relatives au manganèse, conduit M. Hadfield à la découverte d'un alliage nouveau utile. Il est nécessaire aussi d'ajouter, comme l'a fait remarquer dans la discussion M. Brustlein d'Unieux, que d'autres métallurgistes, comme M. le professeur W. Mrazek, de Przibram (Bohême) par exemple, avaient déjà effectué des recherches plus ou moins analogues, et que, si certains fabricants d'acier paraissent avoir utilisé l'influence du silicium, notamment en ce qui concerne l'élasticité du métal, ils n'ont pas cru pouvoir ébruiter leurs résultats.

En 1890, au Congrès de l'Institut du fer et de l'acier à New-York, M. Hadfield a présenté un autre mémoire de même ordre, sur l'*acier-aluminium*. Résumant d'abord brièvement les divers modes de fabrication de l'aluminium, les propriétés des bronzes d'aluminium et l'influence de l'aluminium sur la fonte de fer, M. Hadfield rapporte ses recherches sur onze alliages différents de fer et d'aluminium, obtenus par la fusion au creuset de bon fer en barres, avec des proportions d'aluminium, variant de 0,25 à 10 p. 100. Il les a essayés d'abord au point de vue de l'acier coulé, en examinant la fluidité, la question des soufflures, la résistance à la flexion de barres moulées, la dureté et la structure. Il détruit en passant la légende qui avait commencé à se former sur un abaissement notable du point de fusion de l'acier causé par la présence d'une proportion très faible (1/1000^{e}) d'aluminium, et donne son explication sur la fluidité plus grande donnée à un bain d'acier par une faible addition d'aluminium. Il l'attribue à deux causes :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1° La grande quantité de chaleur provenant de la réduction par l'aluminium de l'oxyde de fer intermoléculairement réparti dans le bain d'acier (1).

2° La disparition de cet oxyde de fer interposé qui laisse plus de mobilité aux molécules du bain.

Après avoir étudié les aciers-aluminium coulés, M. Hadfield a essayé les éprouvettes forgées en provenant, aussi bien au point de vue de leur malléabilité, de leur dureté, de leur soudabilité, qu'à celui de leurs propriétés résistantes, et a établi d'intéressants tableaux et diagrammes, que nous ne pouvons résumer ici. La conclusion paraît en être que, dans ses associations avec le fer, l'aluminium a beaucoup de rapport avec le silicium. M. Hadfield a établi ou vérifié par des expériences et des essais d'usine et non de laboratoire, beaucoup de faits dont la connaissance est de nature à rendre service aux fabricants d'acier; il ne paraît pas avoir découvert, ici non plus, d'alliage nouveau, fer-aluminium, qui puisse être utile à l'industrie.

Les recherches de M. Hadfield sur les alliages du fer et du chrome, rentrant dans la catégorie des *aciers-chrôme* sont plus importantes et plus complètes encore : elles ont été présentées à l'Institut anglais du fer et de l'acier (session d'octobre 1892) dans un mémoire accompagné d'un grand nombre de tableaux, de graphiques et de photographies. Dans ce mémoire, M. Hadfield résume d'abord les travaux anciens relatifs au chrome, depuis sa découverte par Vauquelin jusqu'à la fabrication des premiers aciers au chrome par M. J. Baur, à New-York et par M. A. Brustlein, à Unieux. Notre société se rappellera qu'elle a décerné en 1890, sur le rapport du savant M. Adolphe Carnot, un prix des Arts chimiques à M. Brustlein, comme principal initiateur des aciers au chrome dans l'industrie. M. Hadfield s'occupe ensuite des divers gisements connus de minerais de chrome ou fers chromés, et de la fabrication des fontes de fer chromées ou *ferrochromes*, soit au creuset, soit au haut fourneau (2); il étudie la cristallisation des ferrochromes, leurs propriétés magnétiques, etc; il fait remarquer en passant, la forte teneur en carbone : plus de 11 p. 100, de certains ferrochromes exposés à Paris en 1889, alors que les ferromanganèses les plus riches en manganèse contiennent à

(1) L'absorption d'une même quantité d'oxygène produit en effet un nombre de calories plus grand avec l'aluminium qu'avec le silicium ou le manganèse, d'après les données des tables thermochimiques de M. Berthelot.

(2) Il ne paraît pas cependant avoir eu connaissance des importantes fabrications françaises de cet alliage au Boucau, par la Société des forges et aciéries de la marine, et à Saint-Louis par la Société des hauts fourneaux de Marseille, car il cite à peine la première et ne dit rien de la seconde.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

peine 8 p. 100 de carbone. Après ces préliminaires, M. Hadfield en arrive à ses travaux personnels sur les *aciers-chrome* préparés par lui, contenant des percentages de chrome variant depuis 0,25 à 20 p. 100, et qu'il a étudiés comme les alliages précédents à l'état coulé et à l'état forgé : le numéro de mars dernier de votre *Bulletin* contient une traduction par extrait de cette partie du mémoire, qui dispense votre rapporteur de s'y arrêter. M. Hadfield termine en s'occupant des applications des aciers-chrome, et rapporte, en décrivant les résultats d'un grand nombre d'essais au tir, qu'il a réussi, sans secours étranger autre que les publications antérieurement connues, dit-il, à installer dans son usine une fabrication de projectiles de rupture rivalisant de qualité avec ceux des aciéries françaises d'Unieux et de Firminy, ayant ainsi trouvé une conclusion industrielle avantageuse à ses recherches scientifiques. Il publie à la suite un rapport de M. Osmond, qui, sur sa demande, a bien voulu étudier ses aciers chromés en appliquant ses procédés d'investigation micrographique à l'examen de leur structure et en recherchant les lois de leur refroidissement et leurs points de fusion (1).

Les travaux de M. Hadfield, effectués avec les moyens et les ressources d'une aciérie en pleine exploitation, présentent un très grand intérêt pour les métallurgistes praticiens, comme le montrent bien, du reste, les discussions, auxquelles ils ont donné lieu dans le sein de l'Institut du fer et de l'acier à Paris, à New-York et à Londres. Ils ont certainement rendu service à notre industrie métallurgique française, et votre Comité vous propose de remercier M. Hadfield de ses communications, et d'insérer au *Bulletin* le présent rapport.

S. JORDAN.

Approuvé en séance, le 10 *mai* 1895.

AGRICULTURE

RAPPORT *présenté par* M. LAVALARD *au nom du Comité d'Agriculture, sur le mémoire de* M. FURNE, *intitulé* « CONDITIONS DE LA PRODUCTION ET DE L'ÉLEVAGE DE LA RACE CHEVALINE BOULONNAISE ».

MESSIEURS,

M. Furne, secrétaire de la Société d'Agriculture de Boulogne-sur-Mer et du Syndicat agricole du Boulonnais, a présenté à la Société nationale d'En-

(1) Ce rapport a été publié *in extenso* par M. Osmond dans le *Mémorial de l'artillerie de Marine* pour 1893.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

couragement pour l'Industrie nationale un mémoire intitulé : *Conditions de la production de l'élevage de la race chevaline boulonnaise.*

Il commence par rappeler que la production du cheval boulonnais est la résultante directe du milieu physique où il se développe, et il en donne succinctement les caractères généraux. Ce sont là des faits déjà connus, il est vrai, mais sur lesquels M. Furne a bien fait d'insister, en présence de la concurrence que nous rencontrons sur les différents marchés étrangers. Il est bon de faire ressortir les conditions toutes particulières qui donnent à la race boulonnaise sa haute valeur; la chose a été souvent établie pour notre cheval percheron, et les éleveurs du Nord ont un grand intérêt à démontrer que les conditions de production, d'élevage et de commerce des chevaux boulonnais sont tout aussi rationnelles que celles qu'on vante pour le développement de la race percheronne.

L'auteur examine les différentes conditions de la production boulonnaise :

A. L'importance de la division du travail;

B. Dans quelles conditions elle se produit;

C. Les différents intérêts qu'elle fait entrer en jeu;

D. Les mesures de sauvegarde qui pourraient être utiles;

E. Les cas exceptionnels qui peuvent se produire et les critiques qui ont été adressées aux méthodes en usage.

A. M. Furne n'avait pas à insister beaucoup pour démontrer l'avantage considérable de la division du travail, qui est une des bases de l'élevage du cheval boulonnais. « Le cultivateur qui possède une écurie plus ou moins importante de juments reproductrices possède par tradition les connaissances nécessaires à son industrie, il est tenu à des soins spéciaux, dans lesquels il acquiert une plus ou moins grande habileté et qui exclut, dans une certaine mesure, un autre mode d'activité.

« Il en est de même de celui qui, ayant acheté le produit au sevrage, lui donne l'alimentation rationnelle et les soins que cet élevage comporte, avec l'installation appropriée; et nul n'ignore que quelques-uns de nos cultivateurs s'entendent tout particulièrement pour mener à bien cette opération. Il se forme de véritables réputations, et, de père en fils, dans telle ferme, on cite et l'on connaît des familles de producteurs émérites... »

B. Tout le monde sait que les chevaux nés dans le Boulonnais sont transportés dans les départements du Pas-de-Calais, de la Somme, du Nord, de l'Oise, de l'Aisne et de la Seine-Inférieure, où ils reçoivent une destination différente suivant leurs sexes et leurs aptitudes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans le Vimeu, fraction du département de la Somme, les chevaux entiers sont sélectionnés avec le plus grand soin pour être destinés à la reproduction. Les étalons élevés dans ce pays sont très recherchés.

Dans les autres départements, et surtout dans la Seine-Inférieure, les éleveurs sont plus spécialement acheteurs de poulains mâles, les juments restant sur le pays de production. Ces achats sont faits dans la pensée de préparer ces chevaux pour le commerce et pour les différentes industries de transport; et l'on oublie si souvent l'origine de ces poulains qu'un grand nombre d'entre eux sont dénommés dans les grands centres *chevaux cauchois*, du nom du pays de Caux (Seine-Inférieure).

C. Cette confusion a beaucoup frappé l'auteur. Si elle peut n'avoir qu'une importance relative, quand il ne s'agit que de la France, elle prend des proportions beaucoup plus considérables à l'étranger. C'est ainsi qu'il rappelle qu'un étalon boulonnais qui a eu une grande réputation en Amérique, *Louis-Napoléon*, a été compris dans le Stud-Book américain des *chevaux normands*.

D. Pour remédier à cet état de choses, qui est certainement très défavorable aux intérêts des producteurs boulonnais, l'auteur a conseillé la marque de fabrique authentique et déposée, comme dans l'industrie manufacturière, c'est-à-dire la création du Stud-Book de la race chevaline boulonnaise.

Depuis 1886, ce livre généalogique existe, et déjà le producteur et l'acheteur ont pu se rendre compte de son importance au point de vue des renseignements donnés et de la sécurité qu'il apporte dans les transactions. On sait toute l'importance que les étrangers, et surtout les Américains, apportent aux livres généalogiques.

E. Ici, M. Furne pose une question qui a un grand intérêt. Il demande s'il y aurait lieu d'apporter quelques transformations dans les méthodes d'élevage, lesquelles transformations iraient à l'encontre des influences ambiantes et du milieu physique. Ainsi, il établit que les éleveurs ont plus d'avantages à remonter leurs écuries dans les pays de production que de faire naître chez eux les produits qui devront fournir de bons étalons. Pour nous, le doute n'existe pas, l'économie est certaine, et, s'il peut y avoir des craintes au sujet de l'origine des poulains, le Stud-Book bien tenu devra les faire disparaître. Si certains éleveurs, voulant profiter des primes créées par l'État, les départements, les sociétés agricoles ou les syndicats, conservent les produits chez eux, l'auteur prévoit qu'il peut se produire certains mécomptes très dommageables pour eux. Nous croyons qu'il a raison et qu'il

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

est toujours préférable de s'inspirer de la tradition, surtout dans les encouragements qu'on veut donner à l'élevage; il ne faut pas que l'appât d'une prime fasse abandonner les méthodes qui ont produit le plus d'économie et le plus de sûreté dans les résultats à obtenir pour la confirmation de la race boulonnaise; et les éleveurs boulonnais compromettraient certainement leurs intérêts, si, rompant avec la division du travail qui existe dans leur élevage, ils ne tenaient plus compte de l'observation minutieuse des faits, des résultats obtenus jusqu'à ce jour par l'étude de l'adaptation la plus complète au sol des conditions de leur élevage. Certainement, on peut améliorer ce qui s'est fait jusqu'à ce jour, mais il faut bien se garder de changer les méthodes fondées sur les nécessités locales.

Dans un dernier chapitre, M. Furne étudie l'influence que de nouveaux éléments peuvent exercer sur la production chevaline boulonnaise.

Ici, nous ne partageons pas d'une manière absolue l'opinion de l'auteur, quand il exprime la crainte de voir la traction mécanique diminuer la production chevaline. Est-ce que les chemins de fer ont supprimé les chevaux? Nous pensons tout le contraire, et nous avons cité souvent des faits qui démontrent que plus les moyens de communication se multiplient, plus on emploie les chevaux. Et, précisément, les exemples donnés par M. Furne, concernant les tramways en Amérique, sont à l'encontre de ce qu'il veut défendre, puisqu'en moins de cinquante ans, la population chevaline des États-Unis a passé de quatre à seize millions.

Quant au développement de la production indigène, M. Furne la préconise comme nous l'avons fait si souvent dans nos communications à la Société nationale d'Agriculture. Il reprend ce que nous avons dit du cheval à deux fins et de son utilisation qui vient d'être démontrée par la mobilisation des deux régiments de cavalerie de réserve en 1894, à Compiègne et à Limoges.

Il engage ainsi les éleveurs à former des associations pour défendre leurs intérêts. C'est aussi une des méthodes que nous avons nous-même conseillée, nous appuyant surtout sur les associations formées en Angleterre et en Amérique pour l'élevage des Hunters, des Hackneys, des Shires, des Clyderdales, etc.

Les observations que nous venons de présenter sur le mémoire de M. Furne sont peut-être un peu longues, mais nous avons tenu à vous faire bien comprendre que ce sont là des idées très utiles à faire pénétrer parmi les éleveurs, pour qu'ils se persuadent bien qu'ils doivent plutôt compter sur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

leurs efforts personnels que sur les encouragements de l'État, des départements, etc., qui souvent ne leur donnent pas les meilleurs résultats et leur imposent des sacrifices qui ne sont nullement compensés.

Le Comité d'Agriculture propose donc au Conseil d'administration de la Société l'impression du présent rapport au *Bulletin*, qui, par la publicité qu'il lui donnera, fera connaître, surtout à l'étranger, les ressources que présente la race chevaline boulonnaise. Ce sera une indication pour nos éleveurs indigènes, qui devront sélectionner avec le plus grand soin les deux variétés de ladite race, l'une très forte et capable de traîner les plus lourds fardeaux, et l'autre pouvant produire le cheval de trait léger, vite et endurant, comme l'ancien mareyeur, et au besoin le cheval à deux fins. Le Comité demande aussi que des remerciements soient adressés à M. Furne, qui sera invité à lui communiquer les nouvelles observations que sa situation de secrétaire du Syndicat boulonnais pourra l'appeler à faire sur cette race si remarquable du cheval boulonnais.

Le Rapporteur, LAVALARD.

Approuvé en séance le 10 *mai* 1895.

Mémoire de **M. Furne**, SUR LES CONDITIONS DE LA PRODUCTION, DE L'ÉLEVAGE ET DU COMMERCE DE LA RACE CHEVALINE BOULONNAISE

La race chevaline boulonnaise, comme race de trait, possède une notoriété suffisante pour qu'il ne soit pas nécessaire de s'étendre sur ses origines et sur l'aire géographique qu'elle embrasse.

De nombreux ouvrages ont traité la question; nous nous en référons également aux pages qui précèdent la publication du livre généalogique de la race boulonnaise (1).

Rappelons seulement que cette production est la résultante directe du milieu physique où elle se développe.

Le cheval boulonnais doit au sol calcaire et fortement minéralisé son ossature puissante, son innervation remarquable, qui le distingue du cheval lymphatique du Nord, son caractère ardent, sa puissance locomotrice si appréciée pour les transports aux allures rapides.

Cette race est ainsi le résultat d'une sélection immémoriale, qui s'est développée sur elle-même à raison de conditions géologiques et climatologiques fort intéressantes à étudier.

(1) *Stud-Book de la Race boulonnaise*, Préface. Boulogne-sur-Mer, 1886, — Charles. *Histoire du Cheval boulonnais*. Abbeville. — Gayot. *Le Cheval de trait français*. Paris.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'habileté professionnelle des éleveurs, objet de traditions heureusement conservées, et la gymnastique fonctionnelle à laquelle les produits sont livrés dès leur jeune âge, ont fait davantage pour maintenir et perfectionner la race que la science des croisements.

Sous l'influence de la demande du commerce, certains éleveurs se sont attachés à produire des élèves plus volumineux, plus puissants pour les gros charrois; d'autres se sont attachés de préférence au type dit « de la *mareyeuse* », qui tire son nom du service qui reliait Paris aux ports de mer du littoral du Nord-Ouest pour le transport de la marée.

C'est toujours de cette région que se tirent un grand nombre de chevaux employés pour le service des messageries, des diligences et tramways, pour lesquels une certaine rapidité d'allure est nécessaire, ainsi que pour les plus gros charrois.

M. Gayot estime à 350 000 têtes la population disséminée dans les pays de production et dans les pays d'élevage où se rencontre le cheval boulonnais (1).

(1) « A l'âge fait, qu'il soit attelé aux instruments aratoires ou aux voitures énormes de l'industrie, ou aux voitures plus légères du commerce, il tient partout supérieurement sa place. Il a la force, le poids de toutes les autres races de trait, et, de plus, il a la gaité, la vaillance et l'harmonie dans la force. Le beau boulonnais, âgé de cinq ans, est un splendide et généreux animal, méritant à tous égards le titre de *cheval de sang de l'espèce*. Il a montré qu'il était digne de ce titre en emportant rapide, sur des chemins difficiles, les lourdes et informes diligences d'autrefois, en doublant, en triplant les relais pour les services de marées, en affrontant en brave les dangers, en supportant victorieusement, jusqu'à l'héroïsme, les fatigues de la guerre. »

M. Vallon, dans son *Cours d'Hippologie* (t. 2, p. 61), raconte que les juments boulonnaises, dites *mareyeuses*, transportaient autrefois le poisson de Boulogne à Paris, et faisaient le service à raison de 100 à 120 kilomètres dans une journée, et de 16 à 18 à l'heure, au trot soutenu. Les éleveurs d'aujourd'hui, à raison des besoins, ont cherché davantage la vigueur pour la traction que la vélocité de l'allure.

La taille varie entre 1m,60 et 1m,68, la tête est élégante, les ganaches un peu fortes et musculeuses, l'œil bien sorti, le front large, conformation à laquelle il faut tenir, car elle laisse une place suffisante à la masse cérébrale, et dénote toujours un animal docile, soumis, facile à dresser, sage à la charrue comme à la voiture. De puissantes attaches relient la tête au cou, qui, bien que fort et d'une moyenne longueur, est cependant flexible et harmonieux; les épaules ont une obliquité très accusée, qui explique le pas allongé et rapide; les muscles sont saillants et le garrot bien sorti, le poitrail est large et laisse aux poumons tout leur jeu; l'avant-bras, très développé, donne à l'animal une grande aisance pour porter en avant les parties inférieures de la jambe. Le genou est large, les canons droits; comparés à la partie haute de la jambe, ils sont plutôt courts; les articulations sont nettes, le poil est soyeux, ce qui indique une race noble.

La robe est presque toujours claire, variant du blanc au gris pommelé et au gris de fer, parfois légèrement truitée, les parties inférieures souvent foncées.

Pour le reste, le corps est cylindrique, le rein est court et large, la croupe saillante et divisée dans la ligne longitudinale, les jarrets larges, secs et réguliers, la queue bien attachée, garnie, aussi bien que le cou, de crins longs et abondants. Le pied est bien proportionné au corps, et d'une conformation irréprochable; la rencontre des pieds larges et plats indiquerait

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

C'est avant tout le milieu physique, avons-nous dit, qui crée ce pays de production chevaline; il s'agit là d'un facteur permanent, dont les effets possèdent des caractères de continuité qui se perpétuent.

Pour le Boulonnais, ce milieu est constitué par le climat océanien, qui entretient l'humidité des prairies et une égalité remarquable de température ; cette abondance d'eaux donne naissance à des cours d'eaux nombreux, peu profonds, mais toujours alimentés.

Ce pays doit de plus à sa constitution géologique spéciale (formation jurassique), non seulement son aspect tourmenté, ses ravins et ses collines, qui creusent et hérissent sa surface, mais encore l'imperméabilité de ses couches profondes et les sources nombreuses qui jaillissent à sa surface.

Ces deux conditions : coteaux bien exposés, sous-sol imperméable conservant l'humidité après les plus longues sécheresses, ont puissamment contribué au développement des pâturages et des végétations herbacées abondantes.

Ces conditions physiques distinguent nettement le Boulonnais proprement dit des pays avoisinants dits *haut pays*, et plus particulièrement le vaste plateau calcaire du Nord, de l'Artois, de la Picardie et du bassin séquanien, dont les dernières assises viennent s'arrêter devant le littoral du Nord-Ouest, ou devant l'îlot jurassique qui forme le bas Boulonnais. Ce sont des conditions physiques analogues qui forment le berceau d'origine du cheval percheron, le Perche-Gouët, dont l'aspect tourmenté, le réseau orologique, le sous-sol argileux et le voisinage du Gulf-stream multiplient les points de comparaison avec le Boulonnais.

Un pareil milieu physique, qui ne peut se modifier, entraîne des conséquences qui s'imposent avec la même force, commandent aux méthodes de travail et influencent les procédés de culture.

Dans le milieu qui nous occupe : milieu tourmenté, ingrat, de culture pénible, à couche arable peu profonde, caillouteuse, remplie de minerais, la grande culture, la culture vraiment intensive, avec ses conséquences progressives, sera interdite ou difficile.

L'élevage des bovidés ne donnera pas les gros bénéfices que trouvent nos voisins mieux placés; il faudra, de plus, de nombreux attelages pour tirer la charrue et pour le transport sur des routes longues, ardues, présentant des pentes parfois dangereuses (1).

l'influence du sang flamand; de pareils sujets doivent être écartés; ils se rencontrent du reste assez rarement.

Ce qu'il faudrait pouvoir décrire, c'est la noblesse du port, le courage, l'ardeur du sang qui n'exclut pas la douceur de caractère, la vivacité de l'allure, et l'harmonie de l'ensemble. (*Stud-Book de la race boulonnaise*, Préface.)

(1) « La culture de ce pays est extrêmement difficile, à cause du nombre et de la roideur des coteaux qui s'y trouvent; elle exige, par conséquent, des travaux plus longs et plus pénibles que celle des pays de plaines. Il faut donc que le nombre de chevaux soit plus considé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La production du cheval est donc l'industrie conseillée par la situation; et comme la production animale, au point de vue des méthodes, est dominée davantage par l'observation des lois de la nature et la transmission de ces observations par la tradition de père en fils plus que par la science apprise ou les applications des sciences exactes ou mécaniques, le pays de production sera avant tout un pays de traditions, de méthode empirique, pour ne pas dire routinière, et ces traditions, ces méthodes auront toutes été puisées dans les observations des anciens. C'est dire qu'elles auront presque toujours leur raison d'être, dominées qu'elles sont par les mêmes forces aveugles : celles des éléments physiques.

Ce sont ces conditions de production, d'élevage et de commerce de la race chevaline boulonnaise dont nous voulons nous rendre compte; nous examinerons si elles sont rationnellles ou si elles donnent lieu à la critique, et quelles modifications elles peuvent subir.

Nous avons expliqué le milieu qui a donné naissance à l'industrie spéciale de la production du cheval.

I

Cette production a pris de bonne heure une place prépondérante ; les besoins du commerce aidant, la production chevaline est devenue bien vite la principale ressource.

Mais, en raison de l'écoulement avantageux de ce produit, il faut faire de la place chaque année aux nouveaux arrivés, chaque exploitation ne pouvant nourrir, on le comprend, qu'un nombre déterminé de sujets (1).

Le produit se vendra donc plus ou moins jeune, selon les convenances de l'éleveur : à six mois, s'il ne peut le conserver plus longtemps, ou à dix-huit mois, s'il peut le nourrir jusqu'à cet âge.

Pour s'en débarrasser, le producteur devient le tributaire de l'éleveur; celui-ci vient à des périodes fixes, dans les foires ou dans les fermes, prélever le contingent qui lui est nécessaire. Les statistiques peuvent approximativement indiquer le chiffre des opérations ainsi traitées.

D'ou viendra cet acheteur? il est facile de le déterminer *a priori*.

Le cheval âgé au plus de dix-huit mois ne pourra encore fournir qu'un travail

rable, à proportion, que dans les lieux où la culture est facile. C'est cette raison qui a déterminé nos cultivateurs à se servir de juments de préférence, afin de tirer parti de leur repos. » *Stud-Book*, 1887. Préface, p. VI.

(1) « Les chevaux forment, dans cette province, un des objets les plus importants de l'agriculture, tant pour le labourage que pour la vente des poulains... Il en sort tous les ans une grande quantité, que les marchands normands viennent acheter dans le temps des foires, et surtout à celle de Desvres. » (Du Mont de Courset. *Mémoire sur l'Agriculture*. Boulogne, 1784, p. 85 et suiv.) *S.-B.*, Préface, p. VII.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

très relatif, eu égard à sa croissance qu'il faut faciliter et à la nourriture assez abondante qu'il faut lui donner; son emploi est indiqué, et ne peut être autre que dans un travail modéré aux champs, dans des terres assez douces, et avec d'autres compagnons de trait plus développés.

En effet, ce sont les pays circonvoisins du Boulonnais, possédant une autre formation géologique, qui recevront les poulains : ceux des grands plateaux calcaires du Santerre, du pays de Caux, du bassin séquanien (1), ou ceux des alluvions profondes des versants de la mer du Nord. L'exportation des produits à l'état de poulains est donc une conséquence forcée des conditions physiques de l'élevage : il n'est donc pas vrai, comme quelques-uns ont pu le dire, que le pays boulonnais était obligé d'exporter ses chevaux pour qu'ils puissent trouver ailleurs une nourriture plus substantielle.

Ce serait supposer que les reproducteurs, juments et étalons, ne trouvent pas une nourriture appropriée sur leur sol natal, ce qui est illogique, sinon absurde.

Il n'est pas davantage exact de dire que l'éleveur boulonnais pourrait conserver et nourrir ses produits pour les vendre plus avantageusement à l'âge fait.

Le mode de vente des jeunes produits et leur exportation dans les conditions où elle se fait constituent une loi de la production, et cette loi se révèle avec les mêmes caractères de nécessité dans d'autres pays de production.

Nous avons cité le Perche-Gouët, berceau de production de la race percheronne ; à côté de cette partie de la province, où les poulains naissent et se vendent de bonne heure, se trouvent les cantons éleveurs, répartis dans plusieurs départements, où achèvent de grandir et de se développer ces beaux animaux; que le commerce étranger ou celui des centres urbains vient ensuite emporter.

On trouvera les détails circonstanciés de l'industrie du Perche dans le voyage de M. Hugues Le Roux (journal *le Temps* des 17, 24, 31 mars, et 9 avril 1891) (2).

Nous citerons également l'industrie mulassière dans le département des Deux-Sèvres, où la même particularité, due aux mêmes causes, se rencontre également.

Il y a mieux encore, et cette particularité est digne de remarque, le marché aux jeunes chevaux se trouvant spécialisé dans des cantons peu nombreux, à raison des causes que nous venons de développer, et les intéressés venant s'y

(1) Ces terrains appartiennent à la formation quaternaire, ils sont recouverts du limon des plateaux qui donne aux départements du Nord, du Pas-de-Calais, de la Somme et de la Seine-inférieure leur remarquable fertilité et leur culture facile. (Voir Ch. Julien. *Production végétale de la France. Revue Universelle*, 20 janvier 1895.)

(2) Voir, en ce qui concerne la production mulassière du Poitou, *Maître Jacques*, journal agricole des Deux-Sèvres, 1894, p. 241).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

approvisionner par tradition et par besoin, il se produit ce résultat, qu'à côté de l'éleveur qui écoule ses propres produits, il s'est créé une catégorie intermédiaire de cultivateurs qui n'hésitent pas à se procurer, dans un rayon qui tend à s'éloigner, les produits d'autres producteurs bien pourvus, nous le supposons, en reproducteurs, mais moins bien placés pour l'écoulement. Le centre producteur de jeunes chevaux devient en même temps un centre commerçant.

Le Boulonnais se divise donc en centres producteurs et en centres éleveurs, et cette distinction doit être bien observée, suivant que l'on envisage l'une ou l'autre de ces industries : la production et l'élevage.

Nous ne nous arrêterons donc pas davantage, pour l'instant, à cette objection que l'on entend formuler ainsi : Pourquoi les éleveurs boulonnais des cantons producteurs se privent-ils d'un gros bénéfice en ne vendant pas leurs chevaux à l'âge du service directement au commerce, qui leur en donnerait un gros prix ? Comme on vient de le voir, les pratiques d'élevage sont sous la dépendance d'éléments physiques qui ne comportent ni l'arbitraire ni la transformation, et la situation ne se prêterait pas à un changement radical de méthode.

Nous aurons l'occasion de revenir sur ce point (1).

II

De cet état de choses, que nous appellerons la loi de la production, découlent d'autres conséquences, qui emportent avec elles le même caractère de nécessité.

Nous examinerons successivement :

A. L'importance de la division du travail ;

B. Dans quelle condition elle se produit ;

C. Les différents intérêts qu'elle fait entrer en jeu ;

D. Les mesures de sauvegarde qui pourraient être utiles ;

E. Les cas exceptionnels qui peuvent se produire, et les critiques qui ont été adressées aux méthodes en usage.

Enfin, dans une troisième et dernière partie, nous envisagerons l'influence de nouveaux éléments sur la production, l'élevage et le commerce de nos chevaux, et la situation que ces nouveaux facteurs peuvent exercer sur leur avenir.

(1) Les cantons producteurs se trouvent répartis principalement dans le département du Pas-de-Calais, surtout dans les arrondissements de Boulogne-sur-Mer, Montreuil, Saint-Pol et Saint-Omer ; nous ne possédons que la statistique des poulains vendus aux foires d'automne de l'arrondissement de Boulogne-sur-Mer, et exportés par chemin de fer hors de l'arrondissement. Le chiffre moyen est de 1 500, ce qui permet d'évaluer à 2 500 ou 3 000 têtes la production moyenne de cet arrondissement. (*Bull. de la Soc. d'Agriculture*, 1er décembre 1894, p. 262.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans toute industrie qui se perfectionne ou se développe, on ne tarde pas à constater une évolution plus ou moins rapide, dont la tendance consiste à simplifier les moyens de production.

Au début, l'habileté professionnelle consiste à livrer de toutes pièces, dans l'atelier familial, le produit prêt à satisfaire la demande.

Ce procédé entraîne la multiplicité de l'outillage, la transformation de la matière première, et une assez grande complication.

Bientôt naissent des spécialistes qui fournissent la matière prête à être employée ; la main-d'œuvre ne consiste plus qu'à livrer un produit brut, que d'autres industriels utiliseront pour l'affiner et lui donner sa première forme.

Tout le monde gagne à cette évolution : le producteur, qui peut produire mieux et davantage, ayant simplifié son travail, et le consommateur qui bénéficie du prix moins élevé d'un objet produit en plus grande quantité et par des moyens plus économiques.

Il en est de même dans l'industrie de l'élevage des animaux, et notamment du cheval.

Dès que la production, activée par la demande, a dépassé une certaine limite, le cheval passe en plusieurs mains, entre lesquelles il se transforme, jusqu'à ce qu'il ait satisfait aux emplois qu'on exigeait de lui.

Nous savons qu'il en est ainsi, et dans quelles mains successives passent les chevaux boulonnais ; nous n'y insisterons pas autrement que pour faire remarquer combien ce procédé est avantageux.

En effet, les soins à donner pour les différents animaux ne sont pas les mêmes. Le cultivateur qui exploite une écurie plus ou moins importante de juments reproductrices possède par tradition les connaissances nécessaires à son industrie ; il est tenu à des soins spéciaux dans lesquels il acquiert une plus ou moins grande habileté, qui exclut, dans une certaine mesure, un autre mode d'activité.

Il en est de même de celui qui, ayant acheté le produit au sevrage, lui donne l'alimentation rationnelle et les soins que cet élevage comporte avec l'installation appropriée ; et nul n'ignore que quelques-uns de nos cultivateurs s'entendent tout particulièrement pour mener à bien cette opération.

Il se forme de véritables réputations ; et, de père en fils, dans telle ferme, on cite et l'on connaît des familles de producteurs émérites.

Celles-ci sont connues des acheteurs d'une autre catégorie, qui se font, eux aussi, une autre spécialité.

Le jeune cheval boulonnais est donc transporté dans les régions avoisinantes, dont nous avons spécifié plus haut la constitution géologique et le mode de culture qui en découle. Ces régions sont constituées, en majeure

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

partie, par les six départements suivants : le Pas-de-Calais, la Somme, le Nord, l'Oise, l'Aisne, la Seine-Inférieure, et se trouvent compris dans la circonscription des haras nationaux de Compiègne.

Là, suivant son sexe, ses aptitudes, il est l'objet d'une sélection et livré à une éducation différente par des éleveurs qui spécialisent également leurs procédés.

Il suffit de citer l'industrie de l'étalonnage tel qu'il est pratiqué dans une partie du département de la Somme, le Vimeu ; les procédés mis en œuvre sont spéciaux à ces éleveurs, ils leur attribuent une grande partie des succès qu'ils ont obtenus et qu'ils obtiennent encore.

Nous n'entrerons pas dans le détail de ces procédés, ils ont été décrits ailleurs, et cela n'entre pas dans le cadre de la présente étude.

L'avantage de cette division du travail est de perfectionner de plus en plus ces procédés, et aussi de les mettre de mieux en mieux en rapport avec les exigences du commerce.

Nous citerons également les cultivateurs du pays de Caux : ceux-là sont aussi plus spécialement acheteurs de poulains mâles, mais moins en vue de la vente comme étalons qu'en vue du commerce des transports, qu'il s'agisse des gros charrois ou du service des voyageurs dans les villes ou sur les routes.

Et, remarquons-le, les cultivateurs qui s'adonnent à ces différentes spécialités rencontrent une facilité de plus dans la clientèle qui s'est créée de date immémoriale, et qui ne connaît souvent pas le pays d'origine du cheval qu'elle achète. Et cela est si vrai que nos chevaux boulonnais, achetés par les compagnies de transport des grands centres, sont très souvent dénommés chevaux cauchois, du nom du *pays de Caux* (Seine-Inférieure), où ils sont élevés.

On conçoit combien ce mode d'opérer, d'abord imposé en grande partie par les lois de la production, est ensuite singulièrement favorisé par cette autre loi de toutes les industries : la division du travail.

De nombreux intérêts, on le voit, se trouvent en jeu au cours de ces multiples opérations ; et, d'un seul coup d'œil, on voit comment ils se concilient, et combien est grand l'avantage de tous les participants à travailler d'accord les uns avec les autres ; c'est là, au reste, la règle générale : les bons rapports entre les différentes catégories d'acheteurs et de producteurs sont traditionnels, et il y a les plus sérieuses raisons à les maintenir.

Néanmoins, le principal intérêt du producteur originaire exige que le produit de son sol et de son industrie, avec la réputation acquise, ne soit pas exploité par d'autres à son détriment.

Or, c'est ce qui pourrait se produire si, transporté loin du berceau de la race, le cheval boulonnais était vendu sous un autre nom, et faisait passer d'un pays à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

un autre le bon renom de son origine. C'est ce que quelques-uns ont pu redouter, avançant certains faits à l'appui.

Il est avéré, qu'aux États-Unis notamment, bien avant la fureur de l'exportation percherone, des produits boulonnais achetés dans la Seine-Inférieure furent très appréciés sous le nom de chevaux « normands ». L'un d'eux même, un étalon, du nom de *Louis-Napoléon*, y eut une renommée retentissante, et jamais le bénéfice de cette réputation ne rejaillit sur la souche originaire. Bien au contraire, cette renommée profita plus largement à la Normandie, comprise dans toute son étendue, et embrassant bon nombre de départements au sud de la Seine.

Il ne nous est pas démontré même que le célèbre tableau du *Retour du marché*, de Rosa Bonheur, qui, pour les Américains, reste le dernier mot de l'art dans la représentation du cheval de trait percheron, n'ait pas été inspiré par un marché *normand*, c'est vrai, mais de la Seine-Inférieure, c'est-à-dire du pays d'élevage du cheval boulonnais, ou par un marché des environs de Paris, et non pas du Perche, comme le disent couramment les importateurs yankees.

On voit comment, dans le passé, cet état de choses a pu être défavorable aux producteurs boulonnais.

Pour y remédier, il fallait procéder pour l'industrie hippique comme on procède dans l'industrie manufacturière, et posséder une *marque de fabrique authentique et déposée;* c'est ce que les éleveurs boulonnais comprirent, tardivement il est vrai, en fondant le *Stud-Book* de leur race chevaline.

Cet organisme fonctionne depuis 1886 à la satisfaction des intéressés.

Organisé par le syndicat agricole du boulonnais (1), le *Stud-Book*, par le soin avec lequel il a été élaboré, assure à l'acheteur un titre authentique, et donne aux transactions la sécurité désirable.

L'intérêt du producteur est ici d'accord avec celui de l'acheteur définitif. Car, si celui-ci veut avoir la certitude que le cheval qu'il achète appartient réellement à la race qu'il recherche, il possède le moyen de s'en assurer en réclamant des intermédiaires le certificat d'origine.

Il est donc à désirer que nos cultivateurs ne vendent aucun animal sans certificat d'inscription, car celui-ci, circulant de main en main, constitue pour ceux sous les yeux desquels il tombe une source de renseignements et une réclame des plus sérieuses.

Dans l'exposé qui précède, nous n'avons entendu développer que les lois générales s'appliquant à la production, à l'élevage et au commerce, selon les

(1) Siège social, Boulogne-sur-Mer, 3, rue Thiers.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

méthodes naturelles et rationnelles avec lesquelles les opérations se pratiquent généralement. Nous n'avons pas entendu affirmer qu'on ne puisse faire d'exception à ces règles.

Mais alors il va sans dire que ces exceptions n'ont qu'un intérêt relatif, et ne doivent pas faire échec aux intérêts généraux en cause.

On s'exposerait à de graves mécomptes en voulant apporter des transformations d'usages qui iraient à l'encontre des influences ambiantes et du milieu physique.

On s'est demandé, en effet, si ceux des cultivateurs qui s'adonnent plus spécialent à l'étalonnage dans le Boulonnais (cantons producteurs) n'auraient pas un avantage marqué à opérer eux-mêmes une sélection dans les produits nés dans leurs écuries ou dans leur voisinage, et à se remonter de sujets dans le pays même, au lieu de se rendre à cet effet dans les cantons éleveurs faire leur choix parmi les poulains mâles transportés dans ces cantons, ainsi que l'usage s'en était perpétué.

Considérons la situation de l'étalonnier se préoccupant de sa remonte en producteurs. Il a le choix d'élever lui-même un sujet ou de se rendre dans les cantons éleveurs, clients naturels de son pays, pour faire son achat; l'usage a consacré ce dernier parti, et nous savons que l'usage, en matière d'élevage, puise souvent sa raison d'être dans autre chose que l'arbitraire ou le parti pris.

Si l'étalonnier s'arrête au premier parti, il aura certes le choix entre de très jeunes sujets, avant qu'ils soient enlevés au pays ou dans sa propre écurie, en conservant un sang dont il connaît la valeur.

Mais plusieurs difficultés se rencontrent aussitôt. D'abord son exploitation nécessite déjà de nombreuses juments, nous avons vu plus haut pour quelles raisons; en plus de ses étalons, il lui faudra de la place pour deux ou trois sujets qui vont s'immobiliser, à peu près improductifs, jusqu'à l'âge de la monte : trois ans au moins.

Il lui faudra, outre la dépense d'entretien de ce supplément de bouches à nourrir, assumer les soins de cet élevage qui comporte des précautions spéciales, car il faudra des pâturages distincts de ceux où seront les juments, et bien clos, une nourriture plus appropriée, une surveillance sur la santé, le développement, etc., en un mot les soins qui constituent les pratiques spéciales de cet élevage particulier.

Nous ne parlons pas des risques de pertes, qui sont grands et pourront le priver du jour au lendemain du résultat de ses efforts. Mais, néanmoins, il faut bien considérer que tous les jeunes sujets destinés à l'étalonnage ne répondent pas toujours à l'attente et aux espérances qu'on avait pu légitimement concevoir. Il faut donc ou conserver un sujet médiocre, ou s'en défaire : alternatives également fâcheuses, car notre étalonnier du pays de production ne possède pas les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

débouchés et les relations commerciales de l'éleveur du cheval de service.

Ce n'est pas tout; une autre objection bien plus grave ne tarde pas à se présenter. L'étalonnier étant désireux de conserver le sang qu'il apprécie et formant lui-même ses élèves chez lui ou dans un entourage très rapproché, les juments se trouvent saillies au bout d'un certain temps par des étalons issus d'elles dans des conditions de consanguinité dangereuses.

Ici encore, l'usage s'est prononcé contre cet appareillement consanguin, et nous n'avons pas l'audace de lui donner tort. La science, il est vrai, est moins affirmative, et les partisans de l'*and in and* ont d'excellents arguments. Cela peut être bon dans des conditions spéciales et avec des précautions, un coup d'œil rarissime. Mais laissons là cette question troublante de la consanguinité, et contentons-nous du *plerumque fit*, c'est-à-dire de la saine tradition, en reconnaissant qu'elle doit être respectée dans une matière où, d'après l'ordre naturel des choses, nous l'avons dit en commençant, la tradition a plus à voir que la science, au moins dans l'état actuel des choses, et sans vouloir préjuger de l'avenir.

Donc, notre homme aura à se méfier des croisements trop répétés avec le même sang.

Le voilà donc aux prises avec bien des difficultés; aussi se décide-t-il à prendre le train et à se rendre là où il sait que des sujets nombreux de races boulonnaises sont élevés soit spécialement pour l'étalonnage, soit pour le service en général, mais toujours par des hommes habiles dans leur art, qu'ils pratiquent depuis des temps reculés. Il parcourt un certain nombre d'exploitations et se trouve d'abord en pays de connaissance avec des éleveurs qui ont coutume de visiter les foires des cantons producteurs, aussi est-il bien reçu, et les affaires se font facilement et sans ennuis; bien mieux, ce ne sont pas seulement les gens qu'il reconnaît, mais les bêtes : « Celle-ci vient d'un tel, je l'ai vu chez lui; celle-là d'un autre. Ce poulain est d'un bon cru et il a bien tourné. » Bref le choix est grand et ne se fait pas les yeux fermés, on peut le croire.

Nous laissons le lecteur juge de la valeur des deux méthodes et de celle de l'objection.

Cependant, répétons-le, il ne faut pas croire que, dans aucun cas, il ne sera pas possible de faire autrement. Il arrivera même, et le fait s'est produit à diverses reprises, qu'un étalonnier aura réussi à opérer sa remonte chez lui. Seulement, nous entendons qu'on laisse à ces faits isolés le caractère exceptionnel qu'ils ont et qu'on ne cherche pas à les transformer en une tendance vers le changement de méthode, sous prétexte qu'on a quelquefois réussi. Nous irons même plus loin dans nos concessions, et nous dirons qu'il est possible que quelques sujets rapportés par des étalonniers des pays d'élevage n'aient pas donné toutes les satisfactions qu'on en attendait, et qu'un pareil résultat ait pu donner des doutes sur la valeur du procédé.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cela est possible en effet, mais s'explique par des considérations spéciales, sur lesquelles nous n'aurons pas besoin d'insister longuement.

Celui qui jette un coup d'œil sur les résultats culturaux de nos régions du Nord-Ouest depuis quinze ans ne peut se défendre d'un sentiment de tristesse. Tant d'efforts, tant de privations, tant de soucis pour arriver à maintenir péniblement une situation sans cesse ébranlée par de nouveaux périls! Telle est la condition de nos cultivateurs. A côté d'une terre riche, d'instruments perfectionnés, d'engrais savamment calculés, ne pouvoir à peine rentrer que dans son prix de revient; exposé à la ruine au moindre échec, à la moindre épidémie, sécheresse ou inondation, le cultivateur est dans une situation précaire, et les capitaux économisés peu à peu ont depuis longtemps disparu.

Comment voulez-vous, dans ces conditions, qu'il ait pu toujours consacrer aux achats des reproducteurs tout le capital qu'il aurait voulu! Il a donc dû parfois s'incliner devant la force des choses, laisser d'autres acheteurs mieux pourvus prélever le premier choix : l'État par exemple, dont la poche est bien garnie, nous en savons quelque chose, est un client qui sera privilégié, puis le département, dont nous parlerons tout à l'heure, etc.

Mais est-ce que le malheur des temps, un accident, espérons-le, doit venir infirmer la valeur complète des méthodes employées? Nous ne le croyons pas; nous serions même les premiers à conseiller à nos étalonniers d'en changer si nous le pensions avantageux. Nous croyons au contraire, qu'encouragés comme ils le sont par des primes importantes soit de l'État, soit du département, soit des sociétés particulières, primes qui atteignent pour quelques-uns des chiffres très sérieux; nous croyons, disons-nous, qu'ils pourront surmonter les conséquences de la crise agricole et consacrer à leurs achats les prix nécessaires et que pas n'est besoin d'une révolution dans les pratiques traditionnelles qui ont fait la fortune de l'élevage.

Nous avons signalé les achats annuels, faits pour le compte du département du Pas-de-Calais, d'un certain nombre d'étalons, répartis ensuite aux enchères entre les arrondissements. Ces achats s'étaient effectués, jusqu'à ces derniers temps, dans les pays qui se sont fait, pour les raisons que nous savons, une spécialité de l'élevage de l'étalon (cantons éleveurs). En fait, ces cantons se trouvent placés en dehors du département dont nous nous occupons, ce qui n'a qu'une médiocre importance pour le but que l'on poursuit (1).

Désormais, les étalons seront, autant que possible, choisis parmi des poulains

(1) Le pays Boulonnais, envisagé dans son ensemble au point de vue de l'industrie chevaline, comprend un ensemble de régions fort différentes, mais solidaires les unes des autres à raison de la division du travail. Il n'est donc pas rationnel de s'arrêter à la division administrative départementale, qui n'est appuyée ni sur des limites naturelles ni sur des intérêts économiques et agricoles connexes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nés dans le pays de production, que l'on primera à dix-huit mois, à la suite d'un concours, et que l'on obligera à conserver chez les propriétaires jusqu'à l'âge où la Commission pourra les acheter définitivement, sauf à celle-ci à se pourvoir ailleurs si lesdits animaux primés ne réunissaient pas les qualités voulues.

Il est délicat de juger un système qui n'a pas eu le temps de donner ses preuves.

Cependant, nous signalons le fait à raison des tendances qu'il indique; si quelques déboires ont été éprouvés dans les achats faits antérieurement, avant de s'en prendre à la méthode, il eût fallu se demander si la composition des commissions d'achats était bien rationnelle et réunissait la compétence suffisante. En effet, bien des réclamations se sont élevées à cet égard chez les intéressés. On aurait pu également s'assurer des ascendances authentiques des sujets achetés en exigeant leur inscription au *Stud-Book*.

Quoi qu'il en soit, le système ancien a été condamné sans hésitation.

On peut se demander s'il est bien enviable d'exposer le producteur aux ennuis de conserver avec ses autres animaux un jeune étalon, indisponible pendant plusieurs années sous peine de perdre la prime, avec tous les inconvénients de l'élevage d'un seul sujet dans des conditions peu favorables, ou du moins peu commodes.

L'un d'entre eux nous faisait part à ce sujet de l'embarras que lui causait un de ces poulains, lauréat primé de 600 francs, mais qui lui donnait du tracas pour une somme au moins équivalente, et sans avoir la certitude d'un achat définitif, par conséquent, avec la perspective d'avoir à se débarrasser deux ans après de l'animal à n'importe quel prix.

Bornons là nos observations, laissant à l'expérimentation le soin de passer au crible les critiques, et ne perdant pas de vue une de nos affirmations précédentes, à savoir : qu'il ne s'agit là en somme que de l'achat d'un très petit nombre d'étalons; ce sont des cas exceptionnels qui ne doivent pas infirmer les principes et qui pourraient même les confirmer si on était amené à reconnaître plus tard la nécessité de revenir à la règle générale.

Ce qui pourrait être inquiétant ce sont les tendances dont les faits que nous venons de relever indiqueraient la trace, et c'est une des raisons pour lesquelles nous avons cru devoir entrer dans ces quelques détails (1).

(1) Un conseiller général de l'Oise demandait dans le journal de M. Ternisien, de Boulogne-sur-Mer, *le Farceur*, très répandu dans nos campagnes, pourquoi les producteurs Boulonnais gâtaient leur métier en laissant à d'autres les gros bénéfices résultant des prix élevés auxquels se vendent les chevaux de service ou les étalons? — Pourquoi ils laissaient partir de leurs cantons les plus beaux spécimens de la race? — Pourquoi ils consentaient à l'impôt prélevé par les intermédiaires? etc.

Cette question, il faut le reconnaître, trouvait quelque écho au moins dans un certain public.

Aux doutes suggestifs soulevés ainsi dans l'esprit de nos éleveurs, il n'a pas été répondu;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nous estimons tout simplement qu'il y a toute une catégorie d'éleveurs, et c'est la majorité, qui ne peuvent et ne doivent s'exposer aux mécomptes de ces expérimentations. C'est des intérêts de celle-là que nous nous préoccupons; quant aux autres, libre à eux de tenter des aventures; nous sommes même toujours heureux de voir entreprendre des expériences, mais c'est là un terrain où il est dangereux d'entraîner les masses.

Le lecteur qui nous a suivi sait de reste que cette affirmation n'est pas fondée sur de simples préférences ou sur l'admiration des choses du passé, *laudator temporis acti*, mais sur l'observation minutieuse des faits, sur l'étude de l'adaptation la plus complète au sol des meilleures méthodes de travail et sur les avantages que, toujours et partout, la division du travail a apportés dans toute industrie.

Ces résultats peuvent-ils être améliorés ? — Ce n'est pas douteux. Nous nous contentons, pour aujourd'hui, d'affirmer que les méthodes fondées sur les nécessités locales ne peuvent être transformées, et que les termes de la question ne peuvent être renversés.

De quelles améliorations la production et l'élevage sont-ils susceptibles ? Cela constitue une autre face de la question, qui n'entre pas dans le cadre que nous nous sommes tracé, mais que nous aborderons volontiers dans une autre étude.

Il nous reste, pour remplir notre programme, à envisager, dans une dernière partie, l'influence que de nouveaux éléments peuvent exercer sur la question qui nous occupe.

III

Les *desiderata* que nous avons indiqués se résument, on peut s'en rendre compte, moins par des modifications désirables dans les méthodes employées que par la constatation du malaise qui éprouve l'élevage.

d'un autre côté, nous retrouvons d'autres traces du même courant d'idées. Cette fois, ce n'est plus dans la bouche des profanes, mais d'hommes du métier.

Dans un discours prononcé dans un concours agricole, un rapporteur aspire, avec un certain lyrisme, après « l'époque où les producteurs boulonnais cesseront d'aller rechercher dans les cantons d'élevage (le Vimeu) les jeunes produits comme ceux exposés au présent concours, et en attendant, dit-il, que l'*élevage du cheval boulonnais soit compris dans son pays d'origine.*

Il paraît qu'on attendait après cet inventeur breveté pour comprendre l'élevage. Ce n'est pas tout : pour insister sur l'idée, et bien montrer qu'on veut entrer dans une voie nouvelle, un autre membre de la même société est venu apporter sa pierre, ou plutôt son pavé, car celui-ci veut assommer ses contradicteurs.

Il y apporte plus de détails, et tranche définitivement la question en engageant ses collègues à rompre avec des pratiques *d'une autre époque*. Il y ajoute, à l'adresse *des hommes se disant dévoués à l'agriculture* et qui ne partagent pas son opinion, des insinuations aussi gratuites que peu obligeantes, se bornant du reste à citer l'exemple exceptionnel du regretté M. Lecat auquel sa situation de propriétaire et de praticien émérite pouvait permettre de se livrer à des expérimentations; l'auteur ajoute, du reste, qu'il eut aussi ses déceptions (1).

(1) *France du Nord* de Boulogne-sur-Mer, n° du 24 octobre 1894. Compte rendu de la Société agricole.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ce malaise est le même que celui qui pèse sur toutes les autres branches de l'agriculture.

Rendez à cette grande et principale source de la richesse en France la prospérité et la stabilité dont elle a besoin, et les cultivateurs seront les premiers à faire les sacrifices nécessaires pour mettre la production à la hauteur des besoins.

Le producteur apportera plus de soins et plus de valeur dans ses remontes, sans être obligé de bouleverser les traditions.

Au premier rang de la campagne économique à poursuivre, nous plaçons le développement et l'encouragement des entreprises industrielles qui mettent en œuvre des produits de notre sol. Que ces industries : distilleries, sucreries, féculeries, huileries, etc., soient dotées d'un régime analogue à celui qui leur a permis de prendre un si prodigieux développement à l'étranger, au lieu d'être considérées comme des revenus purement fiscaux.

Et si nous envisageons spécialement ce moyen de relèvement, c'est d'abord en vue de l'emploi plus répandu des engrais, du perfectionnement de l'outillage. de l'augmentation des rendements que comportent les cultures industrielles, par conséquent, pour obtenir dans le progrès agricole une marche plus rapide.

Ensuite c'est parce que nous savons de source certaine que cette voie est la plus utile aux régions avec lesquelles nos éleveurs entretiennent des relations d'affaires.

Ce sont là, en effet, les ressources principales des cantons éleveurs dont nous avons parlé à raison de leur constitution physique spéciale, et c'est parce que nous avons intérêt à leur prospérité pour continuer avec eux les rapports traditionnels que nous avons exposés que nous souhaitons une action énergique de tous les amis éclairés de l'agriculture dans le sens que nous indiquons.

On comprendra alors encore mieux combien il est précieux d'avoir une clientèle fidèle, venant acheter sur place nos produits; et qu'il ne faut rien faire qui puisse entraver ces pratiques commerciales séculaires et éloigner ces acheteurs.

Cette attention vers le marché intérieur doit être, pour les producteurs boulonnais comme pour les éleveurs de la circonscription des haras de Compiègne, (six départements au nord de la Seine) la grande préoccupation, aujourd'hui surtout qu'il faut moins compter sur l'exportation à l'étranger, sur laquelle on pouvait encore, il y a quelques années, faire quelque fondement, notamment en ce qui concerne le marché des États-Unis (1). (Voir en note les chiffres d'exportation et d'importation depuis 1886.)

(1) Valeurs en quantités. — 9 premiers mois. — Importés.

	1894	1893	1892	1891	1890	1889	1888	1887	1886
Importations.	19 292	14 284	14 372	15 795	13 687	13 831	13 675	10 631	12 627
Exportations.	17 770	17 172	16 687	19 434	24 103	29 863	32 299	27 634	19 803

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il ressort en effet, des statistiques et des rapports de nos agents consulaires, que brusquement ce débouché s'est trouvé fermé au commerce des éleveurs français.

Les causes en sont multiples; sans pouvoir nous y appesantir longuement, j'en citerai une, qui me paraît des plus intéressantes à faire connaître, et qui m'a été communiquée obligeamment par notre représentant à Chicago, M. Bruwaert, consul de France, dont la vigilance pour nos intérêts commerciaux est bien appréciée.

D'après ces renseignements, l'emploi des chevaux de trait directement importés de France ou issus de croisements dans le pays était principalement affecté pour les transports dans l'intérieur des villes. Les nombreuses compagnies de tramways, en outre, en possédaient un grand nombre. Or, la transformation incessante de la traction animale par la traction électrique ou funiculaire a, du jour au lendemain, versé sur le marché un nombre considérable de chevaux de trait, apportant ainsi une grande perturbation, et entravant les importations déjà diminuées par la production locale devenue considérable.

Pour citer quelques chiffres, la Compagnie de Tramways Sud de Chicago s'est dépouillée en une fois de 3 000 chevaux formant sa cavalerie. Actuellement, la Compagnie Nord dispose de 8 000 animaux par suite de sa transformation en funiculaires. Pareil mouvement se produit dans les autres grands centres.

Nous avons encore d'autres raisons de penser à améliorer nos débouchés sur le marché intérieur.

En effet, il faut, en matière commerciale, compter avec l'évolution naturelle que comportent les besoins nouveaux et la transformation des produits qui en résulte, alors que les facteurs de production, le sol, le climat, le milieu physique restent les mêmes.

Sous ce rapport, nous sommes heureux de signaler la communication faite à la Société nationale d'Agriculture par M. Lavalard, directeur du service de la cavalerie de la Compagnie des Omnibus, auquel nous savons gré de tenir le public spécial au courant des grands intérêts de l'élevage français.

Il s'agit (séance du 19 décembre 1894) des premiers essais de réquisitions faits pendant les manœuvres de 1894 pour la formation du 25e régiment de dragons à Compiègne et pour le 61e de chasseurs à Limoges, d'après le rapport détaillé de M. Cagny, vétérinaire à Senlis.

« Malgré leur hétérogénéité, les chevaux se sont bien comportés, les chevaux des paysans surtout ont mieux supporté les fatigues de la mobilisation que ceux prétendus de luxe ou de demi-luxe. Les chevaux communs, ceux-là mêmes qui s'éloignaient le plus du type de la selle, sont revenus en meilleur état que les autres. Tous les chevaux, à quelques exceptions près, n'ont fait aucune difficulté

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

au dressage et à l'entraînement. Ils ont évolué facilement, mieux qu'on ne s'y attendait.

« Les blessures ont été excessivement rares. »

M. Lavalard fait à ce sujet les réflexions suivantes :

« Cependant, on peut convenir que ces résultats, pour les deux régiments de cavalerie de réserve, sont bien éloignés des idées émises par la remonte de l'armée et par l'administration des haras. Que deviennent les théories qu'elles défendent concernant la production du cheval de guerre? M. Cagny, dans sa communication, fait un éloge très juste du cheval à deux fins. Il cite l'exemple des Anglais. Vous vous rappelez que, plusieurs fois, j'ai attiré votre attention sur l'élevage de nos voisins au point de vue de leurs chevaux dénommés cob, hunter, hackney, demi-poney, etc., qui se signalent toujours par un peu de gros, et des formes qui paraissent communes, avec une certaine énergie et une grande légèreté pour franchir les obstacles.

« N'est-ce pas là les qualités du cheval français, et cette nouvelle expérience n'a-t-elle pas démontré que les dernières campagnes, surtout celle de Crimée, ont prouvé que le cheval à deux fins français est apte au service si dur de la guerre, malgré la défaveur dont il jouit parmi les officiers de remonte. »

Il résulte, selon nous, de cette communication, un fait nouveau à mettre en relief, et qui vient corroborer notre manière de voir sur l'importance de plus en plus grande qu'il faut attacher à développer le débouché intérieur du marché français.

En effet, le cheval à deux fins dont il est ici question est bien celui qui répond au type le plus en rapport avec les besoins actuels, tant commerciaux qu'agricoles et militaires.

La voie suivie jusqu'ici pour les remontes en chevaux de sang, et de demi-sang, avec excès d'innervation et sans musculature suffisante, a donné plus de déboires et de déceptions que de profits.

L'administration des haras, en introduisant le cheval de trait, depuis 1874, dans ses établissements n'a pas encore donné à cette mesure tout ce qu'on est en droit d'en attendre. Les résultats peuvent être décuplés par l'achat d'un plus grand nombre de reproducteurs et par l'extension des stations, en livrant, suivant les pays, l'étalon plus à même de produire le cheval étoffé dont nous parlons.

Mais c'est surtout l'initiative privée qui doit tenir compte de ces exigences nouvelles.

Dans un rapport à la Société des Agriculteurs de France, nous avons déjà dit tout le bien que nous pensions de la fondation du Stud-Book du Norfolk Compiègne, dans le but de produire le cheval à deux fins, en prenant la jument boulonnaise comme reproductrice, avec des étalons sélectionnés en vue du but à atteindre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

C'est la méthode la moins hasardeuse, et celle qui donnera le plus rapidement des résultats.

La loi de 1884 sur les syndicats agricoles apporte un autre élément nouveau sur lequel il faut compter.

En effet, cette préoccupation de l'écoulement des produits, qui est celle de tous les producteurs et éleveurs, est plus spécialement du ressort de l'association.

Des associations formées dans un but analogue, et qui sont prospères ailleurs, doivent servir d'exemple.

Les syndicats qui offrent de précieux avantages aux intéressés pour leurs fournitures ont une tâche encore plus importante et plus nécessaire : c'est la vente des produits.

Il leur appartient plus spécialement de faire la publicité dans les milieux où elle peut être utile, de créer ainsi de nouveaux débouchés, et de mettre les acheteurs directement en rapport avec le producteur ou l'éleveur en supprimant ainsi les intermédiaires dont on peut se passer.

Le syndicat agricole du Boulonnais a déjà eu l'occasion de rendre quelques services de cette nature en se chargeant d'achats de chevaux pour le compte de clients étrangers au pays ; tout récemment encore, il effectuait l'envoi d'un lot assez important de poulains en Turquie.

Qu'il s'agisse du marché français ou du marché extérieur, nul doute que des opérations de ce genre ne puissent se développer davantage.

Mais il est nécessaire que les intéressés fassent de ces institutions leur propre affaire, et y prennent une part réelle.

Autrement, s'ils se contentent d'y donner une adhésion platonique et en abandonnent la direction à un très petit nombre de personnes qui ne se sentiraient pas suffisamment soutenues, les résultats ne pourront jamais être importants.

Pour cela, répétons-le, la bonne volonté de tous est indispensable ; et, pour notre part, ainsi qu'au nom de l'association syndicale à laquelle nous appartenons, nous sommes disposés à accueillir avec la plus grande faveur les concours qui voudront bien s'offrir, les projets qu'on voudra bien nous soumettre, et à faire les recherches qui paraîtront utiles.

Pour nous résumer, nous estimons que les conditions de production de la race chevaline boulonnaise rentrent dans la loi générale qui fait dépendre ces conditions du milieu physique qui leur donne naissance.

Que la division du travail qui en résulte est en même temps un élément favorable et une facilité de l'élevage ; qu'on ne saurait donc, en thèse générale, renoncer aux méthodes établies sous ces influences et par la tradition.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Qu'au contraire, des modifications se produisent sous l'influence de besoins nouveaux, de transformations industrielles et commerciales qui sont des éléments essentiellement changeants, alors que les premiers sont immuables.

Il y a donc lieu de tenir compte de ces éléments nouveaux, surtout en ce qui concerne les débouchés; et l'association doit être, pour les éleveurs comme pour les autres producteurs, un levier dont ils auraient tort de ne pas user. Si les agriculteurs doivent entamer la lutte pour la vie, souhaitons, pour y réussir, qu'ils adoptent et pratiquent cette formule : *L'union pour la vie.*

18 Février 1895.

ARTS CHIMIQUES

Sur la consommation de houille dans le procédé de concentration de l'acide sulfurique de M. Kessler, par M. Kessler, *membre de la Societé.*

M. Sorel, dans son intéressante Revue des progrès de l'industrie chimique, publiée dans le n° de février 1895 du Bulletin de la Société d'Encouragement, évalue la consommation de houille à 18 kilos par 100 kilos d'acide sulfurique produit à 66° par mon appareil, pour effectuer la seule aspiration du gaz qui le traverse.

Il y a là une erreur très grande. Et d'abord, à première vue, n'est-il pas évident que la buse de vapeur du format de cet appareil, qui produit 5 000 kilos d'acide en 24 heures (22 heures de travail effectif à cause de l'interruption pour chargement et décrassage du gazogène), ne saurait livrer passage à la vapeur produite par cinquante fois 18 kilos de houille, puisqu'elle n'a, au plus, que 7 millimètres de diamètre dans son ouverture. Cela est incompatible avec toutes les données théoriques et pratiques.

Cette ouverture a 6 millimètres de diamètre, quand la pression de vapeur est de 5 kilos par centimètre carré; quand elle est plus faible, et risque de descendre à 4 1/2 ou 4 kilos, je l'agrandis au plus à 7 millimètres.

Prenons donc le cas le plus défavorable.

Il est très facile de répéter l'expérience suivante, qui précise exactement la consommation.

J'ai lancé dans une tonne contenant de l'eau, et posée sur une bascule, le jet de vapeur provenant de cette buse pendant que le générateur marquait exactement 5 kilos par centimètre carré, et j'ai fermé le robinet au bout de 10 minutes, la tonne étant close, et l'eau ne bouillant pas. L'augmentation de poids représentant le débit de vapeur a été de $18^{k},750$, ou, par heure, de $112^{k},500$, et, par 22 heures,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

(durée de la marche par jour) de 2475ᵏ,500, ce qui, à 6 kilos de vapeur pour 1 kilo de charbon, fait, par jour, 411 kilos, et, par suite, pour 100 kilos d'acide à 66°, représente 8ᵏ,200.

	kil.		kil.		kil.	kil.
à	7	de vapeur.	353	par jour,	ou 7 par	100 d'acide à 66°.
à	8	—	310	—	6 200	
à	9	—	275	—	5 500	
à	10	—	247	—	4 900	

d'où, pour la consommation moyenne, 6 kilos à 6ᵏ,500.

Mais, avec la buse de 6 millimètres, cette consommation est bien moindre, et encore bien moindre si la vapeur, au lieu d'être à 5 kilos, monte à 7 kilos. On peut la voir descendre ainsi à 3 ou 4 kilos de houille par 100 kilos d'acide produit à 66° (65°,5 B.).

Au contraire, elle augmente, toutes choses égales, quand la pression tombe de 5 kilos à 4 kilos et au-dessous. On en est averti par ce fait que les gaz, visibles par un carreau placé à l'entrée de l'appareil, commencent à rougir, ce qu'il importe d'éviter, autant pour économiser le combustible que pour ne pas fatiguer l'appareil. Il y a donc lieu, simplement, comme en toutes choses, de savoir se placer dans les conditions favorables, et d'éviter les pressions inférieures à 5 kilos par centimètre carré.

Il y a d'autres façons d'économiser le combustible.

L'appareil accepte l'acide venant directement des chambres de plomb à 50°, mais rien n'empêche de l'alimenter avec de l'acide préalablement évaporé à 55 ou 60° dans quelques poêles préparatoires chauffés par des tuyaux en cuivre plombés. Il produit alors le double dans le même temps, avec la même dépense de coke et de vapeur.

Enfin, on peut réduire la dépense de coke à très peu de chose, en chargeant le gazogène avec un mélange de ce combustible et de calcaire sec, la valeur de la chaux produite venant en déduction du prix du coke.

Note de la Rédaction. — A cette note, M. Kessler avait joint des lettres relatives à ce sujet, émanant de chefs d'usine et constatant la bonne marche des appareils montés par ces usines. Nous nous contenterons d'extraire de l'une d'elles, écrite par MM. les administrateurs délégués de la Société des matières colorantes et produits chimiques de Saint-Denis, le passage suivant : « Nous pouvons déclarer que M. Kessler a rempli avec nous tous les engagements de son traité, tant sous le rapport de la consommation du combustible que sous celui des rendements, et que, satisfaits de son appareil, nous lui en avons commandé un second. »

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

REVUE DES PROGRÈS RÉCENTS DE L'INDUSTRIE MINIÈRE

Par **M. A. Leproux**, *ingénieur des mines, professeur à l'École des mines de Saint-Étienne.*

Sommaire. — L'électricité dans les exploitations minérales ; traction électrique ; perforatrices ; transmissions. — Triage magnétique des minerais. — Électrolyse des solutions de cynanure de potassium provenant du lavage des minerais d'or. — Recherches faites en Angleterre sur les causes et les effets des explosions dans les houillères : expériences de MM. Hall, Clowes, Mac-Connel et Haldane. — Préparation des minerais : broyeur Gates, classeur Kolbe. — Expériences du professeur Richards sur le classement des minerais au bac à piston.

Le rôle très important joué par les conditions locales d'une part, et, de l'autre, la part considérable de la main-d'œuvre dans l'industrie des mines, contribuent à enlever le plus souvent, aux perfectionnements qui lui sont apportés dans les cas particuliers, l'intérêt qu'ils pouvaient présenter au point de vue général. Nous voudrions, dans ce qui va suivre, nous en tenir à l'exposition des progrès récents qui peuvent intéresser soit l'industrie des mines tout entière, soit une de ses branches importantes, comme l'industrie houillère : c'est ce qui explique pourquoi l'on ne trouvera ci-dessous que de très rares descriptions d'appareils ou de procédés réellement nouveaux, l'ensemble des recherches faites sur tel ou tel point présentant souvent, à notre avis, plus d'intérêt que telle ou telle découverte isolée et d'une application locale.

* * *

Il se passe peu de semaines sans que les revues techniques des divers pays publient la description de quelque nouvelle *application de l'électricité dans l'industrie minière*. Depuis quatre ou cinq années, les progrès faits dans la transmission à distance de l'énergie électrique ont plus que jamais fait rechercher les moyens d'employer cette transmission dans les mines. Ce n'est pas, d'ailleurs, que les applications de l'électricité dans les travaux souterrains ne datent que d'hier : on peut citer telle ou telle installation, celle des mines de la Péronnière par exemple, ou celle de Zauckerode, qui fonctionnent depuis plus de dix ans avec toute satisfaction ; mais ce sont des exemples isolés : il s'agit d'un ou deux appareils : treuils dans un cas, ventilateur dans l'autre, et non d'un réseau de transmissions embrassant tous les travaux et actionnant en même temps tous les moteurs de l'intérieur. Ce rôle est depuis longtemps dévolu presque partout à l'air comprimé, qui donne en somme toute satisfaction dans la plupart des cas, et qui, comme l'a fait remarquer le professeur Unwin il y a deux ans, dans un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ensemble de conférences si remarquable (1) sur les divers moyens de transmission de l'énergie, est à peu près le plus économique de tous ces moyens. Il a eu outre, sur l'électricité, l'avantage de permettre un démarrage facile dans tous les cas ; nous ne parlons que pour mémoire de sa supériorité au point de vue de l'aérage, supériorité bien surfaite d'ailleurs, car les quantités d'air comprimé qu'on envoie habituellement dans les travaux souterrains sont infinitésimales par rapport au volume d'air qui passe dans les galeries, ne fût-ce que sous l'influence de la dépression naturelle.

L'énergie électrique présente par contre d'autres avantages qui sont bien à considérer dans l'industrie des mines. En premier lieu, elle est, sans conteste, la forme d'énergie la plus commode — on peut même dire la seule pratique — à distribuer à des appareils locomoteurs. Or les frais de transport nécessités par le roulage des produits minéraux des chantiers d'abatage au point de concentration pour le traitement ou l'expédition entrent pour une part considérable dans les frais d'exploitation. Toute amélioration, toute économie portant sur le roulage se traduisent par une forte diminution de dépense. Comme les nécessités de l'aérage excluent, sauf dans des cas très exceptionnels, l'emploi des locomotives à vapeur, et que d'ailleurs ces dernières doivent généralement, pour être économiques, être lourdes, remorquer des trains chargés, et par suite ne peuvent servir que dans les galeries principales, destinées à durer longtemps, elles ne sauraient être regardées comme un mode de traction pratique pour les travaux souterrains. Il en est de même des transmissions par câbles venant du jour, si usitées en Angleterre ; on encore des treuils souterrains à vapeur; tous ces procédés de transport sont d'une installation coûteuse, et ne peuvent être employés que dans des galeries à grande section, à profil régulier et à tracé presque rectiligne, ce qui restreint beaucoup leur application et la limite à une très faible partie des travaux.

Au contraire, l'énergie électrique, pouvant être prise directement par le moteur sur un point quelconque de la transmission, s'applique à merveille à la traction mécanique, d'autant plus que les conducteurs sont beaucoup plus faciles à déplacer que des conduites d'air comprimé ou de vapeur, et se prêtent bien mieux par conséquent aux changements continuels que subissent les voies de roulage dans les travaux souterrains. Les courbes peuvent être, sans inconvénient, d'un rayon très court, le tracé aussi irrégulier que le nécessitent les circonstances; enfin, la transmission se prête à une division indéfinie, qui permet d'employer des moteurs de puissance différente pour les voies principales et pour les voies secondaires.

C'est donc principalement pour les transports que l'emploi de l'électricité

(1) Voir *Engineering* de janvier, février et mars 1893.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans les mines se développe, et le nombre d'installations récentes de traction électrique est considérable. En France, il faut citer les mines de Marles (1), où des locomotives électriques fonctionnent depuis 1890 d'une manière régulière, en réalisant une économie de 50 à 65 p. 100 sur la traction par chevaux. En Belgique, aux charbonnages d'Amercœur, des locomotives marchant à l'aide d'accumulateurs (2) sont en usage depuis 1893, malgré le désavantage qui paraît résulter, à première vue, de l'emploi d'accumulateurs pour la traction sur les voies de mines, forcément difficiles à établir et à entretenir. Il est vrai qu'on supprime ainsi les difficultés d'établissement et d'entretien des transmissions, sur lesquelles nous reviendrons. Quoi qu'il en soit, l'exemple d'Amercœur est le seul, à notre connaissance, où l'on emploie des accumulateurs pour la traction souterraine, et il doit être considéré comme isolé.

Aux États-Unis, les installations de traction électrique dans les mines se multiplient à l'envi, surtout depuis l'exposition de Chicago. Ces installations se ressemblent beaucoup entre elles : le véhicule moteur, pesant de 3 à 10 tonnes, porte une dynamo réceptrice de 10 à 15 chevaux, actionnant deux ou trois essieux par l'intermédiaire d'engrenages ; le courant est pris sur un fil ou un rail en tenant lieu, et le retour se fait soit par la voie, soit par un second conducteur. De semblables moteurs peuvent remorquer, sur des voies à pentes maxima de 4 à 8 p. 100, des trains de wagonnets dont le poids brut peut aller de 10 à 30 tonnes.

Ainsi, au point de vue purement mécanique, les moteurs actuellement usités se plient à toutes les nécessités de l'exploitation, et ils permettent de remplacer la traction animale dans les galeries secondaires. A ne considérer que le moteur, le problème de la traction électrique dans les mines peut donc être envisagé comme résolu, et il l'est en fait dans un grand nombre de cas.

Mais pour qu'un mode de transport d'énergie soit avantageux, il faut qu'il s'applique à tous les appareils de la mine qui nécessitent l'emploi d'un moteur, sans quoi il faudrait employer conjointement une autre distribution de force motrice ; et c'est là un des obstacles qui ont retardé l'emploi de l'électricité dans les mines. En effet, l'énergie électrique est généralement recueillie au moyen de dynamos. Tant qu'il s'agit, par conséquent, d'actionner des machines d'un démarrage facile, et pouvant prendre leur mouvement sur un arbre à mouvement rapide et régulier, aucune difficulté ne se présente. C'est dire que l'électricité s'applique aisément à la commande des ventilateurs et des pompes centrifuges. — S'il s'agit de treuils ou de pompes, il y a une certaine complication provenant des difficultés de démarrage: on peut y remédier en n'embrayant la dynamo sur l'arbre de la machine qu'après la mise en marche; et, dans ce cas

(1) *Bulletin de la Soc. de l'Industrie minérale*, 3e série, t. VIII.
(2) *Ibidem* et *Annales des Travaux publics de Belgique*, 1894.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

encore, l'emploi des dynamos est relativement aisé. Mais lorsqu'il s'agit d'instruments servant à l'abatage : haveuses, perforatrices rotatives et surtout perforatrices à choc, l'emploi de l'énergie électrique devient moins avantageux. Les haveuses et les perforatrices rotatives opérant dans des couches régulières et homogènes ont un travail assez facile, et se prêtent encore à la commande par dynamos. Telles sont les haveuses Jeffrey (1), employées principalement aux États-Unis; Clarke, usitées en Angleterre (2), Goolden, van Depoele; les perforatrices rotatrices Jeffrey, Siemens et Halske (3), etc. Les premières, dont l'outil est constitué par des dents montées sur un arbre tournant sur un disque ou sur une chaîne sans fin, comportent une dynamo de 5 à 15 chevaux, suivant la puissance de l'appareil, et reliée à l'outil par une série d'engrenages, ou encore par un joint flexible qui permet de rendre la position du moteur indépendante de celle de l'outil dans une certaine mesure (perforatrice Siemens). Le joint flexible présente l'avantage de rendre la dynamo moins sensible aux chocs et aux variations de la résistance que rencontre l'outil.

Quant aux perforatrices à percussion, on conçoit que l'emploi de l'énergie électrique pour leur commande rencontre de sérieux obstacles. Cependant, dans ces dernières années, on a construit des perforatrices à percussion qui méritent d'être examinées, et qui prendront probablement bien vite leur place dans les exploitations.

Elles peuvent se ranger en deux classes.

Le principe des premières dérive d'une idée déjà appliquée dans certaines perforatrices percutantes à main, c'est-à-dire où la puissance est continue et limitée : ce sont les perforatrices à ressort de percussion. La haveuse Michaelis est de ce genre : le fleuret est maintenu par deux ressorts antagonistes inégaux; l'un, assez faible, ne sert que d'amortisseur; l'autre est destiné à produire le choc, et, pour cela, sa tension peut aller jusqu'à 2 200 kilogr. C'est cette tension qui est produite par la rotation d'une dynamo agissant sur une came hélicoïdale dont l'axe est parallèle à celui de l'outil. Arrivé au fond de sa course, l'outil est déclenché et donne un coup; puis la dynamo le ramène en arrière, et ainsi de suite. Cet appareil donne 120 coups à la minute, et pèse 400 kilogr.

D'autres du même genre, comme la perforatrice Siemens à percussion, sont encore commandées directement par la dynamo réceptrice, au moyen d'une manivelle reliée à l'arbre et agissant sur l'outil; le bouton de manivelle glisse dans une coulisse qui permet la transformation du mouvement circulaire uniforme en mouvement rectiligne alternatif. Cette commande ne donnerait lieu à aucun choc si l'outil était en connexion immédiate avec la dynamo ; mais il est

(1) *Bulletin Soc. Ind. Min.*, 3e série, t. VIII.
(2) *Colliery Guardian*, 4 mai 1894.
(3) *L'Eclairage électrique*, 5 janvier 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

porté par un châssis formant glissière, et auquel il est fixé par deux ressorts antagonistes, de telle sorte qu'il est lancé à chaque tour, puis ramené en arrière, et a ainsi une course notablement plus grande que celle du bouton de manivelle.

La seconde catégorie de perforatrices à percussion, et la plus nombreuse d'ailleurs, est construite d'après un principe tout différent. On y utilise, pour produire le mouvement de l'outil, les propriétés des solénoïdes ou des électro-aimants; les oscillations sont déterminées par un commutateur qui fait passer le courant alternativement dans divers circuits enroulés, ou encore par les alternances du courant lui-même. La disposition des circuits est très variable : tantôt les circuits ont un noyau creux, à travers lequel passe le prolongement en fer doux de l'outil; tantôt l'outil porte un plateau de fer doux qui est attiré par deux couronnes d'électro-aimants placées en avant et en arrière; dans certains appareils enfin, l'outil lui-même porte un électro-aimant, afin de donner plus de puissance aux chocs.

Telle est l'une des perforatrices les plus récentes : la perforatrice Thomson-Houston dont nous donnons une coupe (fig. 1 à 4). Le bâti porte deux noyaux en fer doux DD, autour desquels s'enroulent deux bobines recouvertes d'une armature également en fer doux, H. L'outil porte, de son côté, une bobine T montée, sur le noyau J, et très solidement cloisonnée, ce que les chocs rendent nécessaire. Les bobines C et C' reçoivent des courants continus; la bobine T reçoit un courant alterné.

Dans ces appareils, les alternances peuvent être produites par un commutateur manœuvré par l'outil. Ce système est préférable à l'emploi pur et simple de courants alternatifs passant dans un même circuit; l'ouvrier est ainsi plus maître de son outil, il peut en régler la course et la puissance à sa volonté, ainsi que le nombre des coups. De plus, les alternances des courants alternatifs sont généralement trop fréquentes, et donneraient lieu à un trop grand nombre de coups par minute : plus de 500 en général, tandis que, pour arriver à produire un effet utile, il ne faut pas dépasser 200 à 300 coups par minute sous peine de voir l'intensité des chocs tomber trop bas. C'est là d'ailleurs la critique fondamentale que l'on peut adresser à ces appareils : la plupart des types existants nous paraissent n'avoir qu'une puissance très limitée, ne permettant guère de les employer avec succès au percement des trous de mine dans les roches dures.

Sous cette réserve, les applications mécaniques de l'électricité à l'exploitation des mines sont, en somme, assez complètes à l'heure qu'il est (1), pour que la plupart des appareils usités puissent être commandés par une transmission d'énergie électrique, à l'exclusion de l'air comprimé ou de la vapeur.

(1) Une nomenclature assez complète des applications mécaniques de l'électricité dans les mines a paru dans le n° du 15 janvier 1895 de la *Revue générale des Sciences*, nous y renvoyons le lecteur. Voir aussi *La Lumière Electrique*, 26 janvier 1894, p. 169.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

C'est dans la distribution même qu'ont résidé longtemps certaines difficultés toutes spéciales à ce mode d'emploi de l'énergie électrique : à savoir la nécessité d'un isolement beaucoup plus parfait que dans les transmissions à la surface, et cela pour trois raisons : la présence d'eaux corrosives de nature à détruire les conducteurs; le contact possible avec les personnes ou les animaux circulant dans les galeries; enfin et surtout, dans les mines grisouteuses, la production d'étincelles pouvant amener des accidents.

La première de ces considérations a conduit à adopter, pour les conducteurs

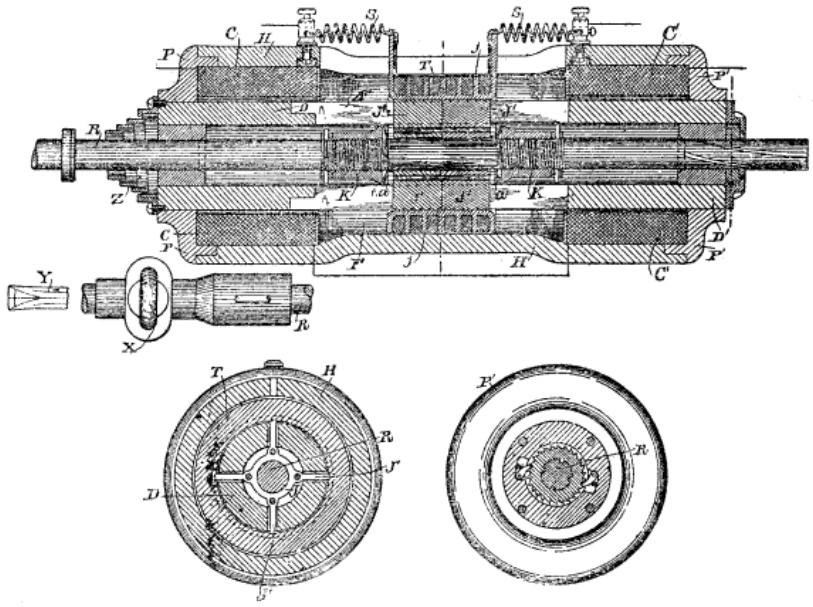


Fig. 1 à 4. — Perforatrice électrique *Thomson-Houston*.

CC', bobines enroulées entre les noyaux D et D', à fonds P et P', et l'enveloppe également en fer doux H, induisant en FF des champs magnétiques intenses et en opposition de chaque côte de la bobine en fer T, à enroulement solidement cloisonné J, fixée par une étoile J' au fleuret R, au moyen d'écrous K_1, K, à ressorts *aa*. A chaque coup du fleuret, la prise de ses hélices sur les cliquets de l'une des armatures D'_2 la fait tourner d'un pas. Au retour, le lancé du fleuret est amorti par un ressort *z*.

proprement dits, des isolants plus épais que dans les autres cas. On a, de plus, revêtu d'enveloppes étanches toutes les parties du réseau qui habituellement sont à l'air libre, c'est-à-dire les commutateurs, les bornes, et enfin les appareils eux-mêmes, dont le moteur est toujours complètement renfermé dans l'intérieur d'une caisse en fonte parfaitement imperméable. De cette manière, on a constitué un matériel de mines résistant à l'humidité et pouvant même être immergé sans inconvénient, comme certaines pompes américaines.

Le danger d'accidents arrivant aux êtres animés, par suite de la proximité forcée où ils se trouvent des conducteurs, peut être complètement écarté par l'em-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ploi d'un voltage assez bas; on dépasse rarement 300 ou 400 volts; dans ces conditions l'isolement est toujours suffisant pour prévenir les contacts.

Quant à la production d'étincelles, on peut dire qu'elle est l'obstacle qui prohibe jusqu'à ce jour l'emploi de l'électricité dans les mines grisouteuses. Il faut remarquer cependant que de sérieux efforts ont été faits pour parer à ce danger, et que l'on pourra dans peu considérer la question comme tout aussi bien résolue que celle de l'éclairage ou des explosifs.

Il peut se produire de deux manières des étincelles de nature à enflammer les mélanges explosifs : au contact des conducteurs mobiles et des conducteurs fixes, ou au contact accidentel de deux conducteurs se rencontrant ou se rompant.

Le premier cas comprend celui des commutateurs des dynamos; l'enveloppe rigoureusement étanche dont on les environne constitue une garantie de sécurité déjà très sérieuse. On a proposé de rendre cette mesure plus efficace encore en remplissant de temps à autre les vides intermédiaires, réduits à leur strict minimum, avec un gaz inerte. L'emploi des moteurs à champ tournant fournit, par la suppression des balais, une solution meilleure; elle a cependant reçu, à notre connaissance, très peu d'applications dans les travaux souterrains, et les maisons qui fabriquent couramment les moteurs électriques pour l'exploitation des mines aux États-Unis (Jeffrey, General Electric C^{y}, etc.), ne paraissent pas jusqu'ici avoir cherché à tirer parti de cet avantage des courants polyphasés.

Aux contacts des prises de courant des locomoteurs sur la transmission, il est probablement difficile d'éviter la production d'étincelles; on cherche à y arriver par l'emploi de collecteurs flexibles s'appuyant très exactement sur le conducteur; un palliatif consiste à placer ce dernier au voisinage de la sole, c'est-à-dire en un point où la teneur en grisou sera toujours faible.

Quant aux étincelles provenant des câbles, notamment aux étincelles d'extra-courant, on a proposé divers procédés qui ont tous pour but de produire l'interruption du courant avant que la rupture du câble soit complète. Dans le câble Atkinson, assez employé en Angleterre, les conducteurs sont au nombre de deux, l'un intérieur à l'autre, et formé d'un fil mince, enroulé en spirale, de sorte que la rupture du conducteur extérieur ne produit pas celle du fil intérieur, qui reçoit alors, pour un moment, tout le courant. Il en résulte la fusion d'une partie de ce conducteur, et l'interruption du courant. Le câble Felten et Guillaume, plus récent, est aussi plus simple; il se compose encore de deux conducteurs concentriques, tous deux cylindriques; mais le conducteur intérieur est un fil d'acier mince et cassant; lorsque le câble est distendu, ce fil se brise avant le fil de cuivre extérieur, et un jeu d'électro-aimants interrompt le courant total. On évite ainsi, beaucoup plus sûrement qu'avec le câble Atkinson, la production d'étincelles d'extra-courant; ou, du moins, on les oblige à se produire à l'intérieur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du conducteur de cuivre et avant que l'atmosphère soit en contact avec le fil d'acier.

Tel est, dans ses grandes lignes, l'état de la question. On voit que si l'emploi de l'électricité comme agent moteur dans les mines n'est pas encore courante, cela tient beaucoup à des difficultés de détail et d'espèce, dont la solution n'est plus guère qu'une affaire de temps.

***

Il existe deux autres applications de l'énergie électrique dans l'industrie minérale, auxquelles on accorde depuis quelques années une attention de plus en plus grande : c'est d'une part l'usage des *trieurs magnétiques* pour séparer les composés du fer des autres produits; en second lieu, l'*électrolyse*.

L'idée d'employer les aimants ou les électro-aimants dans la préparation mécanique des minerais de fer n'est pas récente; seulement, jusqu'à ces dernières années, elle n'a guère été réalisée que pour effectuer le triage des minerais de fer magnétiques naturels. Depuis peu, on étend cette application aux minerais de fer non magnétiques, en leur faisant subir au préalable un grillage réducteur qui les amène à l'état d'oxydation nécessaire. Mais il est assez rare que les minerais de fer justifient une semblable opération. C'est surtout dans la purification d'autres minerais que le triage magnétique paraît devoir trouver son application la plus naturelle. La présence du fer rend difficile et coûteux le traitement métallurgique de certains minerais, et il est d'ailleurs souvent malaisé de le séparer par les procédés ordinaires de la préparation mécanique, à cause de l'état de mélange intime où se rencontrent souvent les espèces minérales à traiter, et du voisinage des densités.

C'est dans le traitement des minerais de zinc que le triage magnétique est employé avec le plus de succès depuis quelques années. Ces minerais se trouvent en effet fréquemment, pour ne pas dire toujours, mélangés à des composés ferrugineux : la blende est intimement mélangée à de la pyrite ; les silicates et carbonates de zinc contiennent des produits ferrugineux oxydés : carbonates ou oxydes. Un grillage oxydant dans le premier cas, légèrement réducteur dans le second, amène le fer à l'état d'oxyde magnétique que l'on peut ainsi séparer.

Les trieurs employés sont généralement formés par des électro-aimants rayonnant à partir d'un axe; le minerai à trier tombe sur la partie supérieure, et des brosses viennent enlever ce qui adhère aux aimants. Mieux encore, un commutateur convenablement disposé peut produire l'interruption du courant pour une certaine position, et l'appareil laisse tomber ce qu'il a retenu jusque-là.

De ce genre sont les trieurs employés à Monteponi (Sardaigne) (fig. 5 à 8). Il s'agissait, dans ces usines, de traiter un mélange tenant 26 p. 100 de silicate de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

zinc et 10 p. 100 d'oxyde de fer hydraté (limonite, ocre, etc.). Ce mélange était précédemment sans valeur, à cause de l'impossibilité de séparer les deux minerais. En opérant un grillage réducteur en présence d'une certaine quantité de charbon finement pulvérisé, on obtient le fer à l'état d'oxyde magnétique. Pour

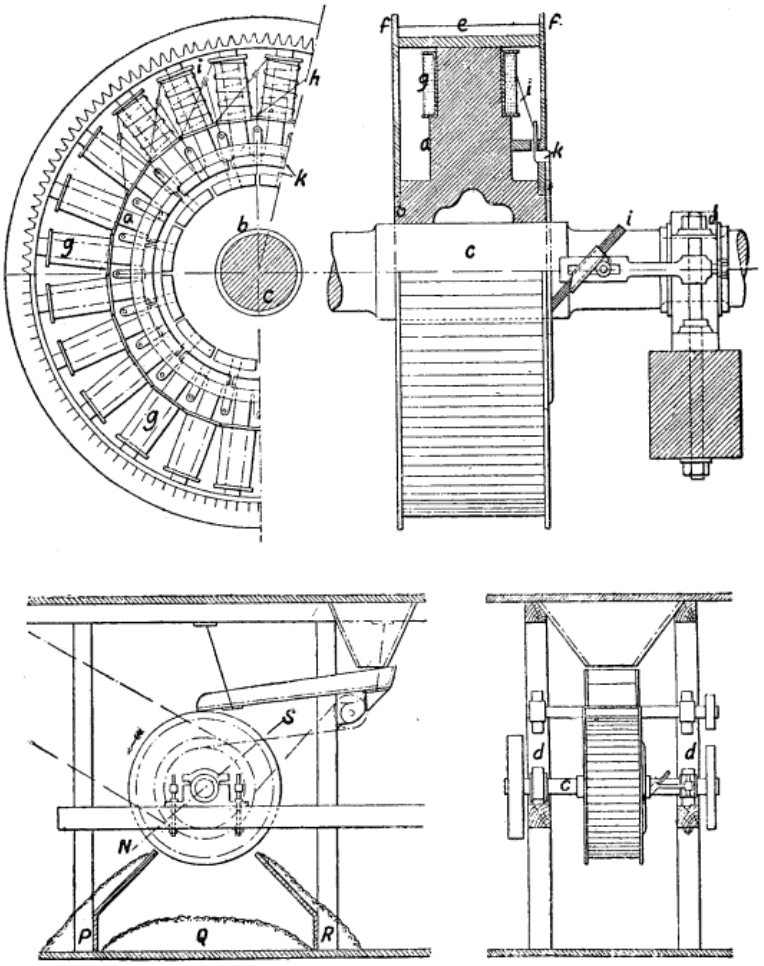


Fig. 5 à 8. — Trieurs électro-magnétiques de Monteponi.

cela, le minerai est d'abord réduit, au broyeur, en fragments de moins de 5 millimètres. Il est ensuite passé dans des fours tournants formés par des cylindres de $9^{m},50$ de long et de $1^{m},40$ de diamètre, peu inclinés sur l'horizontale, et fonctionnant d'une manière continue.

Le produit est alors envoyé aux trieurs. Ceux-ci sont formés de bobines disposées radialement, toutes enroulées de même, le fil étant relié entre deux bobines successives en *i*, à une touche *k*, placée sur la face latérale de la roue. Les touches

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

empiètent les unes sur les autres, de manière que deux touches successives soient toujours en contact avec les balais *i*, qui font passer le courant à travers l'appareil. Ces deux balais étant diamétralement opposés, on comprend que le courant va se partager en deux dérivations égales, divisant la série de bobines en deux, les unes présentant à l'extérieur un pôle nord, les autres un pôle sud. Les deux séries seront toujours séparées, grâce à la disposition des touches, par deux bobines dont l'aimantation sera nulle, et dont la position ne dépend que de celle des balais, que l'on peut régler dans une certaine mesure.

L'appareil ainsi construit est placé au-dessous de la trémie où arrivent les produits grillés. En contre-bas, se trouvent deux plans inclinés; le premier, P, reçoit les minerais non magnétiques, c'est-à-dire le minerai de zinc; le second R, placé immédiatement avant le point où l'aimantation devient nulle, reçoit les particules de minerai magnétique. Quant à l'espace intermédiaire Q, il se remplit de produits mixtes, insuffisamment magnétiques pour adhérer jusqu'au bout, et destinés à être renvoyés au broyage.

L'appareil fait 12 à 20 tours par minute. Le courant a une intensité de 6 ampères et un potentiel de 30 volts. Un trieur peut traiter par jour 8 à 10 tonnes de minerai, pesées avant le grillage. Les résultats économiques de cet atelier, qui fonctionne depuis trois ou quatre années, sont aujourd'hui très satisfaisants; les produits séparés sont d'une grande pureté (42 à 46 p. 100 de zinc).

L'*électrolyse* est, parmi les modes d'application de l'électricité à la mise en valeur des minéraux, l'un des plus anciens ; mais il est certainement peu de procédés électrolytiques qui aient réussi aussi vite que le procédé Siemens-Halske pour l'extraction de l'or des solutions faibles de cyanure de potassium. Ce procédé, complément heureux du brevet Mac-Arthur-Forrest, auquel il tente même de se substituer, a été introduit au Transvaal, dans le courant de l'année 1894, et y a donné les meilleurs résultats. Nous avons nous-même exposé (*Bulletin* de février 1895) une analyse des deux procédés; il n'est pas encore temps d'y revenir; mais nous ne pouvions manquer de mentionner ici, pour mémoire, cet ensemble de méthodes qui marquent une étape dans le traitement des minerais aurifères, et ouvrent une voie nouvelle aux possesseurs de tous les gisements d'or. C'est seulement en 1891 que la cyanuration, avec précipitation par le zinc, a été, pour la première fois, employée au Witwatersrand, où, jusqu'alors, on se contentait de l'amalgamation, complétée en quelques points par la chloruration. Deux ans plus tard, en 1893, sur 1478000 onces d'or que produisait le Transvaal, 330000 environ étaient obtenues par le procédé au cyanure; en 1894, la proportion augmentait encore. L'électrolyse est venue combler une lacune, en permettant de traiter les solutions très faibles, ce qui présente de grands avantages économiques; la consommation de cyanure étant ainsi réduite à son minimum. On espère beaucoup

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du procédé Siemens-Halske pour tirer parti des schlammes qui, jusqu ici, n'ont pu être débarrassés de l'or qui y reste inutilisé.

Le traitement des minerais aurifères par le cyanure est d'ailleurs probablement loin d'avoir reçu toutes ses applications. Au Transvaal, il s'agit de minerais spéciaux, mieux appropriés que d'autres à la cyanuration; mais aujourd'hui les réactions auxquelles ils donnent lieu ont fait mieux connaître le mécanisme du traitement et ont permis de transporter la cyanuration dans d'autres pays. C'est d'abord en Nouvelle-Zélande, puis en Australie, que des ateliers se sont élevés; enfin, on entreprend d'utiliser l'expérience acquise au Transvaal sur les minerais variés de l'Union américaine, notamment dans l'Utah, le Colorado et la Californie (1). De ces essais sortiront sans nul doute un ensemble de méthodes où l'électrolyse est, croyons-nous, appelée à jouer un rôle prépondérant en raison de l'avantage des solutions faibles. C'est donc là une application de l'électricité qui est loin d'être négligeable.

D'ailleurs, tout ce qui touche à l'extraction de l'or de ses minerais prend depuis une ou deux années une importance toujours plus grande, et on peut considérer l'accroissement actuel de la production de l'or dans le monde comme l'un des faits capitaux de l'industrie minière en 1894. L'Afrique, qui ne produisait que quelques millions il y a dix ans, a produit 170 millions d'or en 1894; la Guyane augmente également sa production tous les ans et atteint 25 millions; en Australie s'ouvrent à l'activité des explorateurs de nouveaux champs d'or, particulièrement dans la partie occidentale de ce continent, si peu connue encore, si déserte et si aride. La Russie et les Indes figurent pour une part importante dans la production du monde, qui dépasse aujourd'hui 800 millions par an. Sans parler des conséquences économiques d'un pareil mouvement, il est intéressant de le suivre au point de vue technique, car il a chance de faire naître des perfectionnements rendant utilisables des minerais ou des résidus jusqu'ici sans valeur.

***

Les grandes catastrophes survenues dans une branche quelconque de l'industrie ont toujours pour résultat de provoquer de nombreuses études dont généralement on peut tirer des conclusions utiles pour l'avenir. C'est à ce genre de causes qu'il faut rattacher les recherches de toute espèce qui se sont poursuivies en Angleterre, pendant le courant des dernières années sur les causes des *explosions dans les houillères*, sur les moyens de les prévenir, etc. Il y a eu, certainement, de ce côté, en dehors des travaux qui se font journellement dans tous les pays sur la question, un mouvement qui a abouti à des résultats de nature à éclairer les ingé-

(1) *The cyanide process, its practical application and economical results*, Dr A. Scheidel, Sacramento, State Office, 1894.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nieurs sur le mécanisme des explosions, et par conséquent sur les meilleures mesures à prendre pour en éviter le retour.

Parmi les études faites, celles qui ont eu sans contredit le plus de retentissement, en raison peut-être surtout du caractère officiel de leurs auteurs, sont les expériences de la Commission royale, instituée en 1891 pour rechercher l'influence des poussières de houille dans les explosions. Ce n'est pas d'hier que l'importance du rôle des poussières dans ce genre d'accidents est parfaitement reconnue. Les expériences de MM. Galloway (depuis 1870), Hall (1876), Mallard et Le Châtelier (1882), de sir Frederic Abel, de la Commission prussienne (1884), jointes à divers faits constatés au cours d'enquêtes sur tel ou tel accident, ont prouvé surabondamment que les poussières soulevées dans l'atmosphère d'une mine peuvent amplifier une explosion de grisou et aider à sa propagation. Mais les poussières seules peuvent-elles, en l'absence de grisou, donner lieu à une explosion ou même la propager dans des quartiers où il n'existe pas de gaz? Les avis ont été et sont encore très partagés sur ce point. La Commission anglaise des accidents de mines avait publié en 1886 des conclusions très nettes et probablement un peu exagérées, déclarant notamment que des poussières fines et sèches, même très peu inflammables, pouvaient, en l'absence de gaz, donner lieu à des explosions si un coup de mine venait à débourrer en leur présence. Afin de mieux élucider la question, une nouvelle Commission fut constituée en 1891, à l'effet de rechercher spécialement si les poussières de houille pouvaient, en l'absence de gaz combustible, produire des explosions. Cette commission a publié les résultats de son enquête à mesure qu'elle les obtenait; tout récemment, elle a recommencé sur une plus grande échelle des essais déjà faits les années précédentes par M. Hall, inspecteur royal; et le rapport qu'elle présenta au milieu de 1894 est appuyé à la fois sur les résultats de ces essais et sur divers témoignages dont plusieurs avaient été déjà publiés.

La méthode employée par M. Hall consiste, en quelques mots, à projeter dans un puits vertical une certaine quantité de poussière et à faire détoner, au moyen de l'électricité, une charge d'explosif au fond du puits. Tel est le principe. Se fondant sur ce que, pour un nombre d'expériences assez considérable (52 pour le compte de la Commission; une trentaine avant sa constitution), l'inflammation des poussières s'est produite à peu près une fois sur deux, la Commission a pensé pouvoir formuler nettement, entre autres conclusions, l'avis que les poussières peuvent, en l'absence de toute trace de grisou, produire une explosion se propageant à distance et à la seule faveur des poussières.

Ce fait paraît en effet incontestable, surtout à la suite des dernières expériences, pour lesquelles on avait choisi à dessein un puits abandonné, isolé, qu'on aérait par un courant d'air de plus d'un mètre cube par seconde, amené du jour par une colonne de tuyaux sur laquelle était monté un ventilateur. Il est évident que cet

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

air ne contenait pas de grisou, ce qui n'a pas empêché l'inflammation de se produire dans plusieurs cas et de se propager jusqu'à la bouche du puits, profond de 45 mètres et large de 2m,10, avec émission de flammes jusqu'à une assez grande hauteur. L'inflammation est donc possible; quant à l'idée de la propagation de l'explosion par les poussières seules, elle doit également être acceptée, et même il ressort de ces essais que la quantité de poussière en suspension n'a pas toujours à être très abondante pour assurer la propagation, car, dans plusieurs cas, celle-ci s'est produite après que vingt ou trente minutes s'étaient écoulées depuis le moment où la poussière avait été projetée dans le puits.

En ce qui concerne les causes d'inflammation des poussières, la Commission a cru devoir écarter l'emploi des lampes à feu nu. Sauf, en effet, un cas isolé, cité mainte fois à cause de son étrangeté, et, où deux hommes, nettoyant une trémie qui dépendait d'un atelier de préparation mécanique au jour, ont été brûlés gravement par une flamme due sans conteste aux poussières (1), il est impossible de citer un exemple certain d'inflammation de poussières seules par une lampe à feu nu. *A fortiori*, des étincelles, une mèche rouge, etc., ne sauraient produire l'explosion.

Il n'en est pas de même d'un coup de mine qui débourrre; c'est à ce cas que s'applique l'avis précité. Seulement, il importe de signaler les conditions particulièrement favorables à l'inflammation dans lesquelles les expérimentateurs s'étaient placés. L'explosif employé était de la poudre noire, quelquefois de la dynamite; cet explosif était renfermé dans un tube en acier très résistant, ce qui devait, conformément aux conclusions de la commission française des explosifs, assurer aux produits de la combustion la température la plus élevée possible. Enfin le bourrage était assez court, et fait avec de la poussière de charbon. Si, en opérant ainsi, on se rapprochait, du moins en ce qui concerne la nature de l'explosif et celle du bourrage, des conditions réalisées dans beaucoup de mines anglaises, il est clair que ces conditions sont des plus favorables à l'inflammation, et que, par conséquent, les accidents dus aux poussières seules peuvent être considérés comme ayant peu de chances de se produire dans les mines où l'on emploie des explosifs dits de sûreté, et où le bourrage est fait avec des matières inertes employées en quantité suffisante.

La Commission reconnaît d'ailleurs que les quelques expériences faites avec de la dynamite ont donné lieu à une proportion d'inflammation moins grande que la poudre noire, ce qui était à prévoir. En somme, le résumé des conclusions de la Commission. en ce qui concerne les poussières non accompagnées de gaz, c'est qu'elles peuvent s'enflammer si une certaine quantité est brusquement portée à une température très élevée, ce qui arrive précisément lorsque le jet de flamme

(1) *Transactions of the federated Institute of Mining Engineers*, 6 et 7, vol. VIII.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

produit par un coup de mine vient rencontrer un nuage de poussière. Dans ces conditions, la mise en liberté des gaz contenus dans la poussière et leur inflammation sont simultanées, et il se développe ainsi brusquement une grande quantité de chaleur qui rend possible la propagation.

La facilité plus ou moins grande avec laquelle les explosions de poussière peuvent se propager est donc en rapport étroit avec la quantité et la nature des gaz qu'elles peuvent dégager à une température donnée. Cette considération mériterait que l'on soumît à une étude approfondie les poussières provenant des différentes mines, et l'on déduirait probablement de cette étude de précieux renseignements sur les dangers qu'elles présentent. La Commission dont nous venons de parler s'est contentée de signaler que, parmi les échantillons les plus inflammables qu'elle ait étudiés, figurent ceux qui proviennent de couches tristement célèbres dans l'histoire des grandes catastrophes minières. Il y a donc des poussières bien plus dangereuses les unes que les autres, et les effets particulièrement désastreux constatés au cours de tel ou tel accident, et qu'on avait cherché autrefois à attribuer à une espèce de grisou plus mauvaise que l'espèce habituelle, sont certainement attribuables à la nature des poussières.

Ce fait nous paraît être singulièrement éclairé par des recherches récentes qui mériteraient d'être poursuivies et élargies : elles sont dues à deux Anglais, le Dr P. Bedson et M. W. Mac Connel, et sont relatives aux gaz contenus dans les poussières de houille (1).

Ces messieurs ont recueilli, dans divers charbonnages anglais très poussiéreux, des échantillons de charbon en morceaux de dimension moyenne, renfermés au front de taille même, après avoir été soigneusement brossés, dans des flacons bien bouchés.

Transportés dans le récipient d'une machine pneumatique à mercure, et chauffés à des températures croissant jusqu'à 180 degrés centigrades, ces échantillons ont mis en liberté des quantités de gaz variables, un nouveau volume de gaz étant dégagé à chaque nouvelle élévation de température, la totalité des gaz émis variant entre 60 et 200 cent. cubes par 100 grammes de charbon. Une fois l'échantillon pratiquement épuisé par un séjour de plusieurs heures dans le vide, à 130° ou 180° suivant les cas les observateurs le pulvérisaient finement et le soumettaient à un nouvel essai de même nature que le premier, au cours duquel ils constataient un nouveau dégagement de gaz très comparable au premier, du moins par son volume.

Deux conclusions importantes résultent de ces essais : la première, c'est que les poussières peuvent dégager, à une température bien inférieure à celle où commence la distillation proprement dite, une quantité de gaz notable, souvent

(1) *Transactions of the federated Institution of Mining Engineers,* vol. III, p. 307.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

beaucoup plus grande que celle que peut dégager, dans les mêmes conditions, le charbon en morceaux; la seconde, c'est que, suivant les échantilllons, la quantité de gaz produite varie du simple au quadruple. Les différences d'une mine à l'autre sont d'ailleurs bien plus accusées encore lorsqu'on envisage la composition des gaz. Celle-ci a été établie en absorbant l'acide carbonique par la potasse, l'oxyde de carbone par la solution ammoniacale de chlorure de cuivre, l'oxygène par une solution d'oxyde ferreux, les hydrocarbures non saturés par le brome ou l'acide sulfurique fumant, L'hydrogène et les carbures saturés étaient mesurés par une analyse eudiométrique, on a ainsi trouvé : d'abord, que les gaz dégagés par le charbon en morceaux n'ont pas la même composition que ceux que produit la poussière dans les mêmes conditions; ensuite, et surtout, que certaines poussières dégagent à 100° un mélange tenant jusqu'à 20 p. 100 de produits combustibles, tandis que d'autres ne contiennent que des gaz inertes et un peu d'oxygène. Ce fait est capital, et il explique sans nul doute les différences que l'expérience a permis de constater entre telle ou telle poussière. Si, dans une mine, la poussière contient de notables proportions de gaz combustibles pouvant être libérés à 100° ou 150°, une élévation brusque de température aura pour effet d'augmenter dans la zone chauffée la teneur en gaz; si d'ailleurs les gaz peuvent brûler, même sans que leur teneur soit suffisante pour qu'ils assurent à eux seuls la propagation, il pourra résulter de ce fait une élévation de température suffisante pour commencer la distillation.

Les expériences dont nous venons de résumer les résultats font perdre aux essais de M. Hall un peu de leur intérêt. En effet, au cas d'un débourrage, des poussières dégageant très aisément un gaz combustible, mises en présence d'air pur, présenteront presque autant de danger que les échantillons moins riches en gaz mis en suspension dans de l'air grisouteux. La présence d'une petite quantité de grisou, insuffisante pour produire une explosion, augmentera le danger des poussières, à la fois en favorisant le dégagement des gaz par l'élévation de température qui peut résulter de sa combustion, et surtout en augmentant la teneur de l'atmosphère en gaz combustible.

Il serait donc à désirer que, pour toute couche poussiéreuse, on fît une étude analogue à celle de M. Mac Connel. Il serait d'ailleurs nécessaire et de chercher quelle peut être la quantité de poussière qui est tenue en suspension dans un volume donné d'air, et si ces poussières n'ont pas une certaine influence sur les appareils indicateurs de grisou. Une étude de ce genre pourrait seule indiquer dans quelle mesure il est utile de prendre les précautions qui sont recommandées, et dont la plus sérieuse paraît être l'arrosage des galeries poussiéreuses. Ceci est en effet conforme aux conclusions de la Commission anglaise précitée; les essais d'inflammation ont très mal réussi dans un puits humide. Un fait typique est d'ailleurs venu corroborer cette opinion : dans une récente explo-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sion (1) survenue en juin 1894 dans la mine d'Albion, le seul quartier humide de la mine a été complètement épargné, alors que le parcours de l'explosion embrasse 6 kilom.

Cette explosion, ainsi qu'une autre presque aussi étendue survenue à Camerton Colliery en novembre 1893, a été attribuée aux poussières. Il est probable que c'est aller un peu trop loin que de n'accorder aucune part au grisou dans ces accidents. C'est la tendance actuelle en Angleterre; c'est elle qui dirige aujourd'hui toutes les enquêes et toutes les recherches. De tous côtés, on relève des cas où des poussières combustibles ont produit des explosions, et on cite ces cas à l'appui de la théorie exclusive dont nous parlons. Citons notamment, à cause de son originalité, le cas d'une explosion qui serait due à de la poussière de grahamite, survenue dans une mine où cette substance est exploitée (2).

Quelque séduisante et d'ailleurs justifiée que soit la théorie des poussières, il est à craindre qu'elle fasse oublier un peu le grisou, qui reste, après tout, la cause d'explosion la plus fréquente, même si son rôle dans la propagation des grandes explosions paraît, grâce aux recherches dont nous venons de parler, devoir être réduit à des proportions plus modestes qu'autrefois.

L'hypothèse de dégagements instantanés et considérables, de véritables volcans de grisou, par laquelle on avait voulu expliquer mainte catastrophe survenue dans une mine considérée habituellement comme peu grisouteuse, devient ainsi inutile dans le cas des galeries poussiéreuses

Ce n'est pas à dire que cette dernière hypothèse doive toujours être rejetée, et il paraît constant que, plus les mines s'approfondissent, plus la pression des gaz a chance d'être élevée. D'intéressantes expériences ont été faites à ce sujet par M. Petit, ingénieur principal de la Société des Houillères de Saint-Étienne, dans une couche où des dégagements instantanés avaient été constatés. Sans insister sur ces expériences, renouvelées d'ailleurs de celle de M. Lindsay Wood, nous dirons qu'elles ont fait reconnaître une fois de plus que le gaz renfermé dans la houille sous pression s'y trouve disséminé très irrégulièrement, et comme enfermé dans les pores de la masse : les sondages ne peuvent donc que donner des indications sur la pression, mais sont incapables de produire le drainage, comme on l'a souvent espéré (3).

Les appareils indicateurs de grisou récemment imaginés sont nombreux et variés. Nous ne parlerons que pour mémoire du forménophone de M. Hardy, connu des lecteurs du *Bulletin*, dont le principe très ingénieux n'a pas encore reçu d'application pratique; — de l'appareil de M. Chesneau (4), heureux per-

(1) *Colliery Guardian*, 10 et 24 août 1894.
(2) *American Institute of Mining Engineers, Virginia Beach Meeting*, février 1894.
(3) *Bulletin de la Société de l'Industrie minérale*, 3e série, t. VIII, 3e livraison.
(4) *Annales des Mines*, 9e série, t. II.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fectionnement de la lampe Pieler; — de l'appareil de M. Lebreton (1) pour l'application de la méthode de mesure par les limites d'inflammabilité, et nous nous arrêterons à un indicateur dû à M. Clowes, décrit au Congrès de Chicago, et expérimenté depuis lors en maintes circonstances par son inventeur, qui a publié à ce sujet quelques résultats intéressants en 1894.

Cet indicateur est (fig. 9 et 10) une lampe de sûreté brûlant de l'huile, mais pouvant aussi brûler de l'hydrogène, dont la flamme a, comme celle de l'alcool, la propriété de s'allonger dans les mélanges grisouteux. Dans ce but, à côté et très près du porte-mèche, vient monter un petit tube laissant échapper, à la naissance

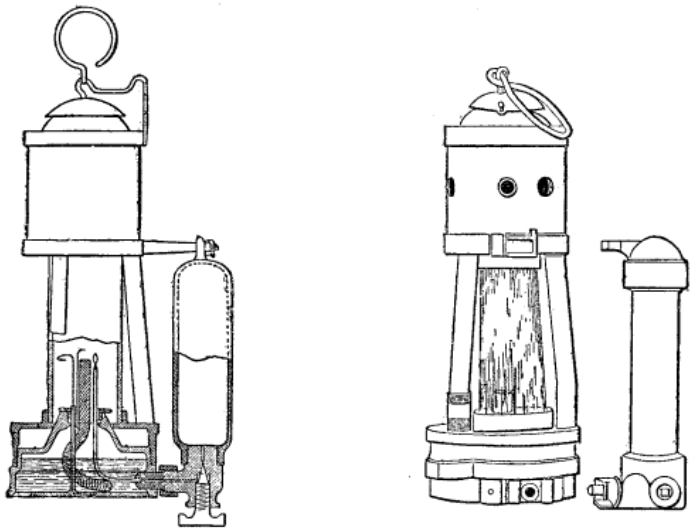


Fig. 9 et 10. — Indicateurs de grisous de Clowes.

de la flamme éclairante, un jet d'hydrogène que l'on peut régler au moyen d'un robinet. Cet hydrogène est d'ailleurs fourni par un petit réservoir en acier éprouvé à 200 kilogrammes par centimètre carré, et où l'on peut comprimer une provision d'hydrogène suffisante pour alimenter pendant deux heures la flamme indicatrice. Les deux flammes ne sont d'ailleurs jamais employées simultanément : l'une sert à rallumer l'autre. La lampe est du type Ashworth-Hepplewithe-Gray, avec une modification qui a consisté à allonger encore le manchon conique en cristal, et qui, par parenthèse, ne contribue pas à faire de cette lampe un appareil très sûr, à cause des dimensions relativement faibles du tamis. La flamme ordinaire sert à reconnaître les hautes teneurs : de 3 à 6 p. 100; au-dessous de

(1) *Annales des Mines*, 9e série, t. VI.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

3 p. 100, on éteint la flamme éclairante après avoir allumé la flamme d'hydrogène. On règle celle-ci à une hauteur uniforme : 10 millimètres dans les essais de M. Clowes ; elle manifeste des allongements croissants avec les teneurs en grisou, et atteint 33 millimètres pour 1 p. 100, et 63 millimètres pour 3 p. 100.

Ces longueurs sont d'ailleurs marquées sur le verre, et l'observation est par conséquent très commode. La forme de la lampe est pratique ; le réservoir est disposé comme une poignée ; il peut s'enlever et se remettre très aisément au cours d'une tournée.

Une des propriétés intéressantes, sinon avantageuses, de cette lampe est qu'elle ne s'éteint pas dans les mélanges à teneur élevée. M. Clowes a été amené, pour cette raison, à étudier la composition des atmosphères qui éteignent la flamme (1), et notamment la quantité de gaz inerte qu'il est nécessaire d'ajouter à l'air pour éteindre les flammes produites par divers combustibles. Comme on pouvait s'y attendre, ce sont les flammes les plus chaudes qui s'éteignent le plus difficilement. Alors que les huiles de pétrole, de colza, l'alcool, la stéarine donnent des flammes qui s'éteignent quand on ajoute à l'air assez d'acide carbonique pour élever la teneur totale de ce gaz à 14 ou 15 p. 100, la flamme du gaz d'éclairage subsiste jusqu'à 33 p. 100, et celle de l'hydrogène jusqu'à 58 p. 100. Ces chiffres sont intéressants ; l'auteur en cite d'autres, et en déduit quelques conséquences qui ne sont pas sans importance au point de vue de l'emploi de sa lampe.

Nous ne pouvons laisser ce sujet sans signaler une communication du Dr Haldane, faite à la même réunion que la précédente, sur l'*asphyxie dans les mines* à la suite des explosions. La mort à peu près instantanée d'ouvriers, trouvés, après un coup de grisou, dans la position du travail, sans blessures ni brûlures, a toujours été jusqu'ici attribuée à une action supposée foudroyante de l'oxyde de carbone. Le Dr Haldane, se fondant sur des essais qu'il a tentés sur lui-même, en compagnie du Dr Lorrain Smith, combat cette opinion. Il a fait des expériences avec de l'air contenant des quantités croissantes d'acide carbonique et d'autres avec des quantités décroissantes d'oxygène. La conclusion est que, tandis que, dans l'asphyxie par l'acide carbonique, comme d'ailleurs dans l'asphyxie par l'oxyde de carbone, le sujet est prévenu par des lourdeurs de tête, des étourdissements, etc., bien avant d'être réduit à l'impuissance, le simple abaissement de la teneur en oxygène, d'abord absolument inappréciable tant que la diminution n'atteint pas 10 p. 100, se traduit presque instantanément, dès que ce chiffre est dépassé, par une gêne considérable de la respiration, gêne qui, jusqu'alors, était beaucoup moins sensible qu'avec une augmentation équiva-

(1) *Proceedings of the 64 th meeting of the British Association*, 1894.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lente en acide carbonique. Presque aussitôt, le sujet perd complètement l'usage de ses membres, et celui de tout ou partie de ses sens.

Les observateurs insistent sur la soudaineté du phénomène, et lui attribuent les effets foudroyants des gaz provenant des explosions, effets qu'ils attribuent au manque d'oxygène. Ils en concluent que l'on pourrait les éviter en munissant chaque ouvrier d'un petit flacon renfermant de l'oxygène sous très forte pression, qu'il pourrait respirer en cas d'accident. Sans insister sur le caractère peu pratique de ce remède, nous croyons que les observations du Dr Haldane méritent d'être retenues à titre de renseignement.

***

Les *concasseurs* employés en Europe pour les minerais durs sont en général des appareils fondés sur le principe du broyeur Blake, ou concasseur à mâchoires, qui nous vient des États-Unis. Peut-être n'est-il pas sans intérêt de signaler la vogue dont jouit, dans ce pays, un nouveau type de concasseur, dont le plus employé est probablement le broyeur Gates, encore peu connu en Europe.

Ce concasseur (fig. 11) a pour organe essentiel une pièce conique en fonte durcie, montée sur un arbre en acier forgé, qui est guidé à frottement doux à sa partie supérieure; à la base, il est monté sur un excentrique mû par un engrenage, de manière que, sous l'action du moteur, l'axe de l'arbre décrive un cône. Cet arbre est d'ailleurs fou sur ses garnitures. — Une lourde enveloppe en fonte durcie entoure le tout, et forme entonnoir à la partie supérieure; cet entonnoir reçoit les fragments à concasser; le cône de fonte, en se rapprochant puis s'éloignant de l'enveloppe à chaque révolution, laisse glisser le minerai, puis l'écrase, le réduisant ainsi en fragments dont la grosseur maximum est limitée par la plus faible distance qui puisse exister entre le cône et l'enveloppe. La supériorité de ce concasseur sur le broyeur à mâchoires réside dans la continuité de son mouvement; l'effort à produire est à peu près le même en chaque point de la révolution, ce qui permet de donner à l'arbre un mouvement lent, au lieu du mouvement forcément rapide que nécessitent les oscillations des lourdes pièces du concasseur à mâchoires; le rendement mécanique a ainsi chance d'être notablement meilleur.

L'appareil se construit pour toutes les dimensions, depuis les petits broyeurs de 1 mètre de hauteur, consommant 2 à 3 chevaux, jusqu'au type de 4 mètres de haut, nécessitant une force de 150 chevaux. Il est employé à la fois pour le broyage des minerais durs et pour la préparation des matériaux du béton et du ballast.

En dehors de la séparation magnétique des minerais, séparation dont il est fait mention ailleurs, il n'y a pas à signaler d'innovations bien importantes dans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les *appareils de préparation mécanique*. On peut cependant signaler l'emploi de quelques dispositifs destinés à séparer les fragments de minerais par formes, et surtout à séparer les morceaux plats de ceux dont les dimensions sont voisines dans les différents sens. Le premier employé, à notre connaissance, est la grille

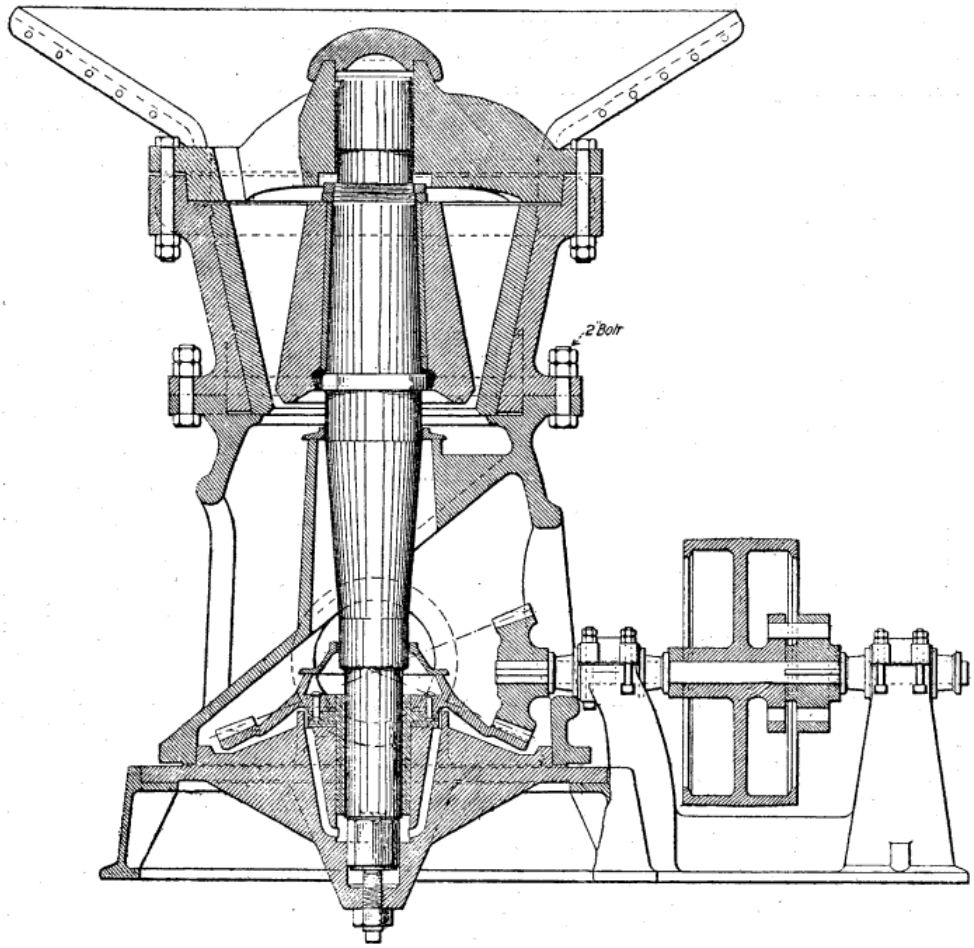


Fig. 11. — Concasseur Gates.

à barreaux plats inclinés que M. E. B. Coxe ajoute à son crible gyratoire, afin d'effectuer la séparation des schistes (1). Un trommel a été construit dans le même but par M. Kolbe (2); il a la forme générale d'un tronc de cône, et sa

(1) Voir *Bulletin Soc. Ind. Min.*, 3e série, t. VIII, 114.
(2) *Œsterreichische Zeitschrift fur Berg und Huttenwesen*, 1894.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

surface extérieure est formée par des parties pleines et des volets également pleins, pouvant tourner autour de charnières disposées suivant des génératrices. Un guidage placé extérieurement, à une distance de quelques centimètres, ne permet aux volets que de s'entr'ouvrir de la quantité voulue, quantité réglée d'ailleurs à volonté par un petit tasseau x (fig. 12). Le trommel tournant en sens convenable, les morceaux plats s'échapperont à la partie inférieure, et l'apparence ainsi que la qualité du produit restant à l'intérieur du trommel seront beaucoup améliorées. Cette méthode était à signaler, bien que l'appareil Kolbe nous semble moins pratique que la simple grille mentionnée plus haut.

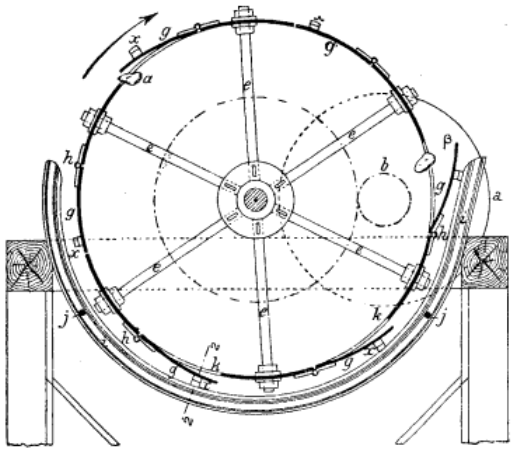


Fig. 12. — Trommel Kolbe.

***

La *théorie des appareils de lavage des minerais :* cribles filtrants, bacs à piston, etc., semble devoir être élucidée au moins sur quelques points, grâce à de patientes et longues recherches dues au professeur Richards, de l'Institut technologique de Boston (1). Elles ont eu pour but d'étudier de plus près qu'on ne l'avait fait jusqu'ici les lois du mouvement de fragments de divers minerais dans un liquide, eu égard aux dimensions des fragments et à leur densité, et dans le but de déterminer jusqu'à quel point doit être conduit, dans chaque cas particulier, le classement par grosseurs avant lavage. L'auteur, partant de la loi d'équivalence énoncée par Rittinger en 1866 et considérée depuis lors, par la plupart des ingénieurs, comme étant à peu près l'unique règle fondamentale du lavage au bac à piston, rappelle que d'autres éléments doivent intervenir et guider dans la construction des appareils, notamment la considération des « courants interstitiels », comme les appelle le professeur H. S. Munroe. Cette dernière considération est tirée de ce fait : qu'une particule de minerai, tombant dans un tube plein d'eau dont le diamètre est comparable à ses dimensions, aura une vitesse limite fonction du rapport des diamètres, et d'autant plus faible que ce rapport sera plus voisin de l'unité. En étendant cette remarque au cas d'un fragment de grosseur donnée se déplaçant au milieu d'autres de grosseur et de densité différentes, dont l'ensemble jouera le même rôle que les parois du tube, on

(1) « Close Sizing before Jigging », R. H. Richards, *Transact. Amer. Instit. of Mᵉ Engʳˢ*, février 1894.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

voit que la loi d'équivalence ne s'appliquera plus ; en d'autres termes, il y a loin de ce qui se passe en pareil cas à la chute libre des grains dans une masse indéfinie d'eau. Les déplacements relatifs des grains seront régis par une loi compliquée, qui, en tous cas, sera différente de la loi d'équivalence, et qui devra conduire à considérer le rapport des dimensions des grains des deux minéraux.

C'est cette loi que le professeur Richards a cherché à déterminer. Après avoir repris la détermination des fragments équivalents pour une douzaine d'espèces minérales, et avoir trouvé des nombres très analogues à ceux que donnent les formules de Rittinger, il a opéré sur des mélanges de deux minéraux, comprenant d'une part du quartz, d'autre part du cuivre, de la galène, de la magnétite, de la cassitérite, etc. Ces mélanges, contenant des fragments de grosseurs quelconques entre 0 et $2^{mm},5$, ont été mis en suspension dans un courant d'eau remontant dans un tube de verre vertical, le courant étant au début suffisamment rapide pour maintenir en suspension toute la masse traitée. L'eau arrivant par un ajutage latéral, on dispose à la base du tube un ballon plein d'eau, et on ralentit un peu le courant, de manière à laisser descendre une certaine quantité de grains, à la fois les plus lourds et ceux sur lesquels l'action de l'eau est la moins prépondérante. Quand le ballon en renferme une certaine quantité, on l'enlève, et on le remplace par un autre plein d'eau; on ralentit encore le courant; de nouveaux grains tombent dans le second ballon, et ainsi de suite, jusqu'à ce que environ 90 p. 100 ait été ainsi recueilli par suite d'abaissements graduels de la vitesse ; le reste est trop fin pour être recueilli.

On a ainsi groupé dans les divers ballons (dix environ dans chaque expérience) des grains appartenant aux deux espèces minérales qui constituent le mélange, mais chaque groupe étant composé de fragments de grosseurs telles qu'un courant d'eau d'une vitesse déterminée les maintienne en équilibre. Si la loi d'équivalence, déterminée en mesurant les vitesses de chutes de grains tous de même densité et de même grosseur, était applicable au mélange, on trouverait que chaque ballon contient des grains équivalents au sens ancien du mot, c'est-à-dire dont les dimensions seraient entre elles dans un rapport donné, dépendant de la densité.

C'est bien en effet ce qui a été trouvé ; du moins d'une manière approchée, car, en réalité, les grains réunis dans chaque ballon sont de dimensions variables ; mais, en les tamisant de manière à en faire le classement par grosseurs très voisines, l'expérience a montré que, dans chaque ballon, dominait, pour les deux espèces essayées, une grosseur déterminée, et que le rapport de ces grosseurs pour les deux espèces était à peu près constant pour les divers groupes séparés successivement dans le mélange. M. Richards a mis ce fait en évidence d'une manière frappante au moyen de tableaux dont nous reproduisons celui que fournit le mélange quartz-cuivre (fig. 13) ; c'est une table à double entrée, les lignes

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

horizontales correspondant à une grosseur donnée, les lignes verticales à un groupe de grains recueillis dans un même ballon, et les taches noires et blanches représentant à peu près l'importance relative des quantités de galène ou de quartz rentrant dans chaque compartiment de la table. — Le tableau montre que les taches les plus grandes se groupent à peu près suivant deux lignes obliques parallèles entre elles. Seulement, le rapport trouvé s'éloigne notablement de

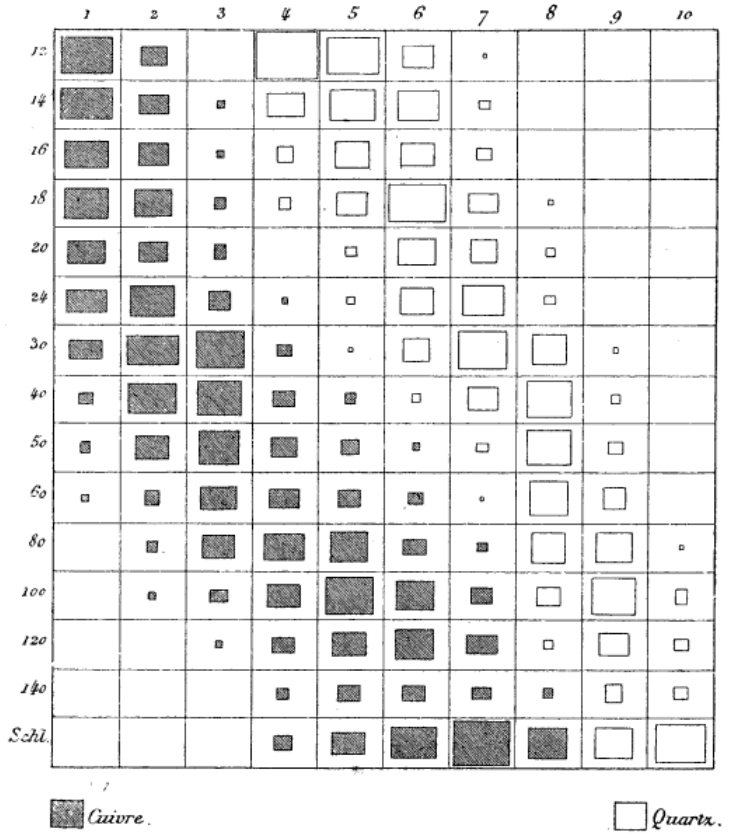


Fig. 13.

celui que donnerait la loi d'équivalence; d'autant plus que le minéral à séparer a une densité plus différente que celle du quartz. Par exemple, pour le mélange cuivre et quartz, le rapport des diamètres des grains équivalents, calculé par la loi de Rittinger, est voisin de 4; le rapport qui résulte des essais que nous venons de relater est, au contraire, voisin de 8, c'est-à-dire, double du premier.

La conclusion pratique de ces essais, complétés par des expériences au cours desquelles on a cherché à se rapprocher davantage des conditions de fonctionnement des bacs à piston, en produisant des chocs et des oscillations du courant, se

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

traduit par une classification des couples de minéraux, basée sur le rapport trouvé, et permettant de dire *a priori* s'il est ou non nécessaire de pratiquer un classement soigné par grosseurs, et en même temps quel doit être de préférence le mouvement d'oscillation donné à l'eau dans le bac : s'il doit être prolongé ou rapide, par exemple.

Ce travail ne renferme sans doute pas d'idées bien neuves, mais il fournit nombre de chiffres précieux, et on ne saurait que féliciter de sa patience et de ses soins l'observateur qui l'a publié, d'autant plus que les expériences de ce genre, expériences de laboratoire faites sur des opérations industrielles, sont rares et par conséquent très utiles.

Le 10 avril 1895.

MÉTALLURGIE

Sur la fusibilité des alliages métalliques, *par* H. Le Chatelier, *membre du Conseil.*

L'étude de la fusibilité des alliages, qui a à peine été abordée jusqu'ici, semble appelée à fournir des renseignements très précis sur leur constitution, en raison des notions déjà très complètes que nous possédons sur la fusibilité des mélanges similaires : mélanges d'eau et de sel ou dissolutions ordinaires, mélanges de sels entre eux, mélanges de composés organiques.

Un mélange fondu, puis soumis au refroidissement, ne se solidifie pas en totalité à une température fixe, comme le fait un corps isolé. La solidification commence à une température déterminée, qui dépend de la composition du mélange, puis ne progresse qu'au fur et à mesure que la température s'abaisse, et devient finalement complète à une seconde température également déterminée. Le *point de solidification commençante* correspond au point de cristallisation des solutions aqueuses. Si l'on construit la courbe qui relie les températures de solidification commençante aux compositions correspondantes des mélanges ou alliages, on aura exactement l'équivalent des courbes de solubilité dans les solutions aqueuses. La correspondance qui existe entre ces deux phénomènes échappe parfois en raison de la différence entre les méthodes expérimentales que l'on est conduit à employer dans l'étude des dissolutions aqueuses et dans celle des mélanges à point de fusion élevé. Dans le premier cas, il est plus facile de déterminer à une température donnée la composition du liquide qui reste en équilibre au contact des éléments solides : du sel en excès ou de la glace, suivant les cas, et l'on trace alors la courbe de solubilité en portant en abscisses la température qui

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

est la variable arbitraire, et en ordonnées, la composition du liquide qui est la fonction déterminée par l'expérience. Dans le second cas, il est plus facile de prendre un mélange de composition déterminée et de chercher la température à laquelle il commence à laisser déposer des éléments solides : l'état d'équilibre, l'état de saturation de la partie fondue, est d'ailleurs indépendant de la plus ou moins grande quantité de matière solide à son contact. Au début de la solidification, quand il y a encore très peu de matière solide déposée, on peut admettre que la composition de la partie liquide restante est identique à celle du mélange mis en expérience. Dans ce cas, on trace la courbe de fusibilité en prenant comme abscisse la composition du liquide, qui est la variable indépendante, et pour ordonnée la température qui est la fonction étudiée. Ce choix différent des coordonnées amène une différence d'orientation des courbes qui contribue à empêcher de reconnaître à première vue l'identité, cependant certaine, des courbes de fusibilité et de solubilité.

De cette identité résulte que l'on peut immédiatement étendre à la fusibilité les lois certaines de la solubilité. Mais, pour faire cette généralisation, il faut faire abstraction du point de vue incomplet auquel on a l'habitude d'envisager les dissolutions dans l'usage courant de la vie, souvent même au laboratoire. Dans le langage usuel, on distingue le dissolvant et le corps dissous, attribuant ainsi l'état liquide des dissolutions à la présence de l'un des corps du mélange, l'eau, l'alcool, l'essence, que nous sommes habitués à voir liquide même dans leur état de pureté. En réalité, dans une dissolution, un mélange fondu, les deux corps mêlés jouent exactement le même rôle. Un grand nombre de solutions aqueuses peuvent exister au-dessous du point de solidification de l'eau : celle de chlorure de sodium jusqu'à — 21°; celle de chlorure de calcium jusqu'à — 55°, et elles laissent alors, suivant leur concentration, cristalliser de la glace ou du sel. Ou encore, l'azotate de potasse et celui de soude, dont les points de fusion sont voisins l'un de l'autre, donnent des mélanges qui restent encore liquides 100° au-dessous du point de fusion des sels purs; il est évidemment impossible d'attribuer la conservation de cet état liquide à l'un des sels de préférence à l'autre, et de considérer l'un d'eux comme jouant le rôle de dissolvant.

Ceci admis, la première des lois de la solubilité, dont la certitude ne saurait plus aujourd'hui être contestée, est que la courbe complète de solubilité mutuelle de deux corps est composée d'autant de branches distinctes se rencontrant à angle vif qu'il peut exister de corps solides différents en équilibre avec la solution liquide. Ainsi, pour la dissolution de chlorure de sodium, il y aura deux branches, dont l'une correspondra à l'existence du sel au contact de la dissolution, et sera la courbe de solubilité proprement dite; l'autre correspondra à l'existence de la glace, et sera la courbe de congélation.

Dans le cas des dissolutions de chlorure de calcium, étudiées expérimentale-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment avec une grande précision par Bakkhuis Roozeboom, il y a, de même, la branche de congélation, et autant de branches dans la portion de la courbe relative à la cristallisation du sel que ce sel présente d'hydrates. L'existence de plusieurs branches dans les courbes de solubilité avait été reconnue expérimentalement, il y a quarante ans, par Lœwel, dans le cas du sulfate de soude, du carbonate de soude et du sulfate de magnésie; j'ai, il y a une dizaine d'années, établi que c'était une conséquence nécessaire des lois fondamentales de l'énergie, et ne pouvant, par suite, admettre aucune exception.

L'expérience montre en outre que, en dehors de certains cas exceptionnels de sursaturation, ces diverses branches de la courbe de solubilité ne peuvent être observées expérimentalement en dehors de la région limitée par leurs points de rencontre successifs; de telle sorte que la courbe totale de solubilité est généralement unique dans son ensemble, mais présente une série de points anguleux : chacun des corps du mélange, chacun de leurs états allotropiques, chacune de leurs combinaisons a ses points propres de cristallisation réunis sur un des tronçons de cette courbe. J'ai vérifié, sur un grand nombre de mélanges salins fondus, l'exactitude de cette loi, reconnue d'abord pour les solutions aqueuses.

Dans le cas de mélanges isomorphes, qui peuvent donner naissance à une infinité de mélanges solides homogènes différents, on observe une courbe unique sans points anguleux; elle doit être considérée comme l'enveloppe d'une infinité de courbes correspondantes à chacun des mélanges isomorphes qui se forment. L'existence de courbes continues de fusibilité dans les mélanges isomorphes a été signalée pour la première fois par M. Kuster (1) pour certains corps organiques fondant aux environs de 100°; j'ai observé le même fait pour de nombreux mélanges salins fondant à une température élevée (2). Souvent ces courbes continues s'éloignent peu de la droite qui joint les points de fusion de chacun des corps pris à l'état de pureté.

Si l'on généralise ces résultats en les étendant aux alliages, on pourra, de l'inspection des courbes de fusibilité, remonter à la constitution des alliages : reconnaître si, après la solidification, ils sont constitués par la simple juxtaposition de cristaux des deux métaux en présence, ou s'il s'est formé des combinaisons définies, ou encore des mélanges isomorphes.

1er Cas. — *Les deux métaux en présence ne donnent ni combinaisons définies, ni mélanges isomorphes.*

Les expériences faites pour le cas semblable des mélanges des sels ou des solutions aqueuses ont montré que la courbe complète de solubilité, ou fusibilité, se compose de deux branches correspondant chacune au dépôt de l'un des corps et

(1) *Zeitschrift für physikalische Chemie*, t. VIII, p. 577.
(2) Comptes rendus de l'Académie des sciences, février 1894.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

partant de son point de fusion propre. Ainsi, les mélanges de chlorure de sodium et de carbonate de soude donnent deux branches partant l'une du point de fusion du chlorure de sodium, 778°, et l'autre du carbonate de soude, 820°, et se rencontrant à la température de 620° pour un mélange formé environ de 1 partie de carbonate de soude pour 2 parties de chlorure de sodium.

Lorsque, pour un alliage métallique, on trouvera de même une courbe de fusibilité composée de deux branches seulement, on pourra en conclure que, pendant la solidification, les deux métaux isolés se sont simplement juxtaposés l'un à l'autre. Des courbes semblables ont été obtenues pour un certain nombre d'alliages, entre autres les suivants :

Alliages étain-plomb étudiés par Kuppfer.
— étain-zinc — par Rudeberg.
— étain-bismuth — par Rudberg.

Les courbes de fusibilité ainsi obtenues sont reproduites ci-dessous; on a porté en abscisses la composition de l'alliage, exprimée par le nombre de poids atomiques d'un des métaux rapporté à un mélange contenant 100 poids atomiques des deux métaux, et en ordonnées les températures :

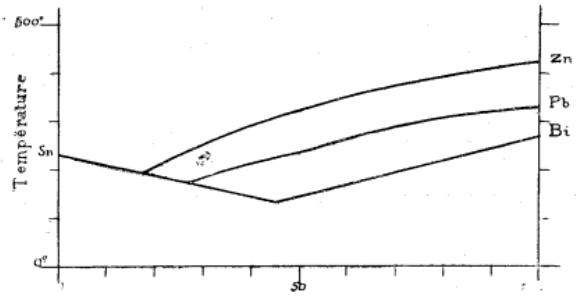


Fig 1.

Composition de l'alliage exprimée en nombre d'équivalents.

2e Cas. — *Les deux métaux en présence donnent une ou plusieurs combinaisons définies.*

Lorsque les corps mêlés peuvent se combiner, comme le font les sels avec l'eau et certains sels mêlés entre eux, la courbe de solubilité ou de fusibilité est formée d'un nombre correspondant de branches distinctes, qui se coupent à angle vif. C'est le cas bien connu des dissolutions de sulfate de soude. La branche de courbe relative aux combinaisons présente parfois une forme particulière tout à fait caractéristique. Si la combinaison peut fondre sans se décomposer en abandonnant un de ses constituants à l'état solide, condition réalisée pour quelques hydrates, en très petit nombre il est vrai : dihydrate de chlorure de calcium, pentahydrate d'hyposulfite de sodium, et pour un très grand nombre de sels doubles obtenus par voie ignée (1) tels que le carbonate de lithium et de potassium, le sulfate de cuivre et de potassium, la branche de la courbe de fusibilité

(1) Comptes rendus de l'Académie des sciences, 1894.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

présente un maximum de température correspondant à un mélange de composition identique à celle de la combinaison définie ou au moins très voisine. Pour les deux sels doubles cités ici, le maximum correspond exactement à la combinaison définie; au contraire, pour le boro-phosphate de soude, le maximum correspond à une composition seulement voisine de celle de la combinaison définie.

L'existence d'un semblable maximum dans la courbe de fusibilité d'un alliage pourra être considérée comme l'indice certain d'une combinaison définie; mais la réciproque ne serait pas exacte, c'est-à-dire que l'absence du maximum ne prouve nullement l'absence de combinaison. Ainsi, le sulfate de sodium décahydraté présente une branche de courbe de solubilité sans maximum. On peut toujours concevoir l'existence théorique de ce maximum, mais il n'est pas toujours observable, parce que les diverses branches de la courbe de solubilité se rencontrent et se limitent en laissant le maximum en dehors de leur région utile. C'est ainsi que la branche du sulfate de sodium décahydraté est limitée à 33°, par sa rencontre avec la branche du sulfate de sodium anhydre; le maximum doit se produire à une température plus élevée, à laquelle on ne peut pas faire cristalliser des solutions de sulfate hydraté.

De semblables maxima se rencontrent dans les courbes de fusibilité de certains alliages : c'est ainsi que M. Roberts Austen a caractérisé les deux combinaisons définies Sb Al et Au Al^2, dont les points de fusion, voisins tous les deux de 1100°, sont supérieurs aux points de fusion de chacun des métaux constituants, fait assez rarement observé jusqu'ici. J'ai observé également des maxima correspondants à des combinaisons définies dans les courbes de fusibilité reproduites plus loin, qui se rapportent aux alliages :

Cuivre-étain.
Cuivre-antimoine.
Cuivre-aluminium.

La courbe *cuivre-antimoine* présente un maximum voisin de la composition du mélange correspondant à la combinaison définie Sb Cu^2 (atomes) ou Sb Cu^4 (équivalents) dont l'existence avait été démontrée antérieurement par les recherches de Kamenski sur la conductibilité électrique de ces alliages.

La courbe *cuivre-étain* présente une tangente horizontale, pour une composition voisine de celle qui correspond à la combinaison Sn Cu^3, dont l'existence a été caractérisée antérieurement par toutes les études faites sur les propriétés physiques ou chimiques des alliages de ces deux métaux. Ici, l'on n'observe que la naissance du maximum; pour un léger déplacement de la dernière branche de la courbe de fusibilité, l'existence du maximum aurait été complètement masquée.

La courbe *cuivre-aluminium* présente deux maxima, voisins l'un de la com-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

position correspondante à la formule Al^2Cu (équivalents), et l'autre $AlCu^3$ (équivalents). Ces résultats sont d'accord avec des déterminations antérieures faites sur le même sujet par M. Leverrier (1). Ces deux maxima indiquent certainement la formation des combinaisons définies correspondantes ; ils contredisent la conclusion à laquelle j'étais arrivé par l'étude chimique des alliages de ces deux métaux. J'avais isolé des cristaux auxquels j'avais attribué la formule Al Cu. Ces cristaux étaient certainement altérés par l'action des réactifs employés, comme je l'avais indiqué ; mais cette altération, que j'avais cru n'être que superficielle, était en réalité beaucoup plus profonde.

L'alliage *aluminium-étain* étudié par M. Leverrier présenterait un maximum voisin de la composition Al^4Sn (équivalents). Les recherches que j'ai faites sur les alliages de ces deux métaux ne m'ont conduit à aucun résultat bien net.

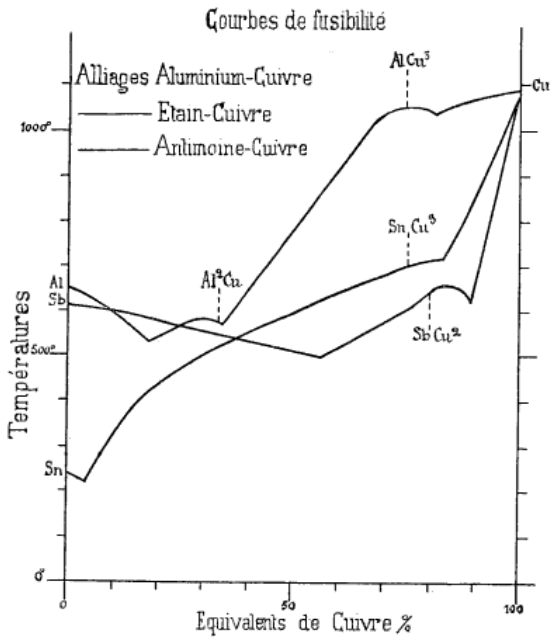


Fig. 2. — Cu p. 100 en poids.

Dans tous les cas rapportés ici, le maximum correspond à une composition de l'alliage différant de la combinaison définie par un excès du métal qui existe déjà en plus grande quantité dans la combinaison définie. Ce sens de déplacement du maximum peut être prévu en partant des lois théoriques de la dissolution, déduites des lois expérimentales des tensions de vapeur

3e Cas. — *Les deux métaux en présence forment des mélanges isomorphes.*

Dans ce cas, la courbe de fusibilité est continue et se rapproche plus ou moins de la droite qui joint les points de fusion des deux corps isolés. Le mélange sulfate de potassium et chromate de potassium en est, pour les sels, un des exemples les plus nets. Parmi les métaux, on peut citer l'alliage or-argent, étudié par Schertel (2), dont la courbe de fusibilité s'écarte à peine de la droite qui joint le point de fusion de l'or à celui de l'argent.

On peut être assuré, dans ce cas, que l'on a affaire à un mélange isomorphe.

(1) Lejeal, *l'Aluminium*, page 168.
(2) *Ann. de Poggendorf*, 1879, p. 368.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Enfin, il doit exister dans les alliages, bien que cela n'ait pas été signalé encore, un cas plus complexe qui a été observé dans les mélanges de sels. Il peut se faire que les deux corps mêlés donnent une combinaison définie qui soit isomorphe avec l'un de ses constituants. Ce fait singulier a été signalé pour la première fois par M. Bakkhuis Roozeboom pour le chlorure de fer et le chlorure d'ammonium, qui donnent une combinaison définie, susceptible de se mêler isomorphiquement avec le chlorure d'ammonium en excès, mais pas avec le chlorure de fer. J'ai observé un certain nombre de cas semblables dans les mélanges de sels fondus : les deux plus facilement observables sont le sulfate de sodium et le sulfate de calcium, qui donnent plusieurs combinaisons définies, dont une est isomorphiquement mélangeable avec le sulfate de sodium en excès; puis le chlorure d'argent et le chlorure de sodium, dont la combinaison définie est isomorphiquement mélangeable au chlorure de sodium en excès.

Un des phénomènes les plus connus de la solidification des alliages est celui de la *liquation;* les propriétés générales des courbes de fusibilité qui viennent d'être passées en revue donnent immédiatement l'explication de ce phénomène. Au moment où la solidification commence, il se dépose (en laissant de côté pour le moment les mélanges isomorphes), soit un métal pur, soit une combinaison définie. En général, cette solidification d'un élément déterminé va faire changer la composition de la partie restée liquide, et sa solidification ne pourra continuer à progresser que si la température s'abaisse. Au fur et à mesure de la solidification la température et la composition de la partie restée liquide se modifient progressivement, et le point figuratif représentant les valeurs correspondantes de ces deux grandeurs décrira une des branches de la courbe de fusibilité, celle qui se rapporte au corps en train de se solidifier. Si l'on est parti, par exemple, d'un alliage à deux parties de plomb pour une d'étain, il se déposera d'abord du plomb, et la partie liquide deviendra de plus en plus riche en étain. Enfin, il arrivera un moment où la branche de courbe correspondant à la cristallisation du plomb rencontrera celle qui correspond à la cristallisation de l'étain. A partir de ce moment, il se déposera simultanément du plomb et de l'étain dans la proportion même où ils se trouvent, dans la partie liquide: soit environ poids égaux des deux métaux. La composition de la partie liquide restera alors invariable, et sa solidification s'achèvera à température constante. Si, pendant le refroidissement, la température a été maintenue uniforme dans toute la masse, les cristaux de plomb plus lourds tendront à se réunir vers le fond, et le mélange final de plomb et d'étain tendra à se réunir à la partie supérieure. Si on était parti d'un alliage très riche en étain, ce serait de l'étain pur qui se serait solidifié en premier, et serait venu s'accumuler à la surface; le mélange à poids égaux des deux métaux se serait solidifié à la fin, et serait venu se réunir à la partie inférieure.

Théoriquement, le phénomène de la liquation devrait donc se manifester

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

par une différence absolue de composition d'un point à un autre du lingot solide : de l'étain ou du plomb pur à une extrémité et, à l'autre, le mélange à point de fusion minimum que les Anglais ont appelé alliage *eutectique*. Pratiquement, les différences de compositions accusées par l'analyse chimique d'un point à un autre d'un lingot sont généralement peu considérables. Cela tient à ce que les métaux, en se solidifiant, ne se déposent pas en gros cristaux comme les sels des solutions aqueuses, mais généralement en aiguilles ou lamelles très fines, qui forment un feutrage dans tout le liquide, et s'appuient les uns sur les autres de façon à rendre leur séparation par densité impossible. Ce mode de cristallisation est analogue à celui des solutions sursaturées de sulfate de soude, qui donnent des cristaux filiformes entre lesquels le liquide reste emprisonné. L'hétérogénéité, d'un point à un autre de la masse, porte sur des distances qui ne dépassent pas quelques fractions de millimètre; elle ne peut être mise en évidence par l'analyse chimique. Mais ce mécanisme de la solidification des alliages peut être mis en évidence par l'étude de la loi du refroidissement. Pour tous les alliages de plomb et étain par exemple, on constate un temps d'arrêt très net à la température de 228°, qui est celle de solidification de l'alliage eutectique. Pour tous ces alliages, la fin de la solidification se fait à la même température, après avoir commencé en l'un des points de la courbe de fusibilité. L'alliage ayant initialement la composition du mélange eutectique est le seul qui se solidifie à température constante, dans ce cas, la température de solidification commençante et celle de solidification finissante se confondent.

Dans le cas d'alliages donnant des combinaisons définies, il y aura, en général, deux alliages eutectiques à point de fusion minimum et fixe, intermédiaires chacun entre la combinaison définie et l'un des métaux purs; ce sera, par exemple, le cas des alliages cuivre-antimoine. S'il y a deux combinaisons définies, il y aura trois alliages eutectiques : dans les alliages cuivre-aluminium par exemple. La solidification initiale de l'alliage laisse d'abord déposer l'un des métaux ou l'une des combinaisons, et se termine par la solidification de l'un des alliages eutectiques, sauf dans le cas où la composition de l'alliage est celle de la combinaison définie. Dans ce cas, la solidification se fait entièrement à température constante, comme pour les alliages eutectiques.

Les alliages isomorphes se solidifient tantôt avec une composition identique à celle de l'alliage fondu, et alors la solidification s'achève à température constante, tantôt avec une composition différente, et alors la partie fondue revient progressivement à la composition d'un même alliage eutectique à point de fusion minimum.

Les mélanges eutectiques présentent une particularité qui mérite d'être signalée : les cristaux qui les forment sont d'une ténuité extrême, qui échappe souvent aux plus forts grossissements du microscope. Parfois même ils affectent la forme

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de cristallites complètement enchevêtrés les uns dans les autres, dont on peut reconnaître l'existence dans les mélanges de sels par l'action dissolvante de l'eau, qui donne d'une façon passagère des lamelles d'une minceur extrême, que l'on ne saurait obtenir par le simple polissage. Cette structure se traduit, dans les alliages, par une cassure toute spéciale à grains très fins, ou même d'aspect conchoïdal, comme celle du verre.

MÉCANIQUE

LES MACHINES A VAPEUR A BIELLES TRIANGULAIRES

Ces machines, dont l'idée est très ancienne, commencent à se répandre en Angleterre, où elles sont construites par M. J. Musgrave, de Bolton, d'après les brevets de MM. Fleeming, Ferguson et Dixon (1). Aussi, croyons-nous intéressant de reproduire les

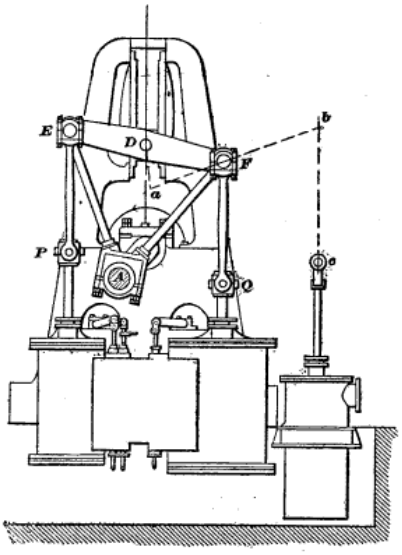


Fig. 1. — Machine de Bernay.

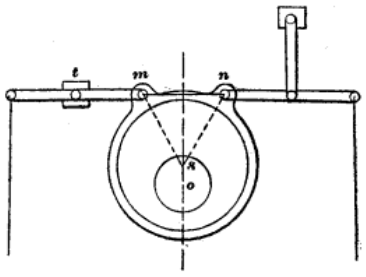


Fig. 2.
Commande de la distribution *Bernay*.

principaux éléments de l'étude cinématique qui en a été publiée dans l'*American Machinist* du 27 décembre 1894.

Soit (fig. 3) O l'axe de l'arbre de couche, A B C la circonférence décrite par le bouton de la manivelle motrice, relié par la bielle motrice D A à la crosse D, guidée suivant la verticale D C. La crosse D porte une traverse EF perpendiculaire à DA; de sorte que, quand la crosse décrit la droite D D′, les points E et F décrivent des courbes en 8 allongées, comme à droite de la figure 2, d'une amplitude verticale plus grande que la course D D′.

(1) Brevet anglais 21.073 de 1891. *Engineering*, 28 oct. 1892, p. 543; *The Engineer*, 24 fév. 1893 p. 366

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour déterminer la course de l'un de ces points : E par exemple, on emploie la construction suivante : tracer, de A, une circonférence de rayon égal à celui de la manivelle motrice ; tirer la droite E A R S ; joindre R D et S D ; décrire de O, avec un rayon égal à R E, l'arc $e E_1$; coupons ensuite, de O, avec R D pour rayon, C D en D_1, puis, de D_1, avec D E pour rayon, coupons $e E_1$ en E_1 : ce point E_1 est la limite supérieure de la course de E. Pour déterminer le fond de course inférieure ; de O, avec S E pour rayon, traçons

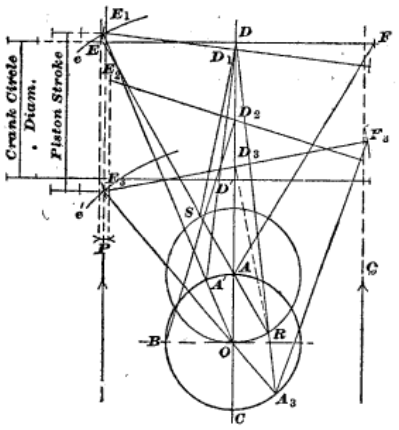


Fig. 3. — *Crank Circle diam.* (Diamètre de la manivelle). *Piston Stroke* (course du piston).

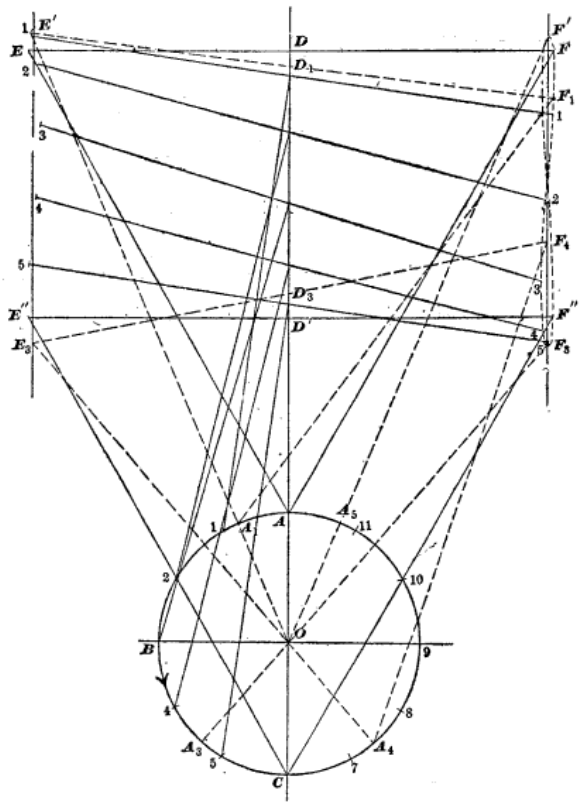


Fig. 4.

l'arc $e'E_3$, et coupons D c en D_3, avec S D pour rayon ; puis, de D_3, avec D E pour rayon, coupons l'arc $e'E_3$ en E_3 : le point E_3 est la limite inférieure de la course de E.

Si maintenant l'on joint E et F à A par des droites, on obtient une bielle triangulaire E A F D, dont le point D décrit une droite D D'. Les points E et F sont reliés à deux tiges de pistons verticales. Les axes de ces tiges oscillent entre deux verticales, dont l'une est celle du point E, et l'autre celle du point E_2, déterminée en menant O B perpendiculaire à D C, coupant, de B, avec A D pour rayon, D C en D_2, et menant, perpendiculaire à B D_2, la droite $D_2 E_2 = D E$.

On a, en figure 4, représenté la bielle triangulaire dans ses positions (E D F A) (E″ D″ F″ C), correspondant au haut A et au bas C de la course de la manivelle motrice, seuls points où la traverse E F soit horizontale. Cette traverse atteint sa plus grande inclinaison quand la manivelle est en B et en 9. A partir du point A, E monte jusqu'à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ce que la manivelle soit en A_1, avec OA et E sur une même droite, trajet pendant lequel F a descendu de $FF' > EE_1$.

Quand E est au point mort E′, F, qui est en F_1, agit sur la manivelle OA_1 avec un moment de rotation notable; puis les deux pistons de E et de F descendent jusqu'en A_3 en ligne avec OF_3; F_3 est le point mort inférieur de F; mais E exerce alors sur OA_3 un moment de rotation considérable. En somme, le couple de rotation est à peu près le même qu'avec deux manivelles à 90°, et les courses des pistons dépassent le diamètre de la manivelle de $FF' + F'F_3$.

Dans la machine de *de Bernay* (fig. 1), qui date de 1874, compound à deux cylindres de 760 millimètres et $1^m,05$ de diamètre sur $1^m,37$ de course, les bielles PE et QF sont très longues, de sorte que les poussées latérales sur les tiges des pistons sont très faibles, et la pompe à air est actionnée, de la crosse, par le train *abc*. Les distributions sont commandées, d'un seul excentrique *o*, par un collier à deux articulations *m* et *n* et

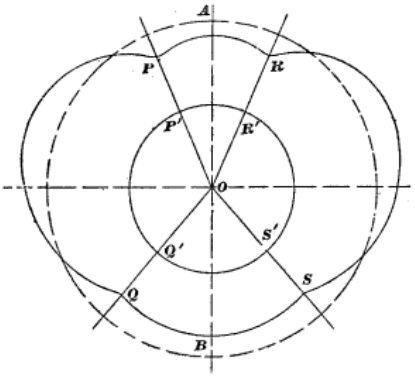


Fig. 5. — Diagrammes des moments moteurs de la machine *Bernay*.

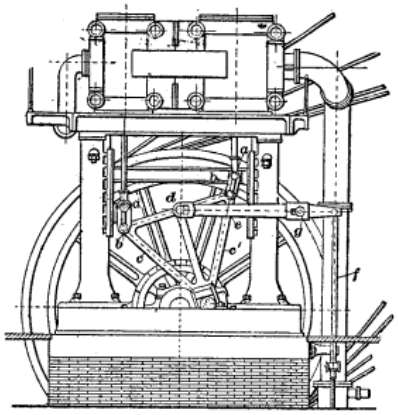


Fig. 6. — Machine *Fergusson* et *Fleeming*.

d'excentricité *os* (fig. 2), telle que le triangle *msn* soit semblable à FAB (fig. 1) et que sa hauteur soit avec *os* dans le même rapport que celle du triangle EAF avec le rayon de la manivelle motrice. L'articulation fixe *t* de l'un des leviers de distribution empêche le collier d'excentrique de tourner; l'autre levier est forcément suspendu à une petite bielle.

La figure 7 donne l'analyse des efforts exercés aux points intéressants de cette machine, en considérant les points E et F comme décrivant des droites, et la pression de la vapeur sur les pistons comme invariable. Soient E*a* et F*d* les représentations de ces pressions. Partant du point A, dans le sens de la flèche, le point E commence par monter, en exerçant sur sa bielle EA un effort E*b*, avec une composante horizontale *ab*: ces forces ont leurs contre-parties reproduites en F*e*: *ed* au point F, qui descend, de sorte que, en ce point A de la manivelle, le croisillon D supporte une pression de $ab + cd$, et la manivelle une poussée A*g*, diagonale du parallélogramme A*cgf*, construit sur $Ae = Af = Eb$.

En OA, avec E venu en E′ et F en F_1, pour avoir les forces agissant sur le croisillon alors en D_1, on mène de D_1, sur la direction de la traverse E_1F_1, $D_1m_1 = c_1d_1$ et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

$D_1n_1 = a_1b_1$, qui donnent, par parallélogramme, $D_1k_1 - D_1p_1$ pour la pression de la crosse sur ses guidages. On trouve de même, par le parallélogramme $A_1e_1g_1f_1$, où $A_1f_1 = C_1F_1$ et $A_1e = b_1E_1$, comme force agissant sur A_1, la diagonale A_1g_1, laquelle se résout en deux forces : l'une tangentielle a_1, g_1, et l'autre radiale h_1, A_1. De même, en oA_2, le croisillon exerce sur ses guidages la pression $Dm_2 + Dp_2$, et la manivelle subit une force tangentielle g_2h_2, et une radiale h_2A_2. On a, en figure 8, porté en abscisses de la courbe

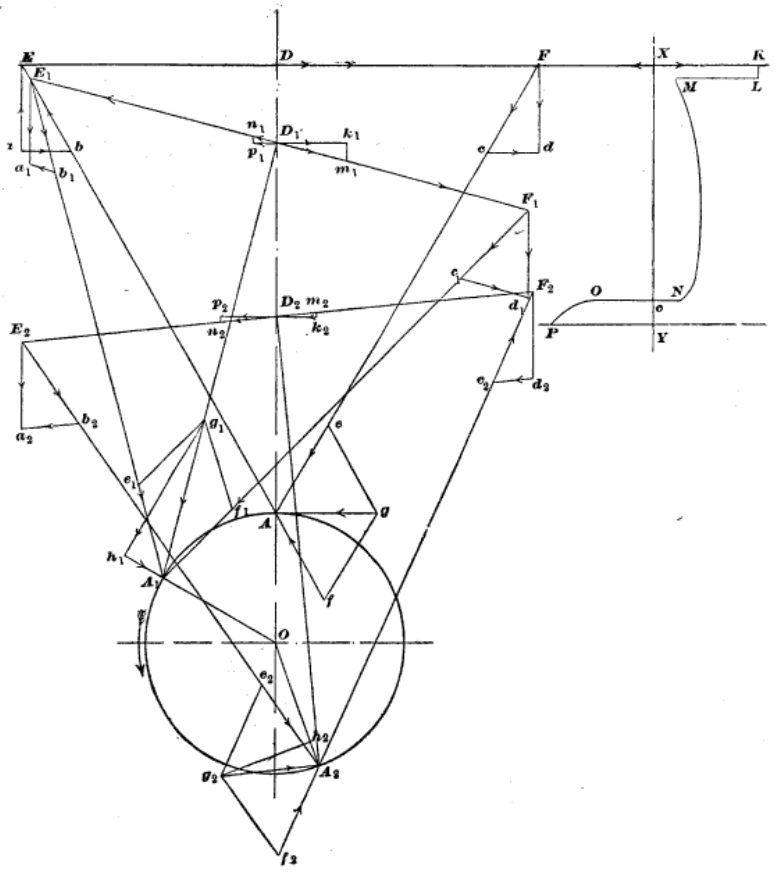


Fig. 7 et 8. — Diagrammes de la machine *Bernay*.

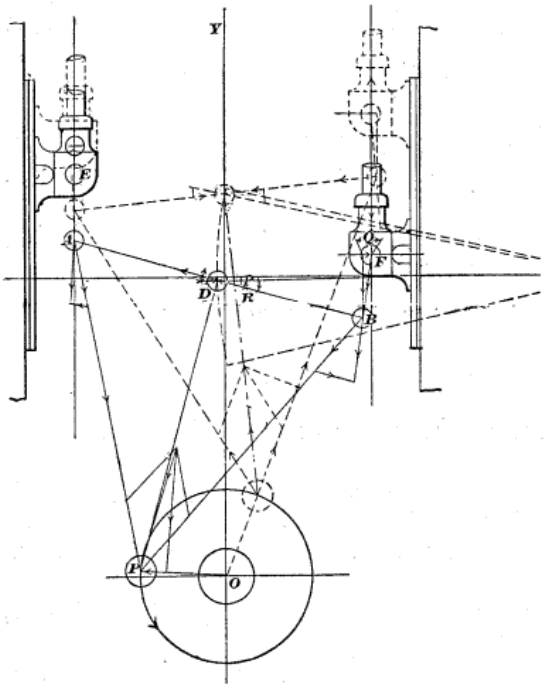
P *o* N M L K les poussées exercées par le croisillon *g* sur ses glissières pendant sa course descendante X Y. La courbe de montée est symétrique de celle de descente; et ces courbes présentent quatre points singuliers, correspondant aux quatre points morts des deux bras A E et A F, où la pression du croisillon change brusquement en grandeur et en direction. On remarquera qne ces pressions sont maxima vers les fonds de courses, quand la crosse se meut très lentement, de sorte que la perte par frottement est réduite au minimum, ainsi que l'irrégularité de l'usure des glissières.

On représente en figure 5, par coordonnées polaires, la courbe des moments de rotation de la manivelle motrice. Ce moment est minimum aux points singuliers

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

susmentionnés, en P'Q'R' et S', et maximum quand la bielle fictive D A (fig. 7) est perpendiculaire à la manivelle.

Dans la machine de *Fergusson* et *Fleeming* (fig. 6) le point *d* décrit un arc de grand



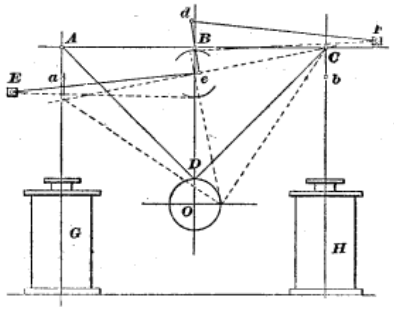


Fig. 10. — Machine *Wheeler*.

Fig. 9. — Diagramme de la machine *Fergusson* et *Fleeming*.

rayon *dg*, et son levier *e* actionne en *f* la pompe à air; en outre, afin de réduire le plus possible la hauteur de la machine, les tiges *a a* des pistons, guidées par des crosses,

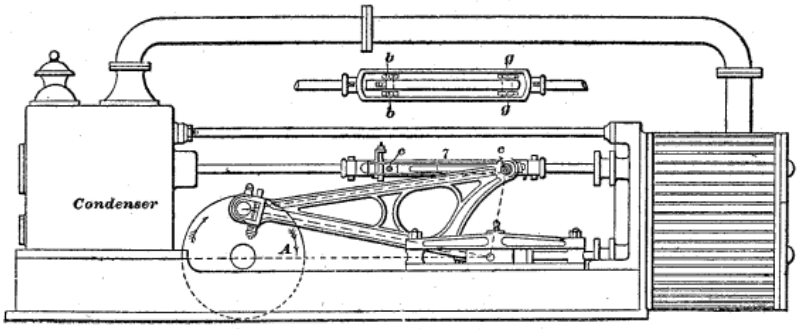


Fig. 11. — Machine de *King*.

sont reliées à la bielle triangulaire par des menottes très courtes *b b*. On voit, en figure 9, que l'axe YO de la machine ne bissecte pas la flèche de l'arc décrit par D, parce que, les menottes EA et FB devant osciller symétriquement de part et d'autre de l'axe des tiges de leurs pistons, EA oscillera d'un angle inférieur à celui de FB

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'une quantité proportionnelle à la flèche de D. Quand la manivelle est dans la position figure 6, c' et b' sont presque en ligne, ce qui n'arrive jamais pour c et b, dont la divergence minima est donnée à peu près par l'angle EAP (fig. 9), de sorte que les courses des deux pistons ne sont pas rigoureusement égales. Sur ce diagramme (fig. 9) analogue à celui figure 7 on a représenté par P et Q les poussées sur les glissières, et par DR celles dans l'axe du levier e.

Dans la machine de *Wheeler* (fig. 10), les pistons G et H attaquent la manivelle OD par une bielle triangulaire ADC, de hauteur $BD = \frac{1}{2}AC$, et dont le pied B, guidé par le parallélogramme EedF, décrit une courbe presque droite, dont les flèches sont rachetées par les bielles aA et bC.

Enfin, l'on peut facilement relier un troisième piston au croisillon D par une bielle.

Dans la compound horizontale de *King* (fig. 11) la manivelle est commandée, de la tige des pistons moteurs et du condenseur, par un renvoi triangulaire à fourche gb.

TUYAUTERIE DE VAPEUR DES MACHINES MARINES(1)

On sait que les explosions des tuyauteries de vapeur sont assez fréquentes, et parfois désastreuses à bord des navires (2) : depuis la catastrophe de l'*Elbe*, les services du Board of Trade ont eu à en constater plus de quinze sur les navires anglais soumis à son contrôle.

On emploie encore de préférence, pour ces tuyauteries, le cuivre, mais aussi le fer, et même parfois la fonte, évidemment à rejeter.

Les gros tuyaux actuels, avec l'épaisseur nécessaire pour résister aux hautes pressions, sont forcément très rigides; en outre, les brasures, principalement dans les coudes, deviennent très difficiles à bien exécuter; la chaleur du chalumeau ou du feu de brasage, appliquée à l'extérieur du tube en cuivre, doit, pour atteindre sûrement la brasure, être très intense. On risque d'altérer le métal déjà éprouvé par divers recuits. De là, la vogue actuelle du fer et de l'acier. Les tubes en cuivre sans soudure présentent aussi des défauts, des fentes longitudinales produites pendant l'étirage, et il est très difficile de les courber. On a aussi proposé, pour éviter la brasure, des tubes déposés par électrolyse, comme ceux d'Elmore. Le tableau ci-après donne la moyenne des résultats d'un grand nombre d'essais exécutés sur différentes espèces de tubes en cuivre.

	Résistance en kil. par $^{m}/^{m}$ carré.	Allongement p. 100.
Cuivre. Elmore recuit.	25	43.3
— — non recuit.	34.5	23.3
— étiré sans soudure recuit.	23.5	20.07
— — non recuit.	35	1.65
— ordinaire recuit.	26	33.4
— — non recuit.	27	26
Brasure après recuit	11	»
— sans recuit	22	»

(1) *Remarks on Steam Pipes*, by T.-J.*Milton*. (Inst. of Naval Architects. Réunion de mars 1895.)
(2) *Bulletin de la Société d'Encouragement*, mars 1895, p. 256.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On voit que le cuivre Elmore, même dur, non recuit, s'allonge sous une tension bien moindre que le cuivre ordinaire recuit, tandis qu'après le recuit il équivaut, comme résistance et allongement de rupture, au bon cuivre commercial ordinaire; mais ce dernier n'est jamais complètement pur; on lui ajouterait même parfois certaines impuretés, comme l'arsenic, jusqu'à 1/2 p. 100, pour en augmenter la ténacité et la ductilité. Il faut, au contraire, éviter à tout prix le bismuth, dont 0,1 p. 100 suffisent pour rendre le cuivre absolument traître à une température d'environ 100°, ainsi que l'indiquent les chiffres du tableau ci-après, empruntés à Robert Austen.

Lingots fondus non martelés.	Température.	Résistance à la traction par m/m carré.	Allongement p. 100 à la rupture.
	Degrés	kil.	
Cuivre pur.	18	12,5	20
—	18	14	35
Cuivre avec 1,2 p. 100 d'arsenic. . . .	20	17	20
— —	130	14	16,6
— —	224	11,5	15
— —	260	12	4
— —	335	13	10
Cuivre avec 1,5 p. 100 d'arsenic. . . .	15	18,5	20
— —	18	18	25 à 30
— —	116	16	26
— —	215	14	37
— —	260	12,5	»
—	300	11,5	»
			Sur une longueur de 100 m/m p. 100.
Cuivre avec 0,1 p. 100 de bismuth. . .	15	12,6	20
— — . .	102	8	15
— — . . .	163	3,9	0
— — . . .	200	2,7	0
— — . . .	270	3,5	0
— — . . .	290	2	0

Le plomb, jusqu'à 0,1 p. 100, n'est pas nuisible, ainsi qu'une petite quantité de nickel et d'argent. En outre, le cuivre doit, pour être ductile, renfermer une certaine proportion d'oxygène, que l'on enlève parfois à la forge, au recuit ou au brasage, par une flamme réductrice; le cuivre est alors brûlé.

Le recuit augmente la ductilité du cuivre et diminue sa résistance, qui est, en moyenne de 25 kilos par millimètre carré, avec un allongement à la rupture de 40 à 45 p. 100 sur des éprouvettes de 100 millimètres de long : il faut, après chaque étirage, amener les tubes à 850° environ, pendant un temps à fixer par l'expérience, et cela uniformément, par une flamme claire non oxydante, conditions qui ne sont jamais réalisées à la forge.

Malgré l'efficacité du recuit, l'Amirauté anglaise se méfie actuellement beaucoup des gros tubes de cuivre, et prescrit de les consolider en les entourant de fils de cuivre ou de fer.

Les tubes de fer sont préférables aux tubes d'acier soudés. Leurs brides doivent être soudées à la machine ou à l'électricité, et non vissées, ce qui donne lieu à des fuites.

Il faut évidemment prendre toutes les précautions possibles pour faciliter les dilatations des tuyauteries, et éviter les coups d'eau : notamment assujettir les tuyaux de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

manière que leurs dilatations ne se produisent pas au hasard, mais aux garnitures prévues et disposées à cet effet, et pourvoir le tuyau de prise de vapeur principal de branchements ou de drains en assurant automatiquement la purge.

Le Sand Blast et ses applications, par J.-J. HOLTZAPFFEL (1).

On connaît le principe de cet appareil, clairement indiqué par son nom même : un jet constitué par un mélange d'air comprimé et de sable, avec ou sans vapeur d'eau, projeté en pointe, en pinceau ou en nappe, produit, par le choc abrasif indéfiniment répété des grains de sable aigus et très durs, un dépolissage, la ciselure ou la taille de l'objet en travail. Réalisé pour la première fois sous une forme pratique en 1870, par

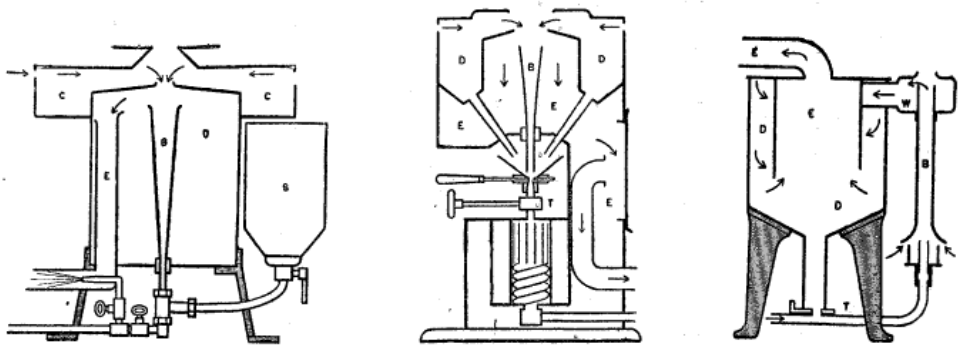


Fig. 1 à 3. — Appareils *Mathewson*.

M. B. C. *Tilghman*, et appliqué tout d'abord au retaillage des limes (2), le procédé au jet de sable s'est depuis prodigieusement étendu et différentié, de sorte que ses applications sont aujourd'hui des plus importantes, nombreuses et variées : dépolissage du verre comme par l'acide fluorhydrique, des marbres, ardoises, granits, métaux les plus durs, leur perçage, leur décoration, le décapage des fontes, tôles, fers, etc. avant leur étamage, nickelage, ou galvanisation ; nettoyage des tubes et des brasures, principalement pour les vélocipèdes ; granulation des plaques d'accumulateurs ; travail des pierres lithographiques ; nettoyage des coques de navire, perçage des glaces ou vitres de ventilation ; décrassage des poteries et briques à émailler ; rafraîchissage des meules, granulation des pellicules de celluloïd pour la photographie ; grainage en relief des bois... en fait, toute une série d'adaptations inattendues, multiples et diversifiées à l'infini.

Pour le travail du verre, l'on emploie, comme vernis des réserves à ne pas attaquer par le sable, un mélange de colle de dextrine, de glycérine et de la couleur dont on veut peindre l'objet. En général, le sable attaque d'autant plus que l'objet est plus

(1) « Sand Blast Process, » by John J. Holtzapffel. *Journal of the Society of Arts*, 3 avril 1895.
(2) *Revue générale des chemins de fer*, avril 1895, p. 173.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dur et la vitesse du jet plus rapide. On doit faire remarquer que le sable peut ainsi percer des corps plus durs que lui, comme le corindon et certains aciers trempés.

Dans l'appareil à jet de vapeur de Mathewson (fig. 1), le vide créé par un jet à une pression de $1^{kil},4$ environ, dans le tambour D, aspire de S en B un jet de sable qui, diffusé dans l'air appelé en même temps par CC, constitue avec cet air un mélange, lequel, projeté contre l'objet posé sur C, y opère, par exemple, un dépolissage : après quoi, le sable qui retombe de C est entraîné par E dans le jet de vapeur. Avec le dispositif du même inventeur représenté en figure 2, la vapeur, préalablement séparée de son eau dans un purgeur à chicanes, débouche, au bas du tube B, dans un entonnoir où le sable chaud tombe de D, puis retombe indéfiniment après son travail : son excédent s'évacuant par la grande chambre E.

Actuellement, l'on emploie de préférence une aspiration d'air par ventilateur en E

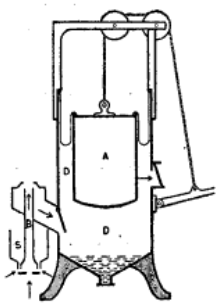


Fig. 4. — Petite machine à marquer sur verre.

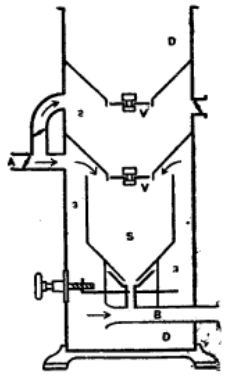


Fig. 5. — Machine à dépolir les tôles.

(fig. 3) avec sable tombant de D en T, au travers d'une valve réglable, pour être repris par l'aspiration d'air au bas de B, projeté, puis ramené, sauf quelques pertes, en D par W. T a 25 millimètres, et B 50 millimètres de diamètre.

On peut, par exemple, avec cet appareil, dépolir à fond de grandes plaques de verre en les passant doucement au-dessus d'une ouverture de 6 millimètres de large et de $1^{m},50$ de long, dans laquelle passe un jet de sable à la pression d'environ $0^{kil},7$. On peut ainsi dépolir environ 30 mètres carrés de verre par heure. Si, après avoir ainsi dépoli ce verre, on le recouvre d'une couche de colle, on obtient, en laissant ce verre exposé pendant dix à douze heures sur des tréteaux à une température d'environ 70°, une espèce de verre givré très gracieux, dont l'aspect provient du craquelage en écailles irrégulières provoqué par le durcissement de la colle, et que l'on entend se produire très distinctement dans l'étuve. Ce phénomène, découvert par hasard, a été fort habilement utilisé par M. Corsan ; il peut se prêter à des effets très remarquables par la limitiation de son attaque aux parties non protégées par du vernis.

La figure 4 représente une petite machine très simple, fréquemment employée pour graver les menus objets en verre, poterie, etc. Un piston A, relié au cylindre D par une membrane en caoutchouc très souple, aspire, en se soulevant dans B, un volume d'air qui entraîne et projette le sable de S par B. L'on emploie ces machines

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

principalement à marquer les mesures de capacités courantes : pintes, demi-pintes, etc., en verre : un ouvrier en marque environ 650 par heure, au prix de 2 francs environ par 1 000. A Londres, on en a marqué, en 1894, près de 600 000. La même machine plus grande, avec air comprimé, et conduite par un moteur à gaz d'un demi-cheval, peut marquer 1 200 verres par heure, au prix total de 0 fr. 60 par 1 000.

Pour les grands appareils, destinés par exemple au dépolissage des plaques de blindage, on emploie l'air comprimé et un magasin D (fig. 5) divisé en plusieurs compartiments 1, 2, 3; le premier, ouvert à l'atmosphère, amène par V le sable au compartiment 2, d'où il tombe, après fermeture de 1 et admission de l'air comprimé A en 2, 3 et S, par sa pesanteur seule, dans le tuyau B, d'où l'air comprimé le projette au travers d'une lance de 20 millimètres environ de diamètre. On peut, grâce à l'emploi de ces trois compartiments, faire marcher l'appareil d'une façon continue, en y reversant le sable à mesure qu'il se vide.

Comme exemple d'application de ces grandes machines, on peut citer celle faite

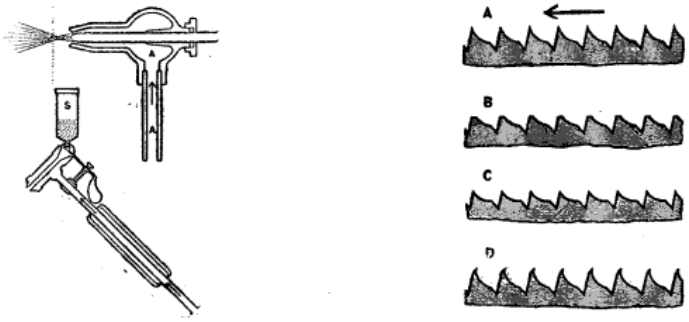


Fig. 6 à 11.

par M. Redman sur une coque de navire de 2900 tonnaux, incrustée d'une couche de peinture de plus de 3 millimètres d'épaisseur, qui fut complètement enlevée, au taux de 1 mètre carré environ par heure, avec un sand-blast débitant $1^{mc},70$ d'air par heure, par une lance de 10 millimètres de diamètre. Après ce décapage, il suffit, pour repeindre la coque, de remplacer, dans un pulvérisateur convenablement approprié, le sable par de la peinture, que l'on applique ainsi à la vitesse d'environ 30 mètres carrés par heure : c'est ce même procédé qui a été, comme on le sait, appliqué très en grand à l'exposition de Chicago.

Aux ateliers de sir John Brown, à Scheffield, on emploie, pour le décrassage des plaques de blindage, un sand-blast avec un compresseur de 4 chevaux, une chambre à air comprimé de 400 litres, et débitant $1_{mc},70$ d'air par heure, au travers d'une lance de 10 millimètres de diamètre, à 1 mètre environ de la surface de la plaque, qu'elle attaque sous une incidence d'environ 20°. La fonte en coquille est parfaitement décrassée par un jet sous une pression de $0^{kil},70$, mais il faut protéger la figure de l'ouvrier par un masque convenablement approprié.

M. Tilghman remplace fréquemment le sable par une poussière de fonte dure, produite par la chute du métal fondu, au travers de trous percés dans de la brique réfractaire, dans une atmosphère complètement privée d'oxygène, où ces filets de métal sont

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

saisis par des jets de vapeur, surchauffés et pulvérisés en globules qui tombent dans un bain d'eau froide où ils se trempent très durs. Leurs diamètres varient de $1^{mm},5$ à 1 millimètre.

On a été très longtemps arrêté par l'usure très rapide de la lance, mais on est parvenu à la réduire à presque rien en faisant saisir le jet central de sable par le jet enveloppant d'air comprimé A (fig. 7) au delà de l'embouchure de la lance, au point concentrique indiqué par la ligne pointillée.

L'emploi du sand-blast pour le rhabillage des limes est connu depuis l'origine de cet appareil. Les limes à retailler sont soumises à l'action de deux jets convergents d'eau et d'un sable excessivement fin, lancé par de la vapeur à 4 atmosphères. L'action est très rapide : il faut deux ou trois minutes seulement pour retailler une grosse rape de 350 millimètres de long comme de B en C (fig. 9). Ce retaillage donne des limes parfaitement suffisantes pour le fer et l'acier, mais en général médiocres pour le bronze, parce que leur dépouille est moindre que celle des limes neuves A. Inversement, l'on emploie parfois le sable pour rabattre les angles recourbés D, formés par le taillant du ciseau des machines à fabriquer les limes, ce qui permet d'en presque doubler le rendement sur le bronze. On aura une idée de la faveur dont jouit ce procédé par ce fait, qu'en 1894, l'on a ainsi retaillé, à Sheffield seulement, environ 240000 douzaines de limes.

On emploie aussi ces mêmes jets de sable humide, mais normalement à leur surface au lieu d'y être inclinés de 20°, pour décrasser les limes après la trempe ; puis aussi de temps en temps, avant le retaillage proprement dit, pour les entretenir constamment en bon état, empêcher la formation des plats, etc.

Les dessins en relief sur pierres, ardoises, granit, marbre, etc., se font avec du sable, de l'émeri, des granules de fonte lancés par un jet d'air comprimé sous une pression de $0^{kil},7$ à 1 kilo, par centimètre carré, avec patrons en gros papier poreux saturé de colle ou en tôle découpée. On emploie aussi ce procédé pour le nettoyage des façades. M. Mickle, à Glasgow, emploie à cet effet une lance sur échafaudage mobile comme ceux des peintres en bâtiment, avec une locomobile et un compresseur refoulant, sous une pression de $0^{kil},5$ à $0^{kil},7$, de l'air dans une chambre d'environ $0^{m}{}_{c},40$ reliée aux lances par des tubes en caoutchouc de 50 millimètres de diamètre. Le nettoyage est parfait, et revient à 2 fr. 25 environ par mètre carré.

L'une des applications les plus intéressantes du sand blast est celle qui en a été faite par MM. *Mills* et *Keep* à la lithographie. On commence par imprégner toute la surface de la pierre d'une couche de graisse, puis on enlève au jet de sable cette couche de graisse sur toutes les parties du dessin qui doivent rester blanches, en entaillant plus ou moins, mais très peu, la pierre, suivant les tons à donner au dessin. On humecte à l'eau les pierres ainsi travaillées, puis on passe au rouleau l'encre, qui ne s'attache qu'aux parties grasses laissées en relief. On espère aussi pouvoir appliquer bientôt le sand blast à la gravure sur acier en mezzotinte, avec des poudres d'émeri très fines. On emploie, pour la gravure lithographique, un crayon au sable (fig. 8) constitué par un tube de 6 millimètres de diamètre sur 230 millimètres de long, avec porte-crayon en bois recevant l'air comprimé, à une pression variant de 1 à 2 millimètres, et portant en S sa petite provision de sable ou d'émeri au droit du courant d'air qui la lance par un petit tube mélangeur perpendiculaire au premier. Une petite soupape, manœuvrée au pouce, permet de régler facilement le débit du sable. Dans un autre appareil, le mélange d'air comprimé et de sable, formé dans un éjecteur de 115 millimètres de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

long sur 40 millimètres de diamètre et tenu dans la main gauche, est projeté, par un tube en caoutchouc, dans une lance très fine, fixée au bout d'une tige de bois, comme un véritable crayon. Cette lance attaque la pierre sous un angle de 45°, plus ou moins près suivant l'épaisseur des traits ou des teintes, et son diamètre varie d'un trou d'aiguille à 6 millimètres, suivant la nature du travail. Avec un peu d'habitude, ce procédé permet d'obtenir facilement les effets les plus variés, d'une façon très précise, rapide et certaine.

CANALISATION EN BÉTON RANSOME (1)

La pose de ces canalisations d'une seule pièce s'opère au moyen d'un moule ABCD (fig. 1) et d'un mandrin E. L'éperon D du moule tiré en avant par la corde

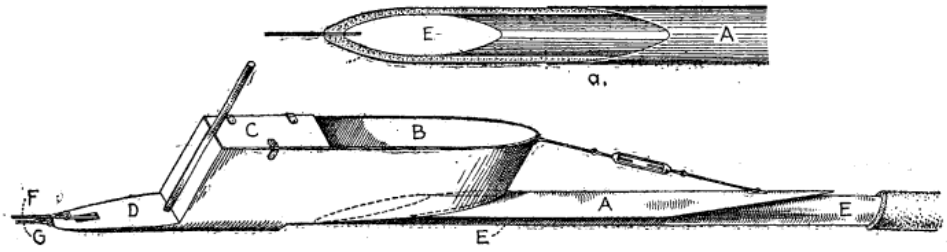


Fig. 1 et 2. — Appareil *Ransome* pour la pose des tuyaux de béton. Ensemble et détail du mandrin E.

G, au fond de la tranchée, puis chargé par des poids en C, refoule et écarte la terre. Le béton logé dans la trémie B est damé sur les côtés et sous le mandrin E, que

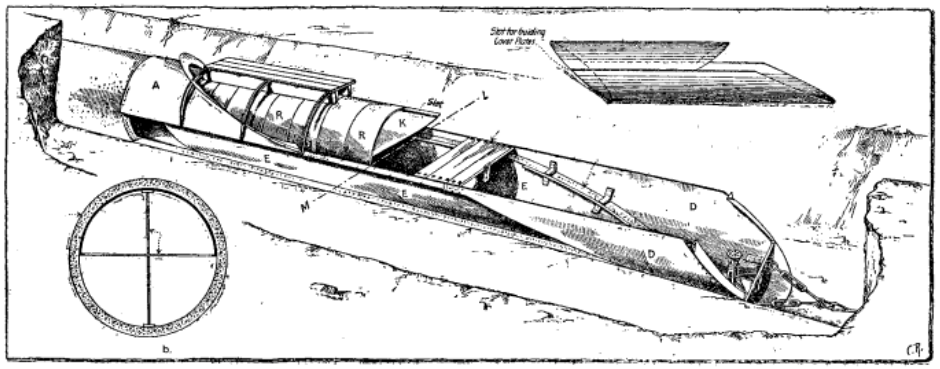


Fig. 3 à 5. — Appareil *Ransome* pour grands travaux. Vue perspective, détail du bouclier et coupe ML.

l'on retire ensuite par la corde F; puis on dame la partie supérieure du caniveau au-dessus de la languette A, de sorte que cette construction se poursuit d'une façon continue.

(1) *Engeneering News*, 4 avril 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour les grands travaux, l'appareil est constitué comme en fig. 3 à 5, où l'on a représenté en D l'éperon, en A la languette, en E le mandrin ou noyau du moule. La languette A porte un avant-bec K, avec demi-cercles R R, que l'on abandonne dans le bétonnage auquel ils servent de cintres. A mesure que K quitte un cintre R, un gamin le soutient par un petit poteau en fer abandonné ensuite dans le canal.

Pour les très grands diamètres rendant difficile le maniement des cintres, on em-

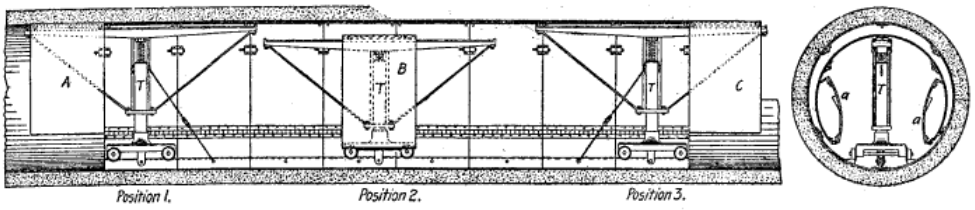


Fig. 6 et 7. — Appareil *Ransome* à cintre articulé.

ploie le système représenté en fig. 6. Le moule y est constitué par une suite d'anneaux, avec chariot T. On commence par amener ce chariot dans la position I, où le béton est assez dur pour permettre d'enlever les cercles : on replie (fig. 7) le bas du cercle A comme en *a a*, on abaisse comme en position 2 le cercle A, par le vérin T qui le supporte, ce qui permet d'amener le chariot dans la position 2, puis en 3, où l'on amène le cercle de B en C, en le soulevant de nouveau par le vérin T. On amène ainsi succes-

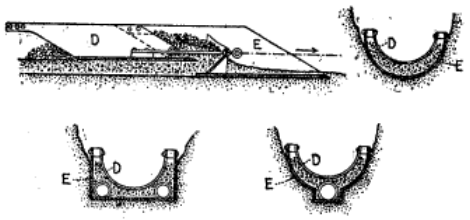


Fig. 8 à 11. — Appareil *Ransome* pour terrains humides.

sivement en avant les différents anneaux ou cercles du moule, de manière à suivre d'une façon continue le tassement du béton autour de ces anneaux.

Lorsqu'on opère en terrains très aqueux, l'on ajoute à l'éperon D (fig. 8) un avant-bec E, placé plus bas, de manière à permettre d'établir sous D un lit de pierres perméables ou des tuyaux de drainage.

On a ainsi posé à Denver environ 2 kilomètres de canalisation de $0^m,96$ de diamètre au taux de 90 mètres par jour; mais si l'on avait eu le béton en abondance, on aurait pu faire 200 mètres par jour. L'établissement de ce canal, de $0^m,96$ de diamètre et de 75 mill. d'épaisseur, en béton composé de 1 partie de ciment de Portland pour 3 1/2 de sable et de gravier, a coûté 21 fr. 30 par mètre courant, avec des salaires de 8 fr. 75 par jour.

G. R.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MÉTALLURGIE

COMPOSITION ET PATINE DES BRONZES JAPONAIS (1).

Les bronzes sont désignés au Japon sous le nom générique de karakane ou métal chinois, importé de Chine vers le VII^e^ siècle : il désigne un grand nombre d'alliages de la série cuivre-étain-plomb, dans lesquels la proportion de cuivre varie de 71 à 89 p. 100, celle de l'étain de 2 à 8 p. 100, et celle du plomb de 5 à 15 p. 100. Le tableau ci-contre donne la composition d'un certain nombre de ces alliages, et le tableau II la composition d'alliages analogues : égyptiens, grecs et romains, qui présentent un grand intérêt historique.

Tableau I. — Composition des bronzes japonais karakanes et des alliages analogues.

NUMÉROS.		AUTEURS.	CUIVRE.	ETAIN.	PLOMB.	ARSENIC.	ANTIMOINE.	ZINC.	FER.	ARGENT.	SOUFRE.	O R.	NICKEL.	TOTAL.
1	Bronze de temple. . . .	Maumené. . .	88,70	2,58	3,54		0,10	3,71	1,07					99,70
2	Brule-parfums XVIII^e^ siècle.	Gowland. . .	86,85	1,76	9,13	1,15	0,40	0	0,33	0,079		trace.		99,699
3	Bronze de temple. . . .	Maumené. . .	86,38	1,94	5,68		1,61	3,36	0,67					99,64
4	Vase XVIII^e^ siècle. . . .	Geerts . . .	85,3	8,9	4,7	trace.			1,1					100
5	Canon XVIII^e^ siècle . . .	Gowland. . .	84	12,68*	3,32									100
6	Vase XVIII^e^ siècle. . . .	Geerts.. . . .	83,70	5,38	7,80	trace.		0,185	0,65					99,38
7	Monnaie Bunkju (1863).	Gowland. . .	83,10	3,21	11,22	1,50	0,49	0	0,27	0,06	0,38	trace.		100,23
8			83,09	3,23	11,50	0,25		0,50	0,22					98,79
9	Vieux vases..	Morin	82,90	2,64	10,46	0,25		2,74	0,64			trace.	trace.	99,63
10			82,72	4,36	9,90	trace.		1,16	0,55					99,39
11	Ornement moderne. . .	Roberts-Austen et Wingham..	81,62	4,61	10,21									99,08
12	Médaille. Tempo 1835 à 1870..	Gowland. . .	81,31	8,26	9,74	0,18	0,03	0,19	0,06	0,037	0,08			99,887
13	Vieux vase.	Morin.	81,30	3,27	11,05	trace.		3,27	0.67					99,56
14	Bronze de temple. . . .	Maumené. . .	80,91	7,35	5,33		0,44	3,08	1,43		0,31	trace de manganèse.		99,03
15	Monnaie Do. Sen, 1636 à 1768..	Gowland. . .	77,30	4,32	15,33	1,14	0,31	0	1,01	0,06	0,52			99,99
16	Vase.	Kalischer. . .	76,60	4,38	11,88			6,53	0,47					99,86
17	Bronze de temple. . . .	Maumené. . .	72,09	5,52	20,31	trace.		0,67	1,73					100,32
18	Ornement	Geerts . . .	71	5,50	20,35			1,34	1,84					99,93
19	Miroir du XVII^e^ ou du XVIII^e^ siècle..	Gowland. . .	95,04	0,58	3,19	0,14			0,04	1,13	0,04	trace.		100,16
20	Miroir moderne.	Ackurson. . .	76,24	23,64	0,13									100,05
21	Miroir moderne.	Hochsteller Godfrey.	75,05	16,95	7,63									99,63
22	Bronze pour souder le cuivre..	»	67,87	29,92	0,89				1,19					99,87
23	Soudure pour bronze. .	»	37,04		1,01			61,63	0,25					99,93
24	Monnaie de laiton Schimon Seu. 1768-1860. .	Gowland. . .	75,62	0,73	2,85	1,99	0,14	16,54	1,76	0,016	0,09	trace.		99,736
25	Vase en laiton, XVIII^e^ siècle.	»	74,52	0,79	5,50	0,12	trace.	19,14	0,15		trace.			100,22
26	Bronze jaune. Sentoku.	Roberts-Austen et Wingham..	72,52	8,126	6,217			13*102	0,17			trace de bismuth	0,065	100

* Par différence.

(1) *The Art of Casting Bronze in Japan* by W. Gowland (Society *of Arts*, 3 mai 1895).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On voit que, dans presque tous ces alliages, le plomb joue un rôle important, principalement pour les objets purement décoratifs, qui n'ont pas besoin de dureté.

Tableau II. — Composition d'anciens bronzes renfermant du plomb.

NUMÉROS.		AUTEURS.	CUIVRE.	ETAIN.	PLOMB.	ZINC.	FER.	ARGENT.	SOUFRE.	
1	Statue d'Osiris, Égypte.	Gladstone. . . .	87,1	6,3	4,4		trace.			
2	Armet celtique antérieur à l'occupation romaine.	Church.	88,49	6,76	4,41	1,44				
3	Draperie grecque, 450 av. J.-C.	Roberts Austen et Wingham..	84,49	9,47	5,31		trace.		trace.	Cobalt, 1,22.
4	Statue d'Isis, Égypte, époque des Ptolémées.	Flight	82,19	2,02	15,79					Nickel, trace.
5	Vase grec du temps d'Alexandre, 324.	Flight	81,764	10,901	5,246		0,153	trace.		
6	Monnaie de Claude le Goth., 268 av. J.-C. .	Philips.	81,60	7,41	8,11			1,86		
7	Statue romaine de la Victoire, Brescia.		80,8	9,4	7,7	1,9				
8	Statue d'Apollon d'Orange, 1er siècle. . . .	Roberts Austen et Wingham,.	80,70	6,44	9,97	trace.	trace.	trace.		
9	Monnaie de Jules et d'Auguste, 42 av. J.-C.	Philips.	79,13	8	12,81		trace.		trace.	
10	Boucle de Bohême, préhistorique.		76,9	9,3	7,7		2,9			
11	Monnaie romaine. As. quadrans, 500 av. J.-C.	Philips.	72,22	7,37	19,56		0,40			Cobalt, 0,28. Nickel, 0,20.
12	Statuette d'Égypte . . .	Bibra.	71,46	3,60	21,54	3,07	0,05			Antimoine, 0,10. Nickel, 0,13.

La composition moyenne des cuivres mêmes employée par les Japonais pour constituer leurs alliages est donnée par le tableau III.

Tableau III. — Composition du cuivre raffiné japonais.

	NOBE-JI.	AKITA.	OMODANI.	SUMITOMO ou MA-BUKI-DO.
Cuivre.	99,30	99,55	99,80	99,24
Plomb.	55	23	12	49
Fer.	10	15	trace.	05
Arsenic	trace.	trace.	»	04
Antimoine.	»	»	»	trace.
Argent.	025	009	»	002
Soufre.	trace.	03	»	01
Bismuth.	»	»	»	»
	99,975	99,960	99,92	99,852

On voit que ce cuivre est en général remarquablement pur d'arsenic, d'antimoine et de bismuth. On emploie parfois des cuivres également dépourvus de ces trois mé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

taux, mais plus chargés de fer et de soufre, et c'est à ce dernier corps qu'il faut attribuer les soufflures des bronzes composés avec ce cuivre impur.

L'étain employé par les Japonais renferme en général du plomb, parfois du fer et du cuivre, mais rarement d'autres impuretés. Le plomb est assez pur, avec un peu d'argent. Le zinc que l'on trouve dans les karakanes n'y est jamais ajouté comme métal : il provient des débris de laitons que l'on ajoute au four. La présence de l'arsenic et de l'antimoine, parfois en quantités considérables, ne provient pas de l impureté des métaux mais de l'addition d'un pseudo-speiss appelé *Shiro-mé*, sous-produit de la désargentation des cuivres par le plomb, et dont la composition est la suivante :

COMPOSITION DU SHIRO-MÉ

Cuivre.	72.70	Fer.	0. 3
Plomb.	8.53	Argent.. . . .	1.33
Arsenic.	11.37	Soufre.	0.33
Antimoine. . . .	4.27	Zinc.	0.
Etain.	0.93	Or..	trace.

L'emploi de cet alliage est prescrit pour les monnaies par un édit de 1764, mais son usage est bien antérieur à cette date. Son effet est d'augmenter la fusibilité du bronze sans en diminuer la dureté, et de donner un moulage plus net qu'avec les bronzes cuivre-étain-plomb ordinaires. En outre, il facilite la production d'une patine grise préférée pour les bronzes à décorer de filigranes d'argent.

Les propriétés caractéristiques des bronzes japonais cuivre-étain-plomb sont :

1° Leur point de fusion très bas, propriété importante en raison de la fusibilité des argiles et des sables employés par les fondeurs japonais ;

2° Leur grande fluidité comparée à celle des bronzes cuivre-étain ;

3° Leur propriété de reproduire les impressions les plus fines du moule ;

4° Leur faible retrait ;

5° La douceur de leur surface ;

6° Leur facilité à prendre les patines des teintes les plus riches.

C'est à l'emploi du plomb qu'il faut attribuer exclusivement la fusibilité, la fluidité de ces bronzes et leurs patines. Le velouté de leur surface et la netteté de leur moulage proviennent en partie de l'exécution du moule et de la température élevée des coulées. En revanche, le plomb diminue leur ténacité au point d'en limiter l'emploi aux objets d'art : encore faut-il y renoncer pour certaines statues équestres, etc., dont quelques points sont très chargés. Ces karakanes ne résisteraient probablement pas en plein air aux intempéries de nos climats.

Les Japonais n'ont pas de règles fixes pour la composition de ces bronzes. D'après M. Gowland, on peut admettre, pour des pièces de tailles moyennes et d'épaisseurs modérées, les compositions moyennes suivantes :

	A	B
Cuivre.	88	88
Étain	7	6
Plomb.	5	5
Zinc.	0	1
	100	100

La résistance de A à la rupture est de 21 kilos par millimètre, celle de B est de 20 kilos, tandis que celle du bronze d'artillerie, avec 2 p. 100 de zinc, est de 23 kilos.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les autres alliages bronzes ordinaires et laitons sont rarement employés pour les objets d'art depuis l'introduction des karakanes. On préfère aux laitons les cuivres plaqués d'or. Le bronze jaune — Sentoku — alliage cuivre — étain — zinc (n° 26, tableau II) s'emploie aussi de préférence au laiton; il date probablement du xv^{e} siècle, et ne renferme pas d'or comme le prétend la tradition.

Il n'existe pas non plus de règles pratiques absolues pour la production des patines, mais la présence du plomb est absolument nécessaire.

Les principales substances employées pour la production des patines sont les sulfates de fer et de cuivre, l'acétate de cuivre (vert-de-gris), l'alun, le soufre en poudre fine, le vinaigre de pommes et la décoction d'une plante appelée Calama gnostis, le nitrate de potasse et le chlorure de sodium. Leurs proportions varient sans aucune méthode d'une fonderie à l'autre, et les formules que l'on a publiées à ce sujet ne correspondent pas à la pratique purement empirique des Japonais. On commence, pour faire la patine, par nettoyer soigneusement le bronze en le frottant avec du charbon de bois à grain fin ou avec une poudre d'écailles siliceuses impalpable, obtenue par lévigation; puis on le fait parfois bouillir dans une décoction de *glycine hispida*, qui facilite, paraît-il, l'attaque de la dissolution de patine. Le traitement par cette dernière dissolution se fait tantôt à l'ébullition, tantôt à froid. Quand la dissolution a produit son effet, on lave le bronze à l'eau, puis dans une décoction de Calama gnostis, puis on le chauffe sur un brasier de charbon de bois, en le retournant avec soin pour en présenter toutes les parties convenablement au feu, puis en le mouillant souvent avec cette décoction; après quoi, on le replonge dans le bain de patine, puis on recommence l'opération, et ainsi de suite, jusqu'à la production de la teinte voulue. C'est un procédé purement empirique, qui exige beaucoup de soin et une grande patience.

On emploie aussi au Japon des procédés de patine à sec par une série de chauffes convenablement réglées au charbon de bois, mais M. Gowland n'a pas pu en prendre connaissance.

G. R.

AGRICULTURE

Application systématique de la pomme de terre à l'alimentation du bétail par M. Aimé Girard, *secrétaire de la Société d'Encouragement* (1).

Les conclusions pratiques auxquelles ont abouti, en 1894, mes recherches sur l'emploi systématique de la pomme de terre à l'alimentation des animaux de boucherie ont vivement frappé le monde agricole. Dans l'application, ancienne déjà, mais confuse jusqu'ici, dont j'ai cherché à préciser les conditions et les mérites, beaucoup ont, dès lors, reconnu le débouché indispensable que réclame aujourd'hui la culture intensive de la pomme de terre, et qui seul peut assurer son avenir.

L'importance des résultats acquis en cette circonstance m'a engagé à entreprendre, pendant l'hiver de 1894-1895, des recherches nouvelles sur le même sujet, et à renouveler la démonstration que les premières avaient apportée.

(1) Compte rendu de l'Académie des Sciences, 6 mai 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

C'est, comme en 1893-1894, sur des bœufs et des moutons que ces recherches ont porté, et c'est à la ferme de la Faisanderie, annexée à l'Institut agronomique, qu'elles ont eu lieu.

Suivant le désir exprimé par M. Viger, alors ministre de l'Agriculture, et pour rendre la démonstration plus générale, les bœufs mis en expérience ont été choisis dans trois races différentes. Ces bœufs, que mes ressources ne m'auraient pas permis d'acquérir, ont été mis à ma disposition, avec une libéralité dont je ne saurais trop le remercier, par M. E. Tainturier, marchand boucher en gros à Paris, qui, non seulement a refusé toute rémunération à ce propos, mais encore a voulu que les bénéfices réalisés fussent tout entiers consacrés aux frais de l'expérience.

La bande comprenait neuf animaux; trois de race Charolaise, trois de race Durham-Mancelle et trois de race Limousine.

Quant aux moutons, de race Solognote, qu'au nombre de trente j'ai, cette année, nourris à la pomme de terre, je les ai choisis simplement dans le troupeau de la ferme de la Faisanderie.

C'est à un système d'alimentation identique qu'ont été soumis tous les bœufs et les deux tiers des moutons (vingt animaux); ce système repose sur l'emploi d'une ration soigneusement déterminée de pommes de terre cuites et de foin : quant aux dix moutons du dernier tiers, mis en comparaison avec les premiers, c'est à la pomme de terre crue qu'ils ont été nourris.

Instruit par les résultats de 1893-1894, je n'avais pas à hésiter cette année sur la composition de la ration destinée aux uns et aux autres. Sans insister ici sur les considérations qui ont déterminé cette composition, considérations qui sont exposées en détail dans le Mémoire développé qui paraîtra prochainement au *Bulletin du Ministère de l'Agriculture*, je me contenterai de dire que cette ration était composée de la manière suivante, par tête et par jour :

	BŒUFS. kilogr.		MOUTONS. kilogr.	
Pommes de terre.	25		2,500	
Foin haché.	3	mélangés.	0,300	mélangés.
Sel	0,030		0,003	
Foin en bottes.	6		0,600	

Dans la ration des neuf bœufs, c'est toujours après avoir été cuite à la vapeur, au moyen de l'appareil Egrot, que la pomme de terre est intervenue.

Les moutons étaient répartis en trois lots (nos 1, 2 et 3); les n° 1 et 2 recevaient, comme les bœufs, la pomme de terre cuite à la vapeur ; quant aux moutons du lot n° 3, c'est à l'état cru, et après avoir été divisée au coupe-racines, que la pomme de terre leur était délivrée.

Cuite ou crue, d'ailleurs, et pour faciliter la rumination, la pomme de terre était, avant sa mise en consommation, additionnée du tiers du foin destiné aux animaux.

Dans un large cuvier, 275 kilogrammes de pommes de terre cuites, par exemple (c'était la ration d'un jour), 29 kilogrammes de foin divisé au hache-paille et $0^{kg},290$ de sel étaient étendus par lits successifs, puis le tout mélangé à la pelle, et le mélange chaud enfin abandonné au repos jusqu'au lendemain.

Une légère fermentation se produit dans ces circonstances; le mélange acquiert une odeur agréable et les animaux s'en montrent particulièrement friands.

C'est en trois repas que la ration journalière était répartie; à la suite de chacun

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'eux, et pour le compléter, chaque animal recevait, sous forme de bottes déliées, les deux tiers du foin afférent à sa ration.

Quant aux moutons nourris à la pomme de terre crue, c'est dans les mêmes conditions, en mélangeant aux pommes de terre débitées en cossettes le tiers du foin de la ration, préalablement haché, que leur alimentation a été conduite.

C'est au commencement du mois de novembre 1894 que la mise en route a eu lieu; c'est le 16 janvier 1895 pour les bœufs, le 5 février pour les moutons, que l'expérience a pris fin; pour les premiers, et à trois exceptions près, elle a duré soixante et onze jours; pour les seconds, elle a duré quatre-vingt-dix jours.

Pour apprécier la valeur pratique d'un système alimentaire appliqué à la préparation des animaux de boucherie, trois données sont à considérer : l'augmentation du poids vif, le rendement en viande nette, la qualité de la viande. J'exposerai rapidement les résultats que l'abatage des bœufs et des moutons a permis de constater à ces trois points de vue.

Augmentation du poids vif. — Les bœufs qui m'avaient été confiés par M. E. Tainturier étaient en très bel état; même leur degré d'engraissement était généralement trop avancé pour qu'on pût espérer une augmentation du poids vif considérable. Celle-ci cependant, grâce à l'alimentation à la pomme de terre cuite et au foin, a été plus importante qu'on n'aurait pu l'espérer d'une ration aussi simple que celle qu'ils ont reçue. Voici, en effet, à quels chiffres cette augmentation s'est élevée :

		DURÉE de l'alimentation.	POIDS initial.	POIDS final.	AUGMENTATION du poids vif totale.	AUGMENTATION du poids vif par jour.
		jours.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.
Charolais	Numéro 1. . .	63	930	1,061	131	2,079
	— 2. . .	71	970	1,075	105	1,464
	— 3. . .	85	1,024	1,110	86	1,010
Durham-Manceaux.	— 4. . .	71	765	840	75	1,056
	— 5. . .	71	837	933	96	1,352
	— 6. . .	81	832	919	87	1,225
Limousins	— 7. . .	71	878	1,010	132	1,858
	— 8. . .	50	745	833	88	1,760
	— 9. . .	71	825	902	77	1,084
		624	7,806	8,623	877	1,405

Pour évaluer d'une manière équitable l'augmentation du poids vif réalisée par l'alimentation à la pomme de terre et au foin, il convient, pour diverses raisons que j'expose dans mon Mémoire, d'éliminer de ce tableau les animaux numérotés 3, 4 et 9. On voit alors l'augmentation du poids vif représenter, chez les six autres animaux : pour les Charolais, 14 et 10,8 p. 100 du poids initial, pour les Durham-Manceaux, 11,4 et 10,4 p. 100 de ce poids, pour les Limousins enfin 15 et 11,5 p. 100.

Ce sont là des augmentations considérables, qui rarement sont réalisées en une période d'engraissement aussi courte, et qui, dans l'ensemble, sont supérieures à celles que j'avais constatées l'année dernière.

Pour les moutons, l'augmentation de poids vif a dépassé tout ce que l'on pouvait espérer; en 90 jours, du 7 novembre 1894 au 5 février 1895, elle a atteint les chiffres ci-dessous, pour les trois lots composés chacun de dix animaux âgés les uns (lot n° 1)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de 3 ans, les autres (lot n° 2) de 4 ans, les derniers (lot n° 3) de 3 et 4 ans et nourris à la pomme de terre :

		POIDS		AUGMENTATION	
		initial. kilogr.	final. kilogr.	du lot. kilogr.	par tête. kilogr.
Cuite. . .	Lot n° 1.	357	521	164	16,400
	— 2.	359	515	156	15,600
Crue. . . .	— 3.	376	517	141	14,100

Ce qui correspond, en centièmes du poids initial, à une augmentation de 45,9 p. 100 pour le premier lot, de 43,4 p. 100 pour les seconds, de 39,3 pour le troisième.

Pour les deux premiers lots, par conséquent, l'augmentation du poids vif a été proche de la moitié du poids initial : résultat considérable, et qui témoigne de la haute valeur du système d'alimentation dont je m'attache en ce moment à établir les mérites.

Des chiffres qui précèdent résulte, en outre, une constatation nouvelle de l'infériorité de l'emploi de la pomme de terre crue comparé à l'emploi de la pomme de terre cuite.

Rendement en viande nette. — C'est à des rendements tout à fait supérieurs, aussi bien pour les bœufs que pour les moutons, qu'ont abouti les expériences dont, en ce moment, je présente le résumé.

En général, pour les bœufs d'écurie, le rendement en viande nette dépasse rarement 53 à 56 p. 100; ce dernier chiffre est un maximum.

Bien plus important a été, en 1894-1895, le rendement des bœufs nourris à la pomme de terre et au foin; c'est aux chiffres suivants, en effet, que ce rendement s'est élevé.

CHAROLAIS.		DURHAM-MANCEAUX.		LIMOUSINS.	
Numéro 1. . . .	59,85	Numéro 4. . . .	60,24	Numéro 7. . . .	61,68
— 2. . . .	60,74	— 5. . . .	60,21	— 8. . . .	62,17
— 3. . . .	59,19	— 6. . . .	60,93	— 9. . . .	61,76
MOYENNES.	59,92		60,46		61,94

Ces chiffres doivent être regardés comme particulièrement remarquables, ceux qu'ont donnés les Limousins, comme exceptionnels.

Les rendements en viande nette, fournis par les moutons, sont peut-être plus beaux encore, surtout si l'on considère que, pris dans le troupeau, nourris de betteraves et de foin, ceux-ci ne rendent généralement pas plus de 41 p. 100. Voici, en effet, quel pourcentage les rendements ont atteint en moyenne :

Lot n° 1.	52,87 p. 100
— n° 2.	55,12 —
— n° 3.	52,90 —

Aucun système d'amélioration ne saurait donner, en quatre-vingt-dix jours, de meilleurs résultats; ceux qu'a fournis notamment le lot n° 2 (moutons de quatre ans nourris à la pomme de terre cuite) doivent être considérés comme des maxima.

Qualité de la viande. — C'est sous le rapport de la qualité de la viande plus encore peut-être que sous le rapport de l'augmentation du poids vif et du rendement en viande nette que s'affirme la supériorité de l'alimentation à la pomme de terre cuite et au foin.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Toutes les personnes qui ont été mises en situation de déguster la viande des bœufs qui ont figuré au Concours général agricole ont été unanimes sur ce point : cette viande a accusé des qualités rares; fine et succulente entre toutes, elle s'est montrée capable de rivaliser avec la viande des meilleurs animaux engraissés au pré.

Dans le Mémoire détaillé, qui paraîtra prochainement au *Bulletin du Ministère de l'Agriculture,* figurent les déclarations des six bouchers de Paris, qui ont acheté et débité à leur clientèle ces bœufs abattus; tous déclarent qu'il est impossible de rencontrer des viandes plus belles, plus appétissantes, mieux persillées et moins chargées de graisse.

La viande des moutons nourris à la pomme de terre cuite a été trouvée, s'il est possible, supérieure encore. Il en est autrement de la viande des moutons nourris à la pomme de terre crue; les qualités de celle-ci ne dépassent pas les qualités de la viande ordinaire.

A chacun des trois points de vue qu'il convient d'envisager pour établir la valeur d'un système alimentaire, le système qui repose sur l'emploi de la pomme de terre cuite accuse donc une supériorité incontestable par rapport à ceux dont les résidus industriels, les pulpes, la betterave elle-même forment la base.

Il ne reste plus alors qu'à établir le prix de revient des produits obtenus par ce système. Je ne saurais ici aborder le détail des comptes, en dépenses et en recettes, relatifs à chaque bœuf ou à chaque lot de moutons. Ces comptes sont exposés dans mon Mémoire, et je me contenterai d'indiquer, comme conclusion générale, le chiffre des bénéfices en argent auxquels aboutissent les uns et les autres.

Ces bénéfices nets, toutes dépenses payées, ont été, par tête, pour les :

	fr.	
Charolais de.	130	en moyenne.
Durham-Manceaux de.	135	—
Limousins de.	226	—

Ce sont là de gros bénéfices, étant donnée la courte période qui les a fournis; ceux qu'ont réalisés les Limousins indiquent évidemment, chez ces animaux, une aptitude spéciale à l'assimilation des principes nutritifs que la pomme de terre leur présente.

Quant aux moutons, les bénéfices ont été, par tête, pour le :

	fr.	
Premier lot de.	11,34	en moyenne.
Deuxième lot de	11,11	—
Troisième lot de.	5,50	—

Ce dernier chiffre vient, par sa faiblesse, confirmer l'infériorité, déjà constatée l'année dernière, de l'alimentation à la pomme de terre crue par rapport à l'alimentation à la pomme de terre cuite.

Tels sont, en résumé, les résultats remarquables auxquels a abouti, en 1894-1895, la deuxième application systématique de la pomme de terre cuite à la préparation des animaux de boucherie.

La pomme de terre riche et à grand rendement, disais-je l'année dernière, doit être dorénavant considérée comme un fourrage de premier ordre.

Il serait difficile de trouver, de cette vérité, une démonstration plus frappante que celle apportée par mes recherches de cette année.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

C'est une richesse nouvelle qu'offrent à l'agriculture française les bénéfices établis par ces recherches; c'est, pour les contrées fertiles où l'élevage et l'engraissement sont déjà en honneur, le moyen d'augmenter le nombre des animaux qu'on y prépare pour la boucherie; c'est, pour les contrées pauvres où les fourrages herbacés sont d'un culture difficile, où les pommes de terre prospèrent au contraire, le moyen d'entrer en lice et de concourir, avec un grand profit, à l'augmentation de la production de la viande de notre pays.

La fumure des vignes et la qualité des vins. Note de M. A. MUNTZ, *membre du Conseil* (1).

L'application des fumures à la vigne a, de tout temps, été regardée comme exerçant une influence défavorable sur la qualité des vins. J'ai été amené, dans le cours de mes études sur le vignoble français, à discuter cette assertion et à demander à des données numériques le contrôle d'une opinion généralement adoptée. Des chiffres, remplaçant des appréciations, modifient souvent l'interprétation des faits agricoles et si, la plupart du temps, la manière de voir du cultivateur s'appuie sur l'observation, souvent il croit à des relations, alors qu'il n'y a que des coïncidences.

J'ai mesuré la fumure, exprimée en éléments fertilisants, dans les grandes exploitations des régions à vins fins et à vins communs, sans modifier en rien les pratiques usuelles, et en me bornant à les exprimer en chiffres comparables. Malgré cette influence attribuée à la fumure, presque toutes les vignes reçoivent des engrais, et souvent en grande quantité. Un coup d'œil d'ensemble permet de dire qu'on se règle, pour leur emploi, plutôt sur les conditions économiques de chaque région (abondance de matériaux fertilisants ou résultats rémunérateurs des exploitations) que sur les besoins réels de la végétation de la vigne, et sans se rendre compte des quantités qu'on met en œuvre.

Je passerai en revue les usages établis pour les apports d'engrais dans les centres viticoles les plus caractérisés.

Dans le Midi, qui n'est pas un pays d'élève du bétail, ni de grande production fourragère, les fumiers sont rares et les viticulteurs s'adressent souvent à des engrais chimiques ou commerciaux. Mais le bas prix des vins (8 à 20 fr. l'hectolitre) oblige à restreindre les frais d'exploitation, qui ne dépassent pas ordinairement 500 fr. à 600 fr. Aussi les vignobles du Midi sont-ils, en général, fumés avec parcimonie.

Voici, pour quelques-uns, les quantités de principes fertilisants donnés, par hectare, dans la fumure annuelle :

		Azote. kil.	Ac. phosph. kil.	Potasse. kil.
Guilhermain (Hérault), plaine.	donné dans la fumure. .	74	47	57
	absorbé par la vigne. . .	74	17	56
Labrousse (Hérault), demi-montagne.	donné dans la fumure. .	89	57	99
	absorbé par la vigne. . .	52	12	41
St-Laurent d'Aigouze (Gard), submersion.	donné dans la fumure. .	91	17	26
	absorbé par la vigne. . .	58	18	57

(1) Comptes rendus de l'Académie des Sciences 6 mai 1893.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans le Médoc, les conditions économiques sont différentes; si les rendements sont moindres, les prix des vins atteignent de 60 fr. à 400 fr. l'hectolitre et permettent de consacrer de 1 000 fr. à 2 000 fr. aux frais d'exploitation. D'ailleurs, cette région est privilégiée sous le rapport de l'abondance des matériaux fertilisants. Outre le fumier d'un bétail assez nombreux, elle trouve les végétaux et les terres humifères des landes, les riches dépôts formés par les alluvions de la Gironde, les gadoues de Bordeaux. Aussi les vignobles reçoivent-ils de fortes fumures, qui se traduisent, par hectare et par an, par les chiffres suivants :

		Azote. kil.	Ac. phosph. kil.	Potasse. kil.
Château-Latour (1er cru).	donné dans la fumure.	112	51	165
	absorbé par la vigne	40	13	54
Château-Brâne-Cantanac (2e cru).	donné dans la fumure. . . .	160	102	172
	absorbé par la vigne.	42	13	54
Château d'Issan (3e cru)	donné dans la fumure.	295	272	177
	absorbé par la vigne.	47	17	65

En Bourgogne, on fume les vignes moins abondamment, dans la crainte de diminuer la qualité des vins. Là, où d'ailleurs les terres sont assez riches, nous voyons, par exemple :

		Azote. kil.	Ac. phosph. kil.	Potasse. kil.
Chambertin.	donné dans la fumure.	56	165	55
	absorbé par la vigne	31	9	34
Beaune.	donné dans la fumure.	47	23	54
	absorbé par la vigne.	24	7,5	26

Quant à la Champagne, qui n'a cependant que des ressources locales assez limitées en matières fertilisantes (fumier de cheval et de mouton, terres pyriteuses), elle donne d'abondantes fumures; les prix des vins (300 fr. à 600 fr. l'hectolitre) sont assez élevés pour qu'on puisse consacrer jusqu'à 3 000 francs aux frais d'exploitation annuels. Outre les apports énormes faits au moment de la plantation, les vignes reçoivent, par an et par hectare :

		Azote. kil.	Ac. phosph. kil.	Potasse. kil.
Cramant.	donné dans la fumure.	106	87	219
	absorbé par la vigne.	37	9	39
Hautvillers.	donné dans la fumure.	158	151	196
	absorbé par la vigne.	49	12	55
Verzy.	donné dans la fumure.	110	50	120
	absorbé par la vigne.	40	125	48

On voit, par ce qui précède, que le Médoc et la Champagne, dont les vins ont une si grande finesse, emploient de très fortes fumures, dépassant celles qu'on donne aux cultures les plus intensives de céréales, de racines ou de fourrages.

Ce n'est donc pas l'abondance des matières fertilisantes qui exerce une action déprimante sur la qualité des vins. Mais il convient d'ajouter que, dans ces crus si renommés, dont les sols offrent peu de ressources par eux-mêmes, ce sont presque toujours des engrais naturels que l'on emploie, après les avoir, le plus souvent, transformés en terreau. Si l'on employait des engrais chimiques, à action plus rapide, tels que le nitrate de soude, peut-être n'auraient-ils pas la même innocuité : c'est un point qui n'est pas résolu.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En réalité, ces fortes fumures ont plutôt pour effet de donner de la vigueur à la vigne que de pousser à une augmentation de récolte; le rendement est subordonné aux influences climatériques beaucoup plus qu'à l'abondance des matières fertilisantes, et, quand il n'est pas artificiellement poussé, par le mode de taille, au delà d'une certaine limite, la qualité des vins ne se ressent pas de l'exagération des fumures.

Mais, lorsqu'en même temps on taille à long bois, laissant ainsi beaucoup plus de bourgeons à fruits, ces influences réunies agissent sur la production, qu'on peut alors arriver à doubler, mais au détriment manifeste de la finesse des vins et de leur vinosité. En demandant à la vigne de plus fortes récoltes, par l'effet combiné de la fumure et de la taille, on n'obtient donc que des vins inférieurs. Au contraire, quand la surproduction est due uniquement à des circonstances météorologiques favorables, il n'en est pas de même, et les années de grands rendements sont généralement aussi des années de bonne qualité, comme cela a eu lieu en 1893, où le Médoc et la Champagne ont récolté le double des années normales.

Si l'on met en parallèle les vignes du Midi, qui vivent dans un climat chaud et régulier, permettant d'obtenir des rendements peu variables, et celles du Médoc, de la Bourgogne et de la Champagne, dont l'action des intempéries modifie les rendements du simple au quadruple d'une année à l'autre, nous voyons que, dans les premières, la production est subordonnée à la quantité d'engrais, le climat étant un facteur constant, tandis que, dans les autres régions, elle est subordonnée aux influences climatériques, la fumure étant là le facteur constant, c'est-à-dire toujours suffisant pour la végétation et la fructification de la vigne.

PROCÈS-VERBAUX

Séance du 26 *avril* 1895.

Présidence de *M. Mascart*, président.

Le procès-verbal de la précédente séance est lu et adopté.

M. le Président fait part de la mort de *M. A. d'Eichthal*, membre de la Société, et exprime les vifs regrets que laisse la perte de cet homme de bien.

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

M. de Sales adresse des remerciements pour les secours qui lui ont été accordés par la Société.

M. Ramu remercie le Conseil de sa nomination de membre de la Société.

M. Harivel, avenue d'Orléans, 44. Appareils de sauvetage. *M. A. Basin*, à Lillers (Pas-de-Calais). Paquebot insubmersible. (Comité des Arts mécaniques.)

M. E. Drillon, 2, avenue de la Gare, Périgueux. Bélier horizontal et appareil à distiller en cascade. (Arts mécaniques et chimiques.)

M. Larif, rue Ledru-Rollin, 7. Nouveau combustible. (Arts chimiques.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Deviolaine, de la maison *Deviolaine et Cie*, Soissons, demande à présenter plusieurs ouvriers pour les médailles.

CORRESPONDANCE IMPRIMÉE. — Divers ouvrages mentionnés à la page 453 du *Bulletin* d'avril.

M. le Président remercie les donateurs de ces ouvrages, dont les plus importants sont envoyés, pour examen, à la Commission du *Bulletin* et aux Comités compétents.

NOMINATIONS DE MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ. — Sont nommés membres de la Société :

M. Masse, ingénieur civil des mines, présenté par *MM. Haton de la Goupillière* et *Le Chatelier*.

M. Fleury, ingénieur civil des mines, présenté par *MM. Sauvage* et *G. Richard*.

MM. Pavin de Lafarge, propriétaires d'usines à chaux, présentés par *MM. Haton de la Goupillière* et *Le Chatelier*.

M. Dupuis, sous-directeur des forges de la marine, présenté par *MM. Haton de la Goupillière* et *Le Chatelier*.

M. de Curières de Castelnau, ingénieur en chef des mines, présenté par *MM. Haton de la Goupillière* et *Le Chatelier*.

M. Hugot, directeur des forges de Firminy, présenté par *MM. Haton de la Goupillière* et *Le Chatelier*.

M. Walrand, ingénieur civil des mines, présenté par *MM. Haton de la Goupillière* et *Le Chatelier*.

M. Larivière, ingénieur civil des mines, présenté par *MM. Haton de la Goupillière* et *G. Richard*.

M. Borreau, ingénieur civil des mines, présenté par *MM. Livache* et *G. Richard*.

M. Baillière, éditeur, présenté par *MM. Aimé Girard* et *G. Richard*.

M. Follot, fabricant de papiers peints, présenté par *MM. Mascart* et *Aime Girard*.

M. Cheysson lit une notice nécrologique sur *M. Rousselle*, membre du Comité des Arts économiques. (Voir en tête du présent *Bulletin*).

CONFÉRENCE. — *M. Hillairet* fait une conférence sur les *Transmissions électriques dans les ateliers*. Cette conférence sera reproduite au *Bulletin*.

M. le Président, s'associant aux applaudissements de l'auditoire, remercie *M. Hillairet* de sa belle conférence et le félicite de la grande part qu'il a prise lui-même, comme ingénieur-électricien, au développement des applications de l'électricité, dont il vient d'exposer si clairement les principes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Séance du 10 mai 1895.

Présidence de *M. Mascart*, président.

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

M. le Ministre de l'agriculture informe le Président de la Société qu'il accorde à la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale une subvention de 1 800 francs pour l'année 1895, pour encouragement à l'agriculture.

M. le Président adresse les remerciements de la Société à M. le Ministre de l'Agriculture, ainsi qu'à *M. Tisserand*, dont on doit reconnaître l'importante initiative.

M. Larivière remercie le Conseil de sa nomination comme membre de la Société.

M. L. Follin, directeur de la Société des Phosphates de Hardivillers-Breteuil, remet deux plis cachetés relatifs : l'un à un *laveur automatique pour craies phosphatées*, et l'autre à un *four automatique continu pour le séchage des phosphates pulvérulents*.

M^me^ H. Aernaudt, 34, rue de la Bienfaisance, pli cacheté relatif à un manchon pour lampe à incandescence.

M. L. Rousseau, 56, rue Saint-Sabin, soumet à l'appréciation de la Société un four économique à retour de flammes pour fondre les métaux. (Comité de Chimie.)

M. le Maire du XIII^e^ arrondissement présente deux candidats pour la fondation *Fauler*.

Correspondance imprimée. — Divers ouvrages mentionnés à la page 606 du présent *Bulletin*.

M. le Président remercie les donateurs de ces ouvrages dont les plus importants sont envoyés pour examen à la Commission du *Bulletin* et aux Comités compétents.

Nominations de membres de la Société. — Sont nommés membres de la Société, présentés par *MM. Haton de la Goupillière* et *Le Chatelier* :

MM. Haureux, administrateur de la Compagnie Royale asturienne.

Grobot, directeur de l'usine d'Assailly.

Siméon, ancien élève de l'École polytechnique.

de Lalande, ancien élève de l'École polytechnique.

J. Belin, éditeur, présenté par *MM. Rossigneux* et *Aimé Girard*.

Bougueraud, membre de l'Institut, présenté par M. *Rossigneux*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

DÉCLARATION DE VACANCES. — Sur la proposition du Comité de Beaux-Arts, le Conseil déclare deux vacances ouvertes par les décès de *MM. Armand Dumaresq* et *E. Plon*.

RAPPORTS DES COMITÉS. — *M. Violle* (Arts mécaniques). Observatoire météorologique du Mont-Blanc, de *M. Vallot*.

M. Jordan (Arts chimiques). Sur les travaux de *M. Hadfield* sur les alliages de fer avec le silicium, l'aluminium et le chrome (voir p. 519 du présent *Bulletin*).

M. Lavalard (Agriculture). Sur l'ouvrage de *M. Furne*, intitulé : *Conditions de la production et de l'élevage de la race chevaline boulonnaise*.

M. Cheysson (Commerce). Sur l'Association Coopérative des Employés civils de l'État et du département de la Seine.

M. le général Sebert (Arts économiques). Sur la règle topographique du capitaine *Delcroix*.

M. E. Sauvage (Arts mécaniques). Sur les locomotives compound articulées de *M. Mallet*.

M. A. Tresca (Arts mécaniques). Sur l'antheximètre *Petit*.

COMMUNICATION. — *M. André Delebecque. Sur des procédés de sondage des lacs et les principaux résultats obtenus.* — Il semble que ces procédés soient extrêmement simples, qu'il suffise d'une corde en chanvre graduée en mètres ou en décimètres, suivant la précision qu'on veut obtenir. Mais les résultats ainsi obtenus sont inexacts, parce qu'une corde en chanvre a une longueur variable, suivant qu'elle est plus ou moins tendue, et aussi suivant qu'elle est plus ou moins imprégnée d'humidité. Il faut se servir d'un appareil à fil d'acier; l'appareil Belloc, qui ne pèse que quelques kilos, est le plus parfait qui ait été imaginé dans ce genre. Grâce à lui, la profondeur est déterminée très exactement. Pour connaître la position du point où l'on sonde, on se sert en général d'une planchette et d'une alidade munie de fils stadimétriques, établies sur la rive; sur le bateau, un mât gradué fait l'office de mire. Si le bateau est trop éloigné de la côte, on a recours au sextant. Comme la plupart des lacs de montagne sont dépourvus de bateau, M. Delebecque a été obligé de se procurer une embarcation légère et suffisamment stable. Il a employé le bateau démontable Osgood, qui lui a rendu de grands services.

C'est par ces procédés que M. Delebecque a sondé la plupart des lacs importants du territoire français. On a reconnu ainsi que ces lacs étaient loin d'avoir la profondeur que les légendes leur attribuaient; ainsi le lac de Genève, un des lacs les plus profonds de l'Europe, n'a que 310 mètres.

Le fond des lacs est en général plat; ainsi, celui du lac de Genève est occupé par une plaine presque horizontale, sur laquelle, dans un espace de 60 kilomètres

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

carrés, la profondeur ne varie pas de 5 mètres. Des accidents topographiques viennent souvent rompre la monotonie du relief des lacs, par exemple, les ravins sous-lacustres (lacs de Genève et de Constance); les moraines immergées (lac d'Annecy); les sources sous-lacustres (lac d'Annecy); les deltas torrentiels, etc.

Les plus petits lacs ne sont pas toujours les moins profonds. Les lacs de montagne, dont la superficie est généralement très restreinte, sont remarquables souvent par leur grande profondeur; tels sont le lac Bleu, dans les Pyrénées, le plus profond après le Bourget, qui a 120 mètres; le lac d'Artouste, dans les Basses-Pyrénées, avec 85 mètres; *l'étang* de Naguille, dans l'Ariège, avec 72 mètres.

M. Delebecque traite aussi des recherches physiques et chimiques qu'on peut entreprendre sur les lacs. Il montre les thermomètres qui permettent de prendre les températures dans les profondeurs : celui de Negretti et Zambra, et celui, plus récent, de M. Chabaud. Il parle des diverses influences auxquelles sont soumises ces températures; l'une des principales paraît être celle du vent, en raison des courants qu'il engendre dans la masse du lac.

M. Delebecque termine en montrant la bouteille de Mill, qui permet de recueillir des échantillons d'eau à une profondeur déterminée, et en émettant quelques considérations sur la composition de l'eau des lacs.

BIBLIOGRAPHIE

Traité d'électricité. — Théorie et applications générales, par **F. RODARY**, ingénieur civil des mines, 1 vol. in-8, 520 pages, 586 figures. — Paris, Dunod et Vicq.

Cet ouvrage comprend trois parties principales intitulées : *Principes généraux. Production et transformation de l'électricité. Applications de l'électricité.* Il est destiné moins aux électriciens de profession qu'aux ingénieurs et industriels, aujourd'hui si nombreux, qui ont besoin de notions générales exactes sur les principes et les applications les plus importantes de l'électricité, applications qui se multiplient et se diversifient chaque jour à l'infini. L'auteur a su concentrer dans cet ouvrage peu volumineux, et sans cesser d'être clair, un très grand nombre de renseignements, dont la réunion, sans dispenser pour cela de remonter aux sources mêmes, constitue un ensemble des plus faciles à consulter, très suggestif et des plus utiles pour tous ceux qui s'intéressent à l'industrie électrique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LÉAUTÉ (**H.**), membre de l'Institut, et **BÉRARD** (**A.**), ingénieur en chef des poudres et salpêtres. — **Transmission par câbles métalliques.** Petit in-8 (*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire*).

La transmission par câbles métalliques se prête particulièrement bien à la transmission de la force à distance. Elle se comporte d'une manière très satisfaisante à l'air libre, et possède une souplesse spéciale; elle permet de se plier aux exigences des terrains les plus accidentés et de suivre les chemins les plus compliqués sans exiger de constructions coûteuses, et va s'appliquer aussi bien aux très grandes forces qu'aux forces ordinaires. En outre, elle n'est pas moins propre à transmettre la force à grande distance qu'à la répartir entre plusieurs points, tout en n'entraînant qu'une perte d'effet utile relativement faible.

Toutefois, ces avantages ne peuvent être réalisés qu'au prix d'une étude approfondie des propriétés particulières des câbles métalliques et des conditions de leur fonctionnement.

C'est ce qu'ont fait les auteurs, ils ont formulé des règles précises et sûres qui mettront les ingénieurs à l'abri de toute surprise. L'application de leur méthode est rendue facile par l'emploi de tableaux numériques qui dispensent de calculs compliqués. Les divers cas qui peuvent se présenter dans la pratique sont examinés séparément, notamment le cas des transmissions cycliques, où la force est distribuée à plusieurs stations et où un même câble ininterrompu actionne plusieurs récepteurs.

L'ouvrage renferme un grand nombre de données d'ordre purement pratique sur les précautions à prendre pour l'entretien et la conservation des câbles, sur l'amplitude de leurs mouvements, sur l'installation des poulies, la construction des supports et le rendement de ces transmissions.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LIVRES ET OUVRAGES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE

EN MAI 1895

Nouveau dictionnaire illustré, par M. PAUL GUÉRIN. 1 vol. in-18, 887 p., chez Mame, à Tours.

Annuaire de la papeterie française et étrangère, Paris, Office des fabricants de papier, 18, rue des Pyramides. 1 vol. in-18, 600 p.

L'industrie de la soude, par G. HALPHEN. 1 vol. in-18, 368 p. de l'*Encyclopédie de chimie naturelle*, chez J.-B. Baillière et fils.

Manuel de la métallurgie du fer, par LEDEBUR, traduction de B. DE LANGLADE, vol. II. 1 vol. in-8, 700 p., 327 fig. Paris, Baudry.

Construction des machines à vapeur fixes et marines, par M. DUMOULIN. 1 vol. grand in-8, 430 p., 483 fig. Paris, Baudry.

Étuvage des farines d'armement, par le Dr CARLES. 1 br. in-8, 15 p. Paris, les Libraires associés, 13, rue de Buci.

Bulletin de l'Institut égyptien, janvier, février, mars 1894. Le Caire, Imprimerie nationale.

Bulletin du Comité des travaux historiques et scientifiques. Section des sciences économiques et sociales, année 1894, du Ministère de l'Instruction publique et des Beaux-Arts. 1 vol. in-8, 364 p. Imprimerie nationale.

Recueil de lois, ordonnances, décrets, concernant les services dépendant du Ministère des Travaux publics. 1 vol. in-8, 450 p. Paris, Imprimerie administrative, C. Jousset.

De la **Smithsonian institution. Rapport annuel** pour 1893. 1 vol. in-8, 760 p. Imprimerie du Gouvernement, à Washington.

Bibliographie de l'éther acéto-acétique. 1 vol. in-8, 140 p.

Littérature du didymium. 1 broch. in-8, 20 p.

Tables géographiques Smithsoniennes. 1 vol. in-8, 182 p.

Nombreuses applications d'une construction géométrique élémentaire, par E. COLLIGNON. 1 broch. in-8. 36 p. Association française pour l'avancement des sciences, section de Caen, secrétaire de la *Société d'Encouragement*.

Les applications mécaniques de l'énergie électrique, par J. LAFFARGUE. 1 vol. in-18, 365 p., chez J. FRITSH.

Les grands télescopes à lentilles cylindro-cruciales, par E. HEBERT. 1 broch. in-18, autographiée, chez l'auteur, 17, rue Victor-Hugo, le Havre.

Les nouvelles voitures du chemin de fer d'Orléans, par E. POLONCEAU. 1 broch. grand in-8, 20 p. et 14 planches, extrait de la *Revue générale des chemins de fer*.

Nécessité de l'inspection sanitaire des viandes dans les campagnes (Société vétérinaire de l'Aube). 1 broch. in-18, 54 p. Troyes, imprimerie Martelet.

L'industrie chimique, par A. HALLER, directeur de l'Institut chimique de la Faculté des sciences de Nancy. 1 vol. in-18, 348 p. Chez J.-B. Baillière et fils.

De la collection Léauté : H. LAURENT, **Théorie et pratique des assurances sur la vie.** LEAUTÉ et BÉRARD, **Transmissions par câbles métalliques.**

Annuaire général et international de la photographie, directeur : MARC LE ROUX. Chez Plon-Nourrit.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LITTÉRATURE

DES

PÉRIODIQUES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIÉTÉ

Du 15 Avril au 15 Mai 1895.

DÉSIGNATIONS ABRÉGÉES DES PUBLICATIONS CITÉES (1)

Al., Avril.

Ag. . . . Journal de l'Agriculture.
Ac.. . . . Annales de la Construction.
Acp. . . . Annales de Chimie et de Physique.
Ai.. . . . Annales industrielles.
AM. . . . Annales des Mines.
Ap. . . . Journal d'Agriculture pratique.
APC . . . Annales des Ponts et Chaussées.
At. . . . Annales télégraphiques.
Bam . . . Bulletin technologique des anciens élèves des écoles des arts et métiers.
Btp. . . . Bulletin du ministère des Travaux publics (statistiques).
Ci. . . . Chronique industrielle.
Co.. . . . Cosmos.
CN. . . . Chimical News (London).
Cs.. . . . Journal of the Chemical Society (London).
CR. . . . Comptes rendus de l'Académie des Sciences.
Dp. . . . Dingler's Polytechnisches Journal.
E. . . . . Engineering.
EaM. . . . Engineering and Mining Journal.
EE.. . . . Eclairage Électrique.
El.. . . . Electrician (London).
Elé. . . . L'Électricien.
Eg. . . . Journal de l'Éclairage au gaz.
Ef. . . . . Économiste français.
Es.. . . . Engineers and Shipbuilders in Scotland (Proceedings).
Fi . . . . Journal of the Franklin Institut (Philadelphie).
Gc. . . . Génie civil.
IC. . . . . Ingénieurs civils de France (Bulletin.).
Ie. . . . Industrie électrique.
Im.. . . . Industrie minérale de Saint-Étienne.
IME.. . . Institutions of Mechanical Engineers (Proceedings).
In. . . . Inventions nouvelles.
Ln. . . . La Nature.
Ms. . . . Moniteur scientifique.
N. . . . Nature (anglais).
OIA.. . . Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieure und Architekten. Vereins.
Pc. . . . Journal de Pharmacie et de Chimie.
Pm . . . *Portefeuille* économique des *machines*.
Rgc.. . . Revue générale des chemins de fer.
Rgds. . . Revue générale des Sciences.
Ri. . . . Revue industrielle.
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 (Bulletin).
Sfp . . . Société française de photographie (Bulletin).
Si. . . . La Science illustrée.
Sie. . . . Société internationale des Électriciens (Bulletin).
Sg. . . . Bulletin de la Société de géographie.
Sgc . . . Bulletin de la Société de géographie commerciale.
SL. . . . Bulletin de statistique et de législation.
SuE. . . Shahl und Eisen.
USR. . . Consular Reports to the United States Government.
VDI.. . . Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure.

(1) Exemple, Ri 22 *Al.* 505 doit se lire *Revue Industrielle*, 22 Avril 1895, page 505.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

Abeilles (Culture des) (Honnell). *Ag.* 27. *Al.* 659.
Asperges (Botteleurs d'). *Ap.* 10 *Mai*, 717.
Avoines. Composition de quelques avoines françaises et étrangères (Balland). *CR.* 16. *Al.* 845.
Betteraves. Arracheur de (Freut). *Gc.* 10 *Mai*, 28.
Blé (Culture du) en Algérie (Grandeau). *Ap.* 18. *Al.* 565.
Céréales (Exigences des) (Sagnier). *Ag.* 27. *Al.* 668.
— (Expériences sur les) (Genay). *Ag.* 4 *Mai*, 692.
— (Marché des) à Londres (C. Jordan). Bulletin du ministère de l'agriculture, n° 2. 1895, p. 203.
Cheval Norfoltk Breton (le). *Ag.* 27 *Al.* 664.
Déboisements (Influence des). *Rs.* 20. *Al.* 507.
Drainage (Composition des eaux de) (Dehérain). *Ln.* 26 *Al.* 341.
Danemark (Situation agricole du) (d'Ormesson). Bulletin du ministère de l'Agriculture. N° 2, 1895, p. 208.
Dépression générale de l'agriculture (Bear). *Ap.* 9 *mai*, 679.
Élevage des veaux à la farine de viande. *Ap.* 18. *Al.* 507.
— Phosphate de chaux dans l'alimentation du bétail. *Ap.* 2 *Mai*, 642.
Engrais. *Azote assimilable* dans les terres arables (Pagoul). *CR.* 16 *Al.* 812.
— Estimation de l'*acide phosphorique* dans les scories Thomas. *SuE.* 1er *Mai*, 415.
— *Strontiane* substituée à la chaux pour la nutrition des plantes (Vaudin), *pc.* 15 *Mai*, 515.
— *Tourbe* emploi comme engrais. *Ag.* 20. *Al.* 612.
— *Nitrification* des terres granitiques (Claudel et Dumont). *Ap.* 27. *Al.* 651.
— *Fumier de ferme*. Emploi en culture maraîchère (Grandeau). *Ap.* 25 *Al.* 6 *Mai*, 601, 637.
— — frais : faible utilisation de son azote. *Ap.* 25. *Al.* 612 (le).
— *Les nitrates* et les bactéries et le (Grandeau). *Ap.* 916, *Mai*, 674, 707.
— *humus*. Note sur (Joffre). *ScP.* 20 *Al.* 443.
Faneuse américaine. *Ap.* 9 *Mai*, 681.
Fourrages. Le Kurbis, nouvelle plante fourragère (Pagès). *Rs.* 4 *Mai*, 559.
Irlande. Situation agricole de (Bœufré). Bulletin du ministère de l'Agriculture, n° 2, 1895, 205.
Labourage à la vapeur et à l'électricité. *Gc.* 27 *Al.* 411.
Lait. Matières minérales du (Pagès). *Rs.* 4 *Mai*, 559.
Stérilisation et fermentation lactique (Cazeneuve). *Pc.* 15 *Mai*, 449.
Maïs (le), de Szekely. *Ag.* 20 *Al.* 614.
Machines agricoles à la 8e exposition de la Société d'Agriculture allemande. *VDI.* 11 *Mai*, 557.
Moineau (le). Son utilité dans l'agriculture. *Rs.* 18 *Mai*, 634.
Oranger (l') (Heuzé). *Ap.* 18. *Al.* 2 *Mai*, 643.
Poulaillers économiques (les). *Ag.* 20 *Al.* 619.
Semences (Vitalité des). *N.* 2 *Mai*, 5.
Sanvers (destruction des). *Ag.* 11 *Mai*, 735.
Surproduction (la) et ses conséquences agricoles (Pageot). *Ap.* 2 *Mai*, 655, 682.
Tunisie (Notice agricole sur la) (Hilier). *Ap.* 9 *Mai*, 687.
Vers gris (destruction des) (Laboulbène). *Ag.* 4 *Mai*, 689.
Vignes. Black Root dans l'Aveyron (G. Lavergne). Bulletin du ministère de l'Agriculture. N° 2, 1895, 166.
— Greffoir Pradines. *Ap.* 18. *Al.* 580.
— (Préservation des) contre les gelées printanières. *Ag.* 20. *Al.* 625.
— (Fumure de la) et la qualité des vins. Muntz. *CR.* 9 *Mai*, 1010.

CHEMINS DE FER

Boîte à graisse. Pigott. *E.* 10 *Mai*, 621. *Rees. E.* 3 *Mai*, 594.
Bogie. Greathead. *E.* 10 *Mai*, 621.
Canons (transport des) aux États-Unis. *Rgc. Al.* 220.
Chauffage des trains aux États-Unis, *Pm*, *Mai*, 77.
— électrique des voitures. *Rc.* 4 *Mai*, 177.
— Howard et Taite. *E.* 3 *Mai*, 593.
Chemins de fer allemands (extension des) *Gc.* 27 *Al.* 414.
— futurs de l'Inde (W. Parry). *SA.* 10 *Mai*, 569.
— de l'État à Sumatra. *E.* 19. *Al.* 17 *Mai*, 495, 595.
— à crémaillère au Japon. *Rgc. Al.* 216.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Chemins de fer de montagnes dans les Alpes. *Ic.* 25 *Al.* 161.
— du Transwaal. *Rgc. Al.* 243.
Gares de Saumur. *Rgc. Al.* 186.
— terminus Union à Saint-Louis. *E.* 3 *Mai*, 563.
Longrines en fer et traverses en bois (sur les). ZOI, 10 *Mai*, 273.
Locomotives (les) à l'Exposition de Chicago. ZOI, 3 *Mai*, 253.
— Calcul de la puissance des (Leitzmann). Bulletin de la Société d'Encouragement de Berlin. *Al.* 193.
— Express à bogie et roues libres. Great Western Ry. *Rgc. Al.*, 218.
— 8 couplées à bissel de l'État prussien. *Rgc. Al.*, 217.
— Tenders pour trains légers. État français, *Pm. Mai*, 66.
— Nouveaux types américains. *Ln.* 4 *Mai*, 362.
— (Bascule à peser les). 201, 10 *Mai*, 278.
Rails. (Soudures des) en Amérique. *EE.* 27, *Al.* 170.
Sémaphore électrodynamique Siemens et Halske. *EE.* 20, *Al.* 107.

TRANSPORTS DIVERS

Bicyclette à pétrole Millet, *Ln.* 4 *Mai*, 353.
— Bandage pneumatique en cuir Sainte. *Ln.* 11 *Mai*, 379.
Électricité. *Locomotives électriques* en Amérique, *EE.* 13, *Al.* 84. A grandes vitesses (Jacquemin). *Gc.* 27, *Al.* 405.
Traction électrique (Dawson). *E.* 19, 26, *Al.* 3 *Mai*, 505, 531, 567, 599.
Tramways électriques (Dublin). *E.* 10 *Mai*, 617. A canalisation souterraine, *EE.* 4 *Mai*, 228.
— Phénomènes d'électrolyse par le courant de retour (Rowland). *EE.* 13, *Al.* 74, *Gc.* 4 *Mai*, 14.
— par accumulateurs (Sarcia). *Sie. Al.* 185.
— avec accumulateurs au chlorure de cuivre, *Ie.* 25 *Al.* 166.
— à rail sectionné Claret-Willeumier, *EE*, 4 *Mai*, 211.
Tramways pneumatiques (Popp Conty). *Rt.* 10 *Mai*, 193.
Transports (Moyens de) aux États-Unis (Warin). *Rs.* 4 *Mai*, 551.
Vélocipèdes (les). *Dp.* 3 *Mai*, 101.
Voitures automobiles (Histoire des). *Ln.* 11 *Mai*, 375.

CHIMIE ET PHYSIQUE

Acide sulfurique. Procédés de fabrication. Benker. *Ms. Mai*, 322.
Air liquide. Ses usages scientifiques (Dewar). *CN.* 19, 26, *Al.* 192, 199.
Alcool. Action du magnésium sur la vapeur. et préparation de l'allylène (Kaiser et Breed). *Fi. Al.* 304.
Amide nouveaux Sels d'. (Topin). *Acp. Mai*, 97.
Analyses et Laboratoires.
— Densimètres compensateurs. Galaine, *pc.* 15 *Mai*, 499.
— Pipette de laboratoire Skinner. *CN.* 3 *Mai*, 217.
— Gazogène auto-régulateur pour laboratoires (Andrews). *CN.* 10 *Mai*, 224.
— Sections microscopiques (Appareil à préparer les) (Tutton). *RSL.* 14 *Fév.*, 324.
— Appareils à doser le carbone. *SuE.* 15, *Al.* 389.
— Hydro-extracteur pour laboratoires (Kahlbaum). *Cs.* 30 *Al.* 387.
— Appareil pour distillation fractionnée à basses températures (Kahlbaum). *Cs.* 30 *Al.* 387.
Anthracène (Essai de l') (Bassett). *CN.* 26 *Al.* 202. (Purification de l'). *Cs.* 30 *Al.* 361.
Argon. CN. 3 *Mai*, 213, *RSL.* 21 *Fév.* 346, *CR.* 16 *Al.* 797, 6 *Mai* 966.
Béton (Recherches sur l'élasticité du). *VDI.* 27 *Al.* 490.
Beurres (Analyse des) aux États-Unis. *Pc.* 1er *Mai*, 474.
Brasserie, Malterie. Les hydrates de carbone de la levure (Jalkowski). *ScP.* 5 *Mai*, 698.
— Appareils pour pasteuriser et refroidir la bière (Puvrez). *Cs.* 30 *Al.* 378.
Cérite. (Recherches sur les terres de la) (Schutzenberger). *CR.* 6 *Mai*, 962.
Cristaux se formant au fond d'une dissolution plus lourde qu'eux. (Lecoq de Boisboudran). *CR.* 22 *Al.* 859.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Calorimétrie. Calorimètre pour gaz Junker. *E.* 3 *Mai*, 573.

Carburateurs Cabrié. *Cs.* 30, *Al.* 337.

Charbon. Méthode pour empêcher sa combustion spontanée. *Cs.* 30 *Al.* 356.

Chaleurs spécifiques des gaz composés (Rapport des) (Capstick). *RSL.* 14 *Fév.* 322, et point d'ébullition du carbone (Violle). *CR.* 22 *Al.* 868.

— des liquides surfondus (Bruner). *CR.* 29 *Al.* 912.

Cires végétales (Estimation des). *Cs.* 30 *Al.* 390.

Chrome (Détermination du) dans ses minerais. *Eam.* 27 *Al.* 390.

Cyanure de potassium (Action des sels de) sur l'or et l'argent (Maclaurin). *SeP.* 5 *Mai*, 614.

Dissolutions (congélation des) à températures constantes Colson. *CR.* 9 *Mai*, 991.

Eau (dilatation de l'). *CR.* 22 *Al.* 866.

Éclairage. Globes diffuseurs Frédureau. *Ln.* 26 *Al.* 340.

Explosifs. Préparation des chromates d'ammoniac et de ses composés explosifs (Feenz). *Cs.* 30 *Al.* 386.

Fluor. Recherche dans les vins. *Ms. Mai*, 324.

Gaz d'éclairage. Comparaison des atmosphères extinctives produites par les flammes Clowes. *ReL.* 21 *Fév.* 353.

— Becs incandescents Arendt. *E.* 19 *Al.* 528; bec auto-régulateur Sugg. *E.* 10 *Mai*, 621, à acétylène. *Pn.* 18 *Mai.* 388.

— Luminosité des flammes d'hydrocarbures (Lewes). *CN.* 19, 26 *Al.* 190, 203.

Carbures d'Acitylène (les). *Fi. Mai*, 321 (Wilson et Juckert).

Goudron de lignite (chimie du) (Heusler). *Cs.* 30 *Al.* 357.

Glycérophosphate de chaux (le) Sambotte. *Pc.* 1er *Mai*, 456.

Hélium. *CN.* 3 *Mai*, 211. *N.* 18 *Al.* 2 *Mai*, 586, 7. *N.* 16 *Mai*, 55.

Huiles d'olives (falsification des). Bulletin du ministère de l'Agriculture, n° 2, 1895, p. 139.

— Non saponifiables pour graissage des laines. *Cs.* 30 *Al.* 362.

Ligno-celluloses (action de l'acide nitrique sur les). *CN.* 10 *Mai*, 226.

Optique. Application des miroirs concaves. *Si.* 4 *Mai*, 355.

— Luminomètre Blondel. *EE.* 13 *Al* 57. *Ie.* 10 *Mai*, 185.

Oxygène (densité de l') (Baly). *Rgds.* 30 *Al.* 360.

Panification du pain bis (Boutroux). *CR.* 29 *Al.* 934.

Phosphate de potasse (fabrication du). Jay et Dupasquier. *ScP.* 20 *Al.* 441.

Solubilité (la) au point de vue de la genèse des éléments. *CN.* 19 *Al.* 187.

Soude naturelle. Dépôts aux États-Unis. *Fi. Al. Mai*, 271, 341.

Papier Pulp. Engine-Brown. *E.* 19 *Al.* 528.

Sucrerie. Action des acides acétique et chlorhydrique sur la sucrose. *CN.* 3 *Mai*, 215.

— Détermination des cristaux des masses cuites. *Ms. Mai*, 386.

— — — de la chaux dans les jus sucrés (*id.*), 387; de l'eau dans les sucres bruts (*id.*), 384.

— Composition des dépôts de filtres à sirops et d'évaporateurs. *Ms. Mai*, 385.

— Étude de quelques phénomènes dans la fabrication du sucre. *Ms. Mai*, 381.

— Fabrication du sucre en 1893-94. *SL. Al.* 400.

— Droits de douane sur les sucres dans les principaux pays. *SL. Al.* 438.

— Surproduction des sucres de betterave. *UsR. Al.* 610.

— Recherches récentes sur les matières sucrées (Simon). *Ms. Al.* 332.

— Évaluation commerciale des sucres importés (Scherer). *Cs.* 30 *Al.* 349.

— Produits de la décomposition de la saccahrose (Lippmann). *Cs.* 30 *Al.* 375.

Tannage. Analyse des liquides employés au tannage au chrome. *Cs.* 30 *Al.* 347.

Tabac. Machine à faire les cigares. Rense. *E.* 19 *Al.* 501.

Teinturerie. Distinction des couleurs naturelles et artificielles. *Cs.* 30 *Al.* 391.

— Mordant de glucine (le) (Prudhomme). *ScP.* 5 *Mai*, 509.

— Estimation et expression de la couleur dans les matières tannantes. Groy. *Cs.* 30 *Al.* 335.

— Identification des couleurs rouges azoïques (Stibbins). *Cs.* 30 *Al.* 347.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Teinturerie. Matières colorantes sulfonées (Prudhomme). Bulletin de l'Association de Mulhouse. *Al.* 93.
— Matière colorante jaune du Sophora japonica (Shrunk). *JcP.* 20 *Al.* 608.
— Mordançage de la laine par le chrome (Luchti et Huminel). *Ms. Al.* 342.
Thermométrie. Mesure des hautes températures par pyromètres à résistance de platine. *ScP.* 27 *Al.* 609.
— Nouvelle méthode pour mesurer les températures (Berthelot D.). *CR.* 16 *Al.* 831.
Térébenthine (nouvelle fabrication de). *Cs.* 30 *Al.* 373.
— Hydrocarbure voisin des therpènes dans l'essence de pétrole (Zaloiecky). *ScP. Al.* 510.
Vernis. Matières grasses siccatives et leurs transformations en corps élastiques (Livache). *CR.* 16 *Al.* 842.
Zinc (dosage volumétrique du) (Barthe). *ScP.* 5 *Mai*, 472.
— Séparation des métaux des blendes (Roux). *Cs.* 30 *Al.* 369.

COMMERCE ET ÉCONOMIE POLITIQUE

Allemagne. Mouvement économique et social en. *Ef.* 4 *Mai.*, 560.
Antilles françaises. Situation économique. *Sgc.* n° 4, 364.
Brevets. Nouvelle loi anglaise. *E.* 19, 20 *Al.*, 3, 10 *Mai*, 514, 546, 550, 584, 615.
Caisses d'Épargne (les) privées en 1893. *SL. Al.*, 374.
Contrat de travail (le) *Ef.* 4 *Mai*, 560.
Conseils d'usine (les) (Gibbon), *Gc.* 20. *Al.*, 394.
Foules. Psychologie des (Le Bon). *Rs.* 20 *Al.*, 488.
Monnaies. Usure et entretien des. *Rs.* 20 *Al.*, 509.
Protection du travail industriel. *Bull. de la Société Ind. de Rouen. Janv.*, 49.
Sibérie orientale. Exportation commerciale en. *Sgc.* n° 4 (1895), 368.

CONSTRUCTIONS ET TRAVAUX PUBLICS

Avertisseur d'incendie et de voies d'eau Tavernier. *Gc.* 4 *Mai*, 10.
Dragues de grande puissance. *Rt.* 10 *Mai*, 202.
Fondations par injection de ciment. Neukuch. *Ri.* 4 *Mai*, 174.
Incendies dans les manufactures (les) *Bull. de la Soc. Ind. de Rouen. Janvier*, 45.
Ponts *suspendu* à Cannes écluse. *Gc.* 20 *Al.*, 385.
— *sur le Rhin* (Bone et Beul). *VDI.* 20 *Al.* 4 *Mai*, 208, 437, 527.
— *de City-Avenue*, Philadelphie. *Fi. Al.*, 241.
— *de la Tamise*, *E.* 19 *Al.* 516.
— *articulés américains*. *SuE.* 15 *Al.* 1 *Mai*, 380, 417.
— *en maçonnerie* de grande ouverture. *Gc.* 4 *Mai*, 5.
— de Tourville et d'Oisel. Reconstruction. *Ac. Mai*, 66.
Décintrement, nouveau procédé de, *Rt.* 10 *Mai*, 204.
Pavés de bois chargés en bout; règle de Rondelet. *CR.* 16, *Al.*, 826.
Poutres de pont : Charges mobiles sur les. Keller. *Ru. Mars*, 264.
Poussée des terres et murs de soutènement. (Maréchal Vaillant). *Revue du génie militaire. Nov.*, 504.
Réchauffeur Perkins pour réparations des chaussées en asphalte. *Gc.* 10 *Mai*, 29.
Tour de Blackpool. *E.* 3 *Mai*, 574.
Tunnel de Glascow, sous la Clyde. *E.* 10 *Mai*, 598.
— *de Blakwall*. *Gc.* 4 *Mai*, 6.

ÉLECTRICITÉ

Accumulateurs : Caractéristiques des (Hering). *EE.* 13 *Al.*, 71.
— Énergie thermochimique des. *Elé.* 27 *Al.*, 259.
— Hall. Lehman Southey. Willot. *EE.* 13 *Al.*, 76.
— Pulvérisation du plomb Crelhausen. *EE.* 13 *Al.*, 75.
— Réactions chimiques dans les (Darriens). *Elé.* 17 *Mai*, 307.
Ampèremètre Nadler. *EE.* 13 *Al.*, 72.
— Hoockhans. *El.* 19 *Al.*, 762.
— Hartmann et Braun. *Elé.* 27 *Al.*, 266.
Applications mécaniques (G. Richard). *EE.* 20 *Al.*, 101.
Compteurs Grassot. Reynal. *EE.* 20 *Al.*, 122.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Commutateurs Thurmann, Dorman et Smith. *EE.* 17 *Al.*, 170.
Courants de Foucault (les). (Janet). *Ec.* 13 *Al.*, 49.
Courants alternatifs. Étude optique des (Pionchon). *CR.* 22 *Al.*, 872.
— Expériences sur les (Griffith). *EE.* 20 *Al.*, 138.
Chauffage et cuisine électrique. *In.* 5 *Mai*, 389.
Cherche-pôle Ducretel. *Ln.* 11 *Mai*, 384.
Distribution monocyclique Steinmetz (Boistel). *EE.* 27 *Al.*, 4 *Mai*, *Sn.* 206.
Dynamo. Méthode pour empêcher la réaction de l'armature (Ryan et Thomson). *El.* 19 *Al.*, 765.
— à courants continus (Balas et Coffinal). *Ic.* 25 *Al.*, 170.
— Accouplement direct et entraînement par courroie. *EE.* 4 *Mai*, 221.
— Calcul et construction des. (Picou). *EE.* 20 *Al.*, 4 *Mai*, 97, 202.
Dynamoteurs continus à champ tournant. *Ie.* 25 *Al.*, 161.
Éclairage électrique dans les chemins de fer. *EE.* 13 *Al.*, 80.
— Installation de la gare de Sceaux. *Rt.* 25 *Al.*, 170.
Électro-aimant. Force portante des (Jones). *EE.* 13 *Al.*, 88.
Électrocinémographe Richard. *Elé.* 25 *Al.*, 161.
Électrochimie, progrès récents (Richards). *Fi*, *Mai*, 351. Application de l'électricité à la formation des composés organiques. *EE.* 13 *Al.*, 69.
— Expériences d'. Guincke. *VDI*, 27 *Al.*, 500.
Électrisation de l'air et conductibilité des roches (Kelvin). *N.* 16 *Mai*, 67.
Électrostatique. Théorie de la machine Winthurst (Schaffers). *Acp. Mai*, 132.
— non fondée sur les lois de Coulomb (Pellat). *Acp.*, *Mars*, 5.
Essais des installations électriques. Boîte pour. *Elé.* 4 *Mai*, 280.
Industrie électrique en Suisse. *Ie.* 25 *Al.* 75.
— à Londres. *El.* 19. *Al.* 758.
Interrupteur Elieson. *Ln.* 4 *Mai*, 368.
Isolants. Anneaux Peschel. *Ci.* 21 *Al.*, 181.
Lampes à arc Wilbrandt. *E.* 19. *Al.* 521.
— Produits de la combustion de l'arc (Créhant). *EE.* 27. *Al.* 177.
Paratonnerres (Appareil à vérifier les). *EE.* 20. *Al.* 131.
Plomb fusible Siemens et Hirde. *EE.* 4 *Mai*, 220.
Piles au charbon. Expériences de Schmitz. *EE.* 13. *Al.* 74.
— Clark en circuit fermé. *EE.* 13. *Al.* 88.
— (Résistance intérieure des) en fonction du courant (Carhart). *EE.* 27. *Al.* 184.
Pouvoir inducteur spécifique. Mesure du (Nodon). *Elé.* 18 *Mai*, 305.
Sirène électrique Pellat. *EE.* 20. *Al.* 140.
Soudure. Coffin. *E.* 19. *Al.* 527. Pour réparations. *E.* 10 *Mai*, 611.
Stations centrales (Statistique des) en Allemagne. *Ie.* 25. *Al.* 169.
Tampon à double spirale. Bœdinghaus. *Elé.* 4 *Mai*, 280.
Télégraphie. Électro-autographe Amstutz. *Ln.* 27. *Al.* 337.
Téléphonie aux États-Unis. (De la Thouane.) *EE.* 27. *Al.* 125.
— Perturbations dues aux courants alternatifs (Mix). *EE.* 27. *Al.* 175.
Transport de forces aux cristalleries de Saint-Lambert. *Rn. Mars*, 229.
— en chantiers et sur navires (Wallace). *Es.* 26 *Mars*, 61.
— de 1 000 chevaux, de Niagara à Buffalo. *Ie*, 10 *Mai*, 187.
— de 240 chevaux *au gaz pauvre*. Moulins d'Aubervilliers. *Ri.* 11 *Mai*, 181. *Rt.* 10 *Mai*, 206.
Voltmètre et *ampèremètre* (Arnoux). Apériodiques. *Sec. Al.* 165.
— de station centrale Kelvin. *Ie.* 10 *Mai*, 190.

GÉOGRAPHIE

Australie. Formation géologique (Cregory). *N.* 2 *Mai*, 20.
— Cartes (projections des), général Coatpont. *Sg.* 1894, 605.
Chine (Commerce des ports de) (Fauvel). *Sgc.* n° 1895, 336.
Congo français. Créologie (Barrat). *Am. Al.* 379.
Géographie (Progrès de la). Maunoir. *Sg.* 1894, 467.
Indo-Chine (Colonisation de l') (Lanessan). *Sgc.* n° 4, 1895, 308.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Madagascar. Sa colonisation. *Ef.* 20. *Al.* 489.
Nil (le) (Scott Moncrieff). *Rs.* 18 *Mai*, 609.
Sibérie (Voyage en) (Wiggan). *SA.* 19 *Al.* 479.
Vosges (Lacs des) (Thoulet). *Sg.* 1894, 566.

GUERRE

Aérostation militaire (Fix). *Rt.* 10 *Mai*, 609.
Pistolet à répétition. *In.* 5 *Mai*, 405.
Projectiles Hadfield. *E.* 3 *Mai*, 593.

HYDRAULIQUE

Barrage de Bouzey. *E.* 3 *Mai*, 583. *Gc.* 4, 11 *Mai*, 13, 17. *Ln.* 18 *Mai*, 390. *Rt.* 10 *Mai*, 214.
Chutes du Niagara. État des travaux (Boistel.) *EE.* 4 *Mai*, 206.
Desséchement du lac de Harlem. *Rt.* 25 *Avril*, 183.
Distribution d'eaux (Abaque facilitant le calcul des) (Bertrand). Revue du génie militaire. *Nov.* 275.
— du lack Katrine. *Es* 26 *Mars*, 1.
Pompes à diaphragme Sybe'rg. *E.* 19 *Al.* 528.
— à débit constant Jandin. *Gc.* 37 *Al.* 401.
— Léavitt essai. *E.* 10 *Mai*. 614.
— Directe Blake. *Ci.* 28. *Al.* 200.
— Garniture de piston Coxe. *Ri*, 20 *Al.* 155.
Roue Pelton. L'Industria. 21 *Al.* 245.
Réservoirs d'air pour renflouer les tuyaux. *E.* 3. *Mai*, 500.

HYGIÈNE

Analyse bactériologique des eaux (Richardson). *JcP.* 5 *Mai*, 70.
Chauffages et ventilations (nouveaux) (H. Fischer). *VDI.* 20 *Al.* 475.
Cuisines électriques (Crampton). *SA.* *Al.* 511.
Eaux de Londres. (les) (Crookes). *CN.* 26 *Al.* 202.
Désinfectants chimiques (les) (Vincent). *Pc.* 1 *Mai*, 461.
— par l'aldéhyde formène. *Rs.* [20 *Al.* 508.
Gadoues (Utilisation des) (Rochdale). *Cs.* 30 *A* 340.

MARINE. NAVIGATION

Allemagne (Construction des navires en) (Buslay). *VDI.* 11 *Mai*, 552.
Bateaux portes (application des pompes centrifuges Dumont à la manœuvre des) *Rc.* 4 *Mai*, 173.
— *Morutiers*.(Moyens de mouillage des). *Rt.* 10 *Mai*, 202.
Boussoles (Déviation des) (Renold). *SA.* 3 *Mai*, 558.
Canot de secours (Mouraille). *Rc.* 20 *Al.* 51 *Pm. Mai*, 78.
— à vapeur. *Gc.* 27 *Al.* 407.
Essais de navires anglais. *Gc.* 4 *Mai*, 1.
Écluses (Commande électrique des). *Is.* 25 *Al.* 158.
Génie maritime. Congrès de Chicago. *IC. Mars*, 361.
Marine de Guerre anglaise. Magnificent et Boxer. *Rmc. Mars*, 639.
— États-Unis. Croiseurs auxiliaires, *id.*671.
— Italienne. Le Dandolo, *id.*, 662.
— Espagne. Croiseur Charles-Quint. *Rt.* 25 *Al.*, 180.
— et la grande industrie. *Rt.* 25 *Al.*, 177. La guerre navale (amiral de Colomb), *Rmc. Mars*, 529.
— Torpilleur en aluminium Yarrow. *E.* 19 *Al.*, 498. Attaque du cuirassé brésilien Aquidaban par les torpilleurs. *Rmc. Mars*, 529.
— Torpilles Parry. *E.* 19 *Al.*, 527.
Paquebots. Citerne *Aco.* pour pétrole. *Gc.* 10 *Mai*, 25.
— du Lloyd Allemand. *Gc.* 20 *Al.*, 390.
Ports et rivières (Travaux de) aux États-Unis. *Fc. Al.*, 252.
Phare à 4 éclats. Douglas. *E.* 3 *Mai*, 575.
Quilles latérales. *Co.*, 27 *Al.*, 108.
Résistance des navires (Taylor). *E.* 19 *Al.*, 497.
Télégraphes pour navires. *Dp.* 12 *Al.*, 37.
Télégouvernail Dunlap-Wilkinson. *EE.* 20 *Al.*, 105.
Vibrations des navires. Sehlice, Mallok et Sankey. *E.* 19 *Al.*, 499, 523.
— *des machines marines*: méthodes pour les empêcher (Robinson et Sankey). *E.* 26 *Al.*, 557.
Yacht impérial Hohenzollern. *VDI.* 4 *Mai*, 521.

MÉCANIQUE

Accouplement élastique Westinghouse. *Rt.* 25 *Al.* 177.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Aérostation. Hélices aériennes. Aéronaute. *Mai,* 101.
Broyeurs Suckling. *Eam. Al.* 592.
Carde Atkinson. *E.* 3 *Mai,* 594.
Chaudières *tubulées.* Marine anglaise. *E.* 6 *Mai,* 579.
— Lowther. *E.* 10 *Mai,* 621.
— *A vaporisation instantanée. Rc.* 11 *Mai,* 184.
— *Essais* de. *E.* 26. *Al.* 559. De chauffage à la houille et au coke. *Rc.* 20 *Al.* 157.
— *Foyers* pour menus. Schwartzkopf. *In.* 20 *Al.* 381. Priestley. *E.* 3 *Mai,* 594.
— — Pour poussières Schmitz. *E.* 10 *Mai,* 622. Pour pétrole Lehman. *In.* 5 *Mai,* 403.
— *Fumivorité* (Essais de). *VDI.* 27 *Al.* 509.
— *Grille* Roney. *Rt.* 25 *Al.* 187.
— — Mécanique Heywood. *E.* 19 *Al.* 528.
— *Purificateur d'alimentation* Morgenstein. *Dp.* 19 *Al.* 64.
— *Réchauffeurs* Klein. *Dp.* 19 *Al.* 65. Reuter. *E.* 10 *Mai,* 622.
— *Surchauffeur* Schmidt. *Rc.* 20 *Al.* 154.
— *Tirage par aspiration* (Martin). *E.* 19 *Al.* 502, 519.
— *Vaporisation* des tubes (Gérard). *Ru. Mars,* 237.
— — Essais de (Morison). *E.* 26 *Al.* 555.
Clous (Laminoir à) Fuller. *E.* 10 *Mai,* 621.
Compresseurs. Haslam. *E.* 26 *Al.* 561.
— à roue Pelton. *Eam.* 13 *Al.* 345.
Coussinets. (Avertisseurs de l'échauffement des) *Elé,* 4 *Mai,* 284.
Diagramme d'accélération du piston et de la bielle. (Elliott). *E.* 3 *Mai,* 587.
Dynamomètres de rotation. Morin et Pitler. *Dp.* 19 *Al.* 68.
Écrou indesserrable. Ibbotiom. *E.* 26 *Al.* 561.
Ellipsographe. Ruller.
Embrayages. Farjasse. *Gc.* 20 *Al.* 398. *Bam. Al.* 332.
Gaz comprimés. (Machines à essayer les cylindres à) Brier. *E.* 26 *Al.* 553.
— Explosion d'un cylindre à *Gc.* 10 *Mai,* 29.
Graisseurs pour axes. (Gasmoterenfabrik Deutz). *E.* 26 *Al.* 561.
Imprimerie. Machines à mouler les caractères. Wicks. *E.* 3 *Mai,* 594.
Indicateurs. Tabor. *E.* 26 *Al.* 540.
Levage. Pont roulant de 20 tonnes. Yale and Town. *E.* 26 *Al.* 541.
— Électrique de 20 tonnes. Mégy. *Pm. Mai,* 74.
— Marschall. *E.* 3 *Mai,* 573.
— Grue électrique. Fabius Henrion. *Elé,* 26 *Al.* 562.
— — — de Hambourg. *E.* 10 *Mai,* 604.
Machines-outils. *Aléseur* Anderson. *E.* 3 *Mai,* 593.
— *Fraiseuse* universelle Huré, *Rt.* 25, *Al.* 189, *Bam. Al.* 338. Quadruple Spencer, *E.* 19 *Al.* 500. Diviseur universel Sabatier. *Bam. Al.* 285.
— *Perceuse multiple* pour roues de wagons Richards. *Ri.* 27 *Al.* 163.
— *Fabrication des tubes* Fieldhouse. *E.* 26 *Al.* 561.
— *Raineuses. Dp.* 26 *Al.* 82.
— *Limes.* Affûtage au sable. Ateliers des chemins de fer de l'Est. *Rgc. Al.* 173.
— *Presse étampeuse* Ferracute C°. *E.* 19 *Al.* 508.
— — à cintrer les tôles Tweddell. *Ri.* 11 *Mai,* 185.
— *Riveuse hydraulique* Piat Delaloe. *Ci.* 5-12 *Mai,* 205, 217. Tweddell. *E.* 10 *Mai,* 604.
— *Tour à banc rompu* Asquitte. *E.* 19, *Al.* 509.
— *Tournage* des cylindres en fonte trempée. *Bam. Al.* 323.
— *Scies à bois. Dp.* 12 *Al.* 29.
— *Universelle* à travailler le bois (Robinson). *Gc.* 10 *Mai,* 23.
Moteurs à gaz Holt. *E.* 10 *Mai,* 621.
— Demon. *Ri.* 4 *Mai,* 7.
— et à vapeur. *Gc.* 4 *Mai,* 11.
— (Évolution des) (Schottler). *VDI.* 11 *Mai,* 549.
— *à pétrole* Merlin. *Ri.* 17 *Al.* 161, *Ci.* 28 *Al.* 193. Pieper, *VDI.* 4 *Mai,* 544.
— — Essais de Cambridge. *VDI.* 4 *Mai,* 536.
— — Essais de Hartmann. *VDI.* 20 *Al.* 469.
Moteurs à vapeur. Étude expérimentale. (Histoire de l') (Unwin). *E.* 3 *Mai,* 590.
— *Compound* grande vitesse Westinghouse. *Rt.* 25, *Al,* 173. Simple effet Chandler. *E.* 20 *Mai,* 622.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Moteurs à vapeur. Verticale Triple expansion Robey. *E.* 26, *Al.* 544.
— à expansion multiple (Rendement des) Lencauchez. *IC. Mars*, 465.
— *rapides*. *Dp.* 12, 19, *Al.* 27, 49.
— *purgeur automatique* pour cylindres Buker. *Rc.* 11 *Mai*, 186.
— *Régulateurs* Goolden. *EE.* 20 *Al.* 107.
— — Théorie des (Consentius). Bulletin de la Société d'encouragement de Berlin. *Al.* 165.
— — Régularisation des machines à vapeur. *E.* 3 *Mai*, 568.
Machines soufflantes. Calcul des soupapes. *VDI.* 20 *Al.* 464.
Palier ajustable. Thomlinson-Walker. *E.* 10 *Mai*, 621.
Purgeur. Proscowitz. *Dp.* 26 *Al.* 83.
— Kullig. *Ci.* 5 *Mai*, 210.
Serrures électriques Defert. *Ln.* 18 *Mai*, 395.
Télémoteur hydro-électrique Brown. *EE.* 20 *Al.* 107.
Textiles. Nouvelles fibres aux État-Unis. *In.* 5 *Mai*, 597.
Tissage. *Métiers*. Hopkinson. *E.* 3 *Mai*, 594. Hadfield. *E.* 26 *Al.* 562. Mécanique Fougère. Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse. *Al.* 115.
— — divers. *Dp.* 26 *Al.* 76.
— *Navettes*. Hamer et Gillet. *E.* 26 *Al.* 562.
Transmissions courtes et rapides (mécanismes de). *Dp.* 3 *Mai*, 97.
Tuyauteries, essais de matières isolantes. *Fi. Al.* 316.
— (Écoulement de la vapeur dans les). (Auscher). *Ri.* 11 *Mai*, 188.
Vélodomètre Brunel. *Gc.* 4 *Mai*, 11.
Vis. Influence de la forme des filets sur leur résistance. *VDI.* 27 *Al.* 505.

MÉTALLURGIE

Alliages d'aluminium. *Gc.* 20. *Al.* 389.
— (Commission anglaise des). *E.* 3 *Mai*, 572.
— des métaux rares (R. Austen). *N.* 2. 9 *Mai*, 14, 39.
Alumine. Réduction au point de vue thermochimique (Richards). *Fi. Al.* 295. *CN.* 10 *Mai*, 587.
Aluminium commercial. Oxydabilité. Liversidgs. *Ri.* 11 *Mai*, 189. Mines.
Bronze (Fonderie du) au Japon (Gowland). *SA.* 3 *Mai*, 523.
Coke (Fabrication du). *Dp.* 26. *Al.* 87.
Cuivre. Essais au lac Supérieur. *Eam.* 20. *Al.* 369.
Électro-métallurgie (L'). Moissan. *Elé.* 4 *Mai*, 275. *EE.* 27. *Al.* 145.
Fer et acier à la température soudante. (Wrigston). *RSL.* 21 *Fév.*, 351.
— *Classification* des fers fondus et aciers. *SuE.* 15. *Al.* 368.
— *Acier à outils*. Sa fabrication en Styrie. *Gc.* 20. *Al.* 387.
— *Influence de l'aluminium* sur les fontes et les aciers. *SuE.* 1er *Mai*, 407.
— *Teneur en oxygène* des aciers fondus. (Ledebur). *SuE.* 15. *Al.* 376.
— *Rails* en acier Thomas. *Rs.* 25. *Al.* 185.
— *Carbure de silicium* et la sidérurgie (Borcher). *SuE.* 1er *Mai*, 404
— *Soufflures* des lingots d'acier pour outils. *CN.* 19. *Al.* 187.
— *Forges* des Glascow Iron Works. Wishaw. *E.* 26. *Al.* 535.
— *Fonte*. Progrès en Allemagne. *Ru. Mars*, 278.
— *Puddlage direct* (Pourcel). *Gc.* 10 *Mai*, 30.
— *Laminoir* pour bancs d'acier. Neilson. *E.* 19. *Al.* 528.
— *Emploi de l'eau sous pression* dans les forges. *SuE.* 1er *Mai*, 410.
Gazogènes régénérateurs (Clapet des). *SuE.* 15. *Al.* 388.
Grillage. Détermination du soufre dans les minerais grillés. (Keller et Mass.) *Fi. Al.* 286.
Manganèse (Métallurgie du). *Dp.* 3 *Mai*, 112.
Métaux rares. Réduction de leurs oxydes (R. Austen). *SA.* 10 *Mai*, 587.
Nickel et cobalt. *Dp.* 26. *Al.* 84.
Or. Broyage à sec des minerais. *Gc.* 20. *Al.* 397.
Plomb (Métallurgie du). *Dp.* 19. *Al.* 69.
Zinc, bismuth, arsenic et *étain* (Métallurgie des). *Dp.* 12. *Al.* 44.

MINES

Argent (Mines d'). Thunder Bay. *Eam.* 391.
Diamant du Cap (Porcheron). *In.* 20. *Al.* 337.
Extraction. Câbles en acier. *ZOI.* 19. *Al.* 225.
— Appareils de sûreté pour machine d'. Frobel et Romer. *Dp.* 26. *Al.* 81.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Filons (Altération superficielle des) (Penrose). *Eam.* 12 *Al.* 338, 341.

Fonçage de puits en conglomérats avec enveloppe en fonte. *ZOI.* 26. *Al.* 237.

— Sondage d'Oberkutzenhausen (pétrole). Bulletin de l'association industrielle de Mulhouse. *Al.* 107.

Haveuses pour carrières Ingersoil. *Eam.* 4 *Mai*, 417.

Houilles de Wyoming. Puissance calorifique. *Cs.* 30. *Al.* 350.

Houillères de France (Statistique des) (Gruner). *IC. Mars*, 408.

Industrie minérale (Statistique de l'). Prusse, Suède. *Am. Al.* 514, 511.

Mines de Cooney (Nouveau Mexique). *Eam.* 13. *Al.* 343.

— province de Québec (Obaltski). Bulletin de l'École des mines de Paris. *Mars*, 34.

Or. En Russie. *E.* 26. *Al.* 549.

— Avenir géologique de l'or et de l'argent (de Launay). *Rgds.* 30. *Al.* 363.

— Conglomérat aurifère de Californie. *Eam.* 27. *Al.* 389.

— Minerais d'or de Californie. *American journal of sciences Mai*, 374.

Perforatrices électriques. Elé. 27. *Al.* 260.

Pétroles. Situation des marchés. *Eam.* 20. *Al.* 362.

Urane. Nouveau gisement Nordjenskiold. *CR.* 22. *Al.* 54.

Ventilation. Nouveaux ventilateurs. *Dp.* 19. *Al.* 859.

PHOTOGRAPHIE

Couleurs. Phot. en couleur à l'aide de combinaisons diazoïques. *Ms. Mai*, 80.

— Sur verre (Saint-Florent). *Sfp.* 1er *Mai*, 229.

— Par la méthode indirecte (Lumière). *CR.* 22. *Al.* 875.

Dessins de construction. Reproduction photographique. *Rgc. Al.* 208.

Enregistreurs et détective Gelé-Brichaut. *Sfp.* 26. *Al.* 209.

Halo. Moyen de l'éviter sur les épreuves sur verre (Drouet). *Sfp.* 1er *Mai*, 231.

Impressions photo-mécaniques (Progrès des). Eder et Valenta. *Ms. Mai*, 358.

Obturateurs (Vitesse des) (Londe). *Ln.* 26. *Al.* 347.

— (Caractéristiques des) (Moissard). *Sfp.* 1er *Mai*, 217.

Pied télescopique Richard. *Sfp.* 1er *Mai*, 225.

Vélocipédie (Appareil photographique pour). *Cs.* 12 *Mai*, 222.

Le Gérant : Gustave Richard.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

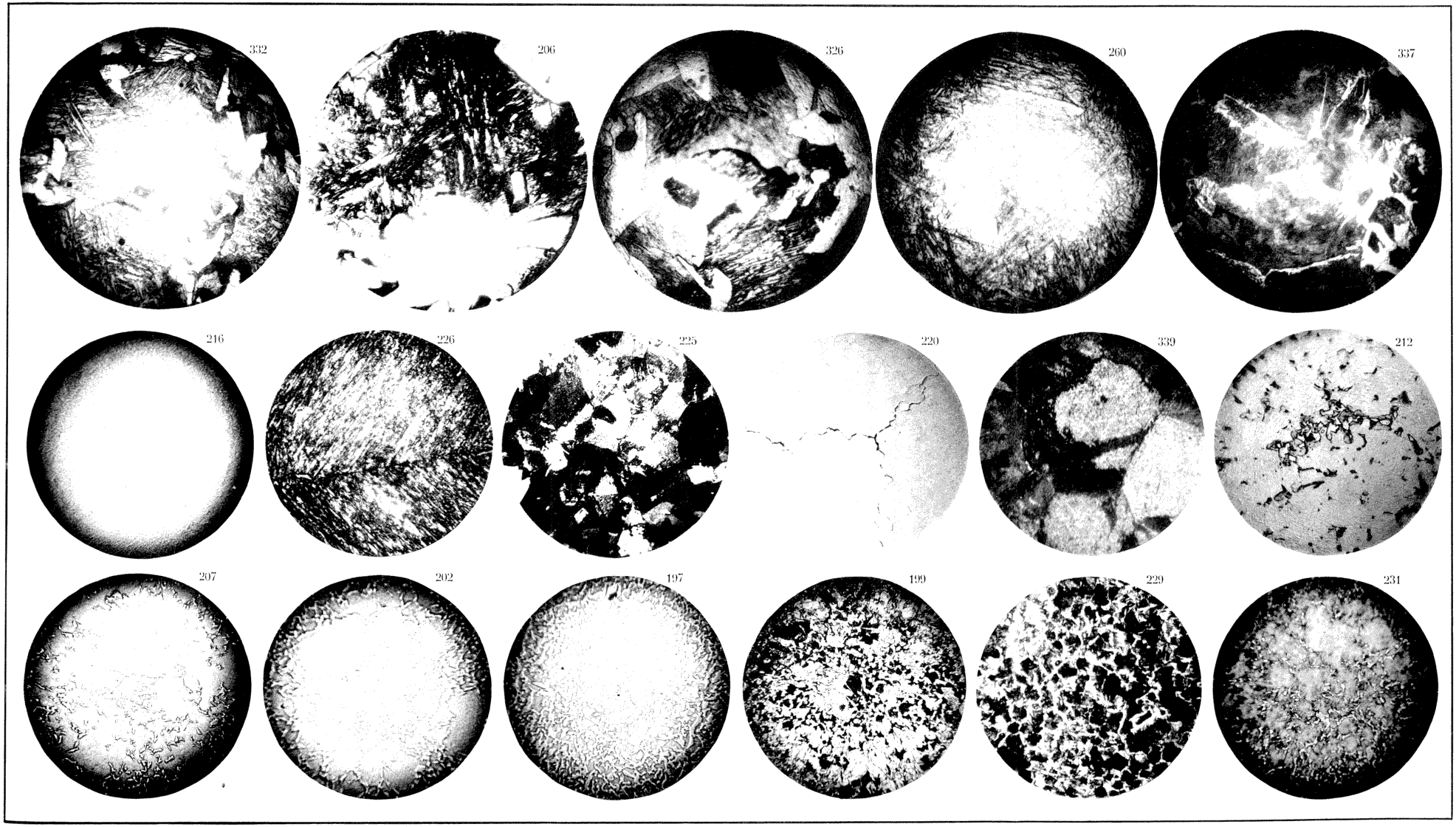
F. Osmond. — Analyse micrographique des aciers.

Phototypie Berthaud, Paris.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Analyse micrographique des aciers.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



Phototypie Berthaud, Paris.

F. Osmond. — Analyse micrographique des aciers.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Analyse micrographique des aciers.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

BULLETIN

DE

LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

ÉTAT FINANCIER DE LA SOCIÉTÉ

RAPPORT *fait par* M. BILLOTTE *au nom de la Commission des Fonds*, SUR LES COMPTES DE L'EXERCICE 1894

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 1894.

Ce résumé se divise, comme notre comptabilité, en trois parties : *Fonds généraux, Fonds d'accroissement et Fondations spéciales.*

1re PARTIE

FONDS GÉNÉRAUX

Les recettes de l'exercice 1894 ont été les suivantes :

1° Excédent de recettes reporté de l'exercice 1894	12 823,50
2° Cotisations des membres de la Société : 500 cotisations, à 36 francs.	18 000 »
3° Dons divers.	2 129 »
4° Abonnements au Bulletin de la Société : 86 à 36 francs.	3 096 »
5° Produit de la vente de numéros dudit bulletin.	387,50
6° Locations diverses.	11 845,45
7° Arrérages de rentes.	61 217,50
8° Intérêts des sommes en dépôt.	155,22
9° Divers.	438,95
TOTAL.	110 093,12

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les dépenses se décomposent comme il suit :

1° Prix, médailles et récompenses diverses..	16 080, 29
2° Bulletin : frais de rédaction, d'impression et d'expédition, remises aux libraires..	23 291, 78
3° Impressions diverses : annuaire, comptes rendus, circulaires. .	2 970, 70
4° Bibliothèque : traitement des agents, acquisitions, reliures. . .	6 135, 75
5° Agence et Économat : traitements des agents et employés, frais divers..	17 724, 51
6° Jetons de présence.	3 410, 00
7° Hôtel de la Société : aménagement, entretien, réparations. . . .	2 395, 90
8° Mobilier.	970, 20
9° Chauffage et éclairage, eaux de la ville, vidange.	3 255, 60
10° Contributions et assurances.	3 001, 28
11° Frais d'expériences..	4 135 »
12° Pensions.	3 500 «
13° Subventions et souscriptions..	100 »
14° Divers (dont 1 687 fr. 69 relatifs à l'unification des filetages). . .	1 907, 69
TOTAL.	88 878, 70
L'excédent des recettes sur les dépenses ressort donc à. .	21 214, 42
TOTAL ÉGAL à celui des recettes..	110 093, 12

Une dépense exceptionnelle de 1 700 francs environ figure dans ces comptes, pour l'unification des filetages; mais il convient d'observer, par compensation, qu'il reste à payer une somme à peu près équivalente pour jetons de présence afférents à l'exercice.

En dehors des pensions s'élevant à un chiffre de 3 500 francs, votre Société a distribué, tant en secours qu'en encouragements, une somme totale de 22 000 francs.

Nos recettes dépassent de plus de 21 000 francs le montant de nos dépenses; nous avons peu de choses à vous en dire.

Nos cotisations se maintiennent au même chiffre à peu près que l'année dernière; et ce chiffre est sensiblement inférieur à la prévision portée au budget. Il y a là une insuffisance sur laquelle nous n'avons pas à insister : c'est la préoccupation constante de tous les membres de la Société de chercher dans la mesure de leurs moyens à apporter un remède à cette situation.

Une souscription perpétuelle versée par M. Terré a été employée conformément à nos statuts à l'achat de 15 francs de rente 3 p. 100 et a porté au chiffre de 2 376 francs le total des rentes appartenant de ce chef à la Société.

Nous manquerions, Messieurs, de gratitude en ne vous signalant pas

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que la souscription du ministère de l'Agriculture a été élevée en 1894 à 1 800 francs. Nous serons l'interprète de vos sentiments en adressant tous nos remerciements au Ministre et à M. Tisserand, à l'initiative duquel nous devons cette nouvelle générosité.

2e PARTIE

FONDS D'ACCROISSEMENT

Fondation destinée à développer et à perpétuer l'œuvre créée par le comte et la comtesse Jollivet.

Le but de cette fondation, qui perpétue l'œuvre créée par le comte et la comtesse Jollivet, est d'accroître sensiblement dans l'avenir les ressources de notre Société.

Les intérêts de la somme de 100 000 francs prélevée dans ce but aux fonds généraux continuent, conformément à une décision prise en 1882, à être capitalisés à intérêts composés, jusqu'en 1933.

Une somme de 4 238 fr. 10 provenant des revenus de la fondation a été employée en 1894 à l'achat de 126 francs de rente 3 p. 100.

L'avoir de la fondation comprenait au 31 décembre 5 539 francs de rente 3 p. 100 et une somme de 1 499 fr. 05 reportée à nouveau.

3e PARTIE

FONDATIONS ET DONS SPÉCIAUX

Ces fondations, qui sont au nombre de 22, ont des destinations spéciales indiquées par les donateurs : notre Société a mandat de les gérer conformément à leurs intentions.

Voici, Messieurs, quelle était leur situation au 31 décembre dernier.

1° Grand prix fondé par le marquis d'Argenteuil.

Cette fondation provient d'un legs de 40 000 francs fait à la Société par le marquis d'Argenteuil : elle a pour but de 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.

Ce prix a été décerné la dernière fois en 1892.

L'avoir de la fondation se composait au 31 décembre d'une rente de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2000 francs en 3 p. 100 perpétuel et d'une somme de 8553 fr. 40 versée à la Caisse des Dépôts et Consignations.

2° **Legs Bapst.**

Ce legs, qui se composait originairement d'une rente de 2160 francs en 3 p. 100 perpétuel, a servi à établir deux fondations :

La première, dotée de 1565 fr. 20 de rente, est destinée à venir en aide aux inventeurs malheureux.

Le solde, soit 594 fr. 80 de rente, a été réservé pour aider les inventeurs dans leurs travaux et recherches. Cette seconde fondation est restée fréquemment sans emploi, et ses revenus se sont accrus de 2903 francs par des capitalisations successives.

Le total des secours accordés en 1894 sur la première partie de la fondation s'est élevé à 1900 francs; ils n'ont pu être alloués qu'au moyen d'un prélèvement de 74 francs sur la fondation Giffard.

Deux secours montant à 300 francs ont été distribués sur la seconde partie, et un achat de 102 francs de rente a porté son avoir total à 3497 fr. 80 de rente, en laissant un solde disponible de 1071 fr. 95.

3° **Fondation Christofle pour la délivrance des premières annuités de brevets.**

Cette fondation possède une rente 3 p. 100 de 1036 francs, elle a payé en 1894 six annuités de brevets pour 630 francs, et le solde reporté s'élève à 1819 fr. 65.

4° **Fondation de la princesse Galitzine.**

Elle est constituée par un don de 2000 francs, qui s'accroît chaque année du montant des intérêts capitalisés, et doit servir à un prix qui sera décerné sur la proposition du Comité des Arts économiques.

Elle n'a pas encore reçu d'application et possédait, au 31 décembre 1894, quinze obligations 3 p. 100 du chemin de fer de l'Est et une somme disponible de 532 fr. 25.

5° **Fondation Carré.**

Un don originaire de 1000 francs a servi à instituer cette fondation dans le même esprit que la précédente.

Elle possédait au 31 décembre six obligations 3 p. 100 du chemin de fer de l'Est et une somme de 250 fr. 03.

Les intérêts sont capitalisés en attendant une destination spéciale.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

6° **Fondation Fauler (industrie des cuirs).**

Le but de cette fondation est de procurer des secours à des contremaîtres ou ouvriers malheureux de l'industrie des cuirs, qui se sont fait remarquer par de bons services.

Elle possède vingt-neuf obligations 3 p. 100 de l'Est, trois obligations 3 p. 100 des Ardennes et onze obligations 3 p. 100 du Midi.

Un secours de 200 francs a été accordé en 1894 : le solde disponible est de 716 fr. 46.

7° **Fondation Legrand (industrie de la savonnerie).**

Cette fondation, dont nous devons la plus grande part à la générosité d'un de nos collègues, est destinée à venir en aide à des contremaîtres ou ouvriers malheureux, appartenant à l'industrie de la savonnerie, et y ayant rendu de bons services.

Elle possède soixante-deux obligations 3 p. 100 du chemin de fer de l'Est. Elle a été sans emploi en 1894, et le solde en espèces s'élève à 2 148 fr. 04.

8° **Fondation Christofle et Bouilhet en faveur d'artistes industriels malheureux.**

Cette fondation possédait, au 31 décembre 1894, vingt-neuf obligations 3 p. 100 du chemin de fer de l'Est. Elle a servi au courant de l'année un secours de 300 francs, et le solde en excédent s'élevait à 517 fr. 15.

9° **Fondation de Milly (industrie de la stéarine).**

Elle a pour but de procurer des secours à des contremaîtres ou ouvriers de cette industrie qui sont malheureux ou ont contracté des infirmités dans l'exercice de leur profession.

Aucun secours n'a été accordé en 1894 ; au 31 décembre l'avoir de cette fondation se composait de quarante obligations 3 p. 100 du chemin de fer de l'Est et d'une somme en caisse de 1 273 fr. 55.

10° **Fondation de Baccarat (industrie de la cristallerie).**

Aucun secours n'a été distribué en 1894 sur les fonds de cette fondation destinée à venir en aide à des contremaîtres ou ouvriers malheureux ou infirmes ayant appartenu à l'industrie de la cristallerie.

L'avoir de la fondation se composait au 31 décembre de huit obligations 3 p. 100 du chemin de fer de l'Est, et de 559 fr. 33 en espèces.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

11° **Fondation Ménier (industrie des arts chimiques).**

Cette fondation est destinée à des secours pour les contremaîtres ou ouvriers de cette industrie.

Elle a été également sans emploi, et le solde disponible s'élevait au 31 décembre à 675 fr. 56.

La fondation possède neuf obligations 3 p. 100 et deux obligations 5 p. 100 du chemin de fer de l'Est.

12° **Grand Prix de la Société d'Encouragement.**

Institué par la Société pour récompenser une découverte ou un perfectionnement présentant un intérêt capital pour notre industrie nationale, ce prix d'une valeur de 12 000 francs est décerné tous les six ans et doit l'être cette année.

La réserve constituée dans ce but, à la caisse des Dépôts et Consignations, s'élevait au 31 décembre à la somme de 14 670 fr. 34. Elle est depuis plusieurs années supérieure au montant du prix, et rend inutile tout prélèvement nouveau sur les fonds généraux.

13° **Prix de la classe 27 à l'Exposition universelle de 1867 (industrie cotonnière).**

Cette fondation provient d'un don de 13 169 fr. 85, fait à la Société sur l'initiative de M. Gustave Roy par les exposants de la classe 27 à l'Exposition universelle de 1867. Elle a pour objet l'institution d'un prix à décerner tous les six ans à celui qui aura le plus contribué aux progrès de l'industrie cotonnière en France. Ce prix, d'une valeur de 4 000 francs, pourra être décerné en 1895.

La fondation possédait au 21 décembre quarante-trois obligations 3 p. 100 du chemin de fer de l'Est, et une réserve de 6 037 fr. 43 à la Caisse des Dépôts et Consignations.

14° **Prix de la classe 65 à l'Exposition universelle de 1867 (génie civil et architecture).**

La fondation provient d'un don de 2 315 fr. 75, fait à la Société sur la proposition de M. Baude par les exposants de la classe 65 à l'Exposition universelle de 1867.

Avec les revenus de cette somme, on a fondé un prix consistant en une médaille d'or de 500 francs et qui doit être décerné tous les cinq ans à l'auteur d'un perfectionnement important apporté au matériel ou aux procédés

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du génie civil ou de l'architecture. Ce prix peut être décerné cette année.

L'avoir de la fondation consiste en douze obligations 3 p. 100 du chemin de fer de l'Est et une somme disponible de 863 fr. 13.

15° Prix de la classe 47 à l'Exposition universelle de 1878 et fondation Fourcade (industrie des produits chimiques).

Nous devons cette fondation à l'initiative de notre regretté collègue M. Fourcade; grâce à cette initiative, les exposants de la classe 47, à l'Exposition de 1878 nous ont abandonné une somme dont les revenus sont destinés à 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 servicss dans le même établissement. Par suite de la générosité de M. Fourcade qui a légué à la Société une somme de 8000 francs, la fondation possède aujourd'hui une inscription de rente 3 p. 100 de 1 000 francs. Un prix de 1 000 francs a été décerné cette année à M. Dauchet qui fait partie depuis 41 ans des établissements Kuhlmann.

16° Fondation du général comte d'Aboville.

Elle a pour origine un legs de 10 000 francs destiné à fournir avec les intérêts capitalisés le montant de trois prix à décerner 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; des prix ont déjà été décernés en 1885, 1890 et 1892.

Les ressources dont dispose la fondation comprenaient au 31 décembre 1894, sept obligations 3 p. 100 de l'Est et un solde de 598 fr. 30. Un prix pourrait être décerné en 1895.

17° Legs Giffard.

Le revenu du capital de 50 000 francs légué à la Société par M. Giffard reçoit, conformément aux intentions du testateur, une double destination.

Une moitié du revenu est consacrée à la création d'un prix de 6 000 francs qui doit être attribué tous les six ans à une personne ayant rendu des services signalés à l'industrie française. Ce prix sera décerné pour la seconde fois, s'il y a lieu, en 1896.

L'autre moitié est destinée à des secours : une somme de 1 650 francs a

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

été distribuée cette année à six personnes, et 74 francs avancés au legs Bapst pour équilibrer son compte.

L'avoir de la fondation se compose d'une inscription de Rente 3 p. 100 de 1 949 francs et d'un excédent disponible de 409 fr. 70.

D'autre part, la réserve constituée à la Caisse des Dépôts et Consignations pour le prix sexennal s'élève à 6 112 fr. 58. Cette réserve, étant supérieure au montant du prix, a permis d'employer en secours une somme qui dépasse sensiblement la moitié des revenus de la fondation.

18° Fondation Meynot.

Elle provient d'un don de 20 000 francs fait à la Société par MM. Meynot père et fils, pour la création d'un prix destiné à récompenser les inventions, progrès et perfectionnements intéressant la moyenne ou la petite culture.

Le prix d'une valeur de 1 200 francs peut être décerné cette année.

L'avoir de la fondation se composait au 31 décembre d'une inscription de Rente 3 p. 100 de 730 francs et d'une somme de 6 300 fr. 29, déposée à la Caisse des Dépôts et Consignations.

19° Fondation Melsens.

Elle a pour origine un don de 5 000 francs fait par M^me^ V^ve^ Melsens en l'honneur de son mari pour la création d'un prix de 500 francs destiné à récompenser l'auteur d'une application intéressante de la physique ou de la chimie, à l'électricité, à la balistique ou à l'hygiène. Le prix d'une valeur de 500 francs est décerné tous les trois ans et l'a été en 1893.

La fondation possédait au 31 décembre dernier treize obligations de l'Est 3 p. 100 et un excédent disponible de 486 fr. 40.

20° Fondation de la classe 50 à l'Exposition universelle de 1867 (Matériel des industries alimentaires).

Sur l'initiative du baron Thénard et grâce aux démarches de M. Savalle, la Société a reçu, à la suite de l'Exposition de 1867, une somme de 6 326 fr. 14, montant d'un reliquat appartenant aux exposants de la classe 50. Cette somme a été reçue, sous réserve de restitution aux membres du groupe qui réclameraient leur quote-part avant l'expiration du délai légal de 30 ans : une partie nous est aujourd'hui définitivement acquise par l'adhésion explicite des intéressés. La somme a été employée à l'achat de seize obligations

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de l'Est 3 p. 100. La fondation possède en outre un excédent disponible de 2 003 fr. 79.

21° **Prix Parmentier fondé par les exposants de la classe 50 à l'Exposition universelle de 1889 (industries relatives à l'alimentation).**

Les exposants de la même classe 50 à l'Exposition universelle de 1889 ont généreusement fait don à la Société, sur l'initiative de M. Aimé Girard, d'une somme de 9846 fr. 75 formant le reliquat de leurs frais communs d'installation, dans le but de fonder, sous le nom de prix Parmentier, 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.

Ce prix n'a pas encore été décerné.

La fondation possédait au 31 décembre une inscription de Rente 3 p. 100 de 335 francs et un solde en espèces de 1 684 fr. 90.

22° **Fondation des exposants de la classe 51 à l'Exposition universelle de 1889 (Matériel des arts chimiques, de la pharmacie et de la tannerie).**

Cette fondation est constituée par un don fait à la Société par plusieurs exposants de la classe 51 qui lui ont abandonné, sur la proposition de M. Michel Perret, la totalité ou une partie du reliquat des frais de leur installation commune.

Les intérêts de cette somme montant à 2 556 fr. 30 doivent être capitalisés pour instituer un prix destiné à perpétuer le souvenir de ce don généreux.

L'avoir de la fondation se composait au 31 décembre de six obligations de l'Est 3 p. 100 et d'une somme disponible de 406 fr. 53

23° **Don de la classe 21 à l'Exposition universelle de 1889 (industrie des tapis et tissus d'ameublement).**

Les exposants de cette classe ont fait remettre à la Société, par l'intermédiaire de M. Louvet, secrétaire, une somme de 400 francs formant le reliquat des frais de leur installation commune.

Cette somme doit être, conformément aux intentions des donateurs, employée en actes de bienfaisance en faveur d'ouvriers malheureux appartenant à l'industrie des tapis et des tissus d'ameublement.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'avoir de la fondation est représenté par une obligation 3 p. 100 de l'Est et un solde de 36 fr. 97.

24° Fondation des exposants de la classe 63 à l'Exposition universelle de 1889 (génie civil, travaux publics et architecture).

Cette fondation provient d'un don de 3869 fr. 85, représentant le reliquat des frais d'installation commune, et remis à notre Société par les exposants de la classe 63 à l'Exposition de 1889. Les intérêts de cette somme capitalisés doivent servir à créer un prix.

Elle a été employée à l'achat de neuf obligations de l'Est 3 p. 100, et la fondation possède en outre un solde disponible de 286 fr. 30.

Nous avons terminé, Messieurs, l'exposé des comptes du dernier exercice. Votre commission des fonds en a reconnu l'exactitude et la régularité : elle les soumet avec confiance à votre approbation.

Elle manquerait à son devoir en ne vous proposant pas de renouveler à notre trésorier, M. Goupil de Préfeln, tous nos remerciements pour son inépuisable dévouement. Son zèle infatigable pour les intérêts de notre Société lui mérite notre plus affectueuse gratitude : vous vous associerez au témoignage que nous lui adressons ici publiquement.

Signé : BILLOTTE, *rapporteur.*

Approuvé en séance le 14 *juin* 1895.

RAPPORT *fait par* M. BORDET, *au nom des censeurs,* SUR LES COMPTES DE L'ANNÉE 1894.

MESSIEURS,

Pour s'acquitter de leur mission, vos censeurs ont examiné les comptes qui viennent de vous être présentés; tous les chiffres qui y figurent sont justifiés par des pièces régulières.

Par rapport à 1893, le produit des cotisations est resté à peu près stationnaire; le montant des locations a fléchi d'une manière assez sensible; les dépenses du Bulletin ont augmenté, en raison des améliorations qu'on a commencé à introduire dans la rédaction en 1894.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ce sont les seules remarques qui méritent de vous être présentées sur l'exercice dont il vous est rendu compte.

Les dépenses faites ne s'écartent pas sensiblement des prévisions établies dans le budget voté par le Conseil au commencement de l'exercice; les différences qui apparaissent s'expliquent très facilement par la nature même des choses, et sont inévitables. Cela vous montre que le fonctionnement des divers services de notre Société est bien réglé et attentivement suivi dans tous ses détails.

Ce contrôle sévère est d'autant plus nécessaire que les capitaux appartenant à la Société ou gérés par elle ont aujourd'hui une importance assez grande. Si on en fait l'inventaire au 31 décembre 1894, en évaluant les valeurs mobilières aux cours de la Bourse et l'hôtel avec le mobilier, les machines et la bibliothèque à la somme de 600 000 francs, qui ne doit pas s'éloigner beaucoup de la valeur vénale actuelle, on arrive, en effet, aux chiffres suivants :

Fonds généraux.	*Caisse*	21 214,41	
	Portefeuille	2 144 609,56	
	Hôtel	600 000 »	
	Total		2 765 823,97
Fondations.	*Caisse et réserves*	59 558,40	
	Portefeuille	748 280,05	
	Total		807 838,45
	Total général		3 573 662,42

Telle est, Messieurs, la fortune dont nous disposons; en en constatant l'importance, vous songerez aux quatre-vingt-quatorze années d'existence que compte déjà notre Société, aux généreux concours qu'elle a constamment trouvés; vous penserez aussi à l'étendue des services que rend notre digne trésorier. Depuis vingt-sept ans, M. Goupil de Préfeln a la garde de notre avoir et veille sur nos économies avec un soin jaloux. Nos finances sont en bon ordre et en bonnes mains.

Signé : Lucien Bordet, *rapporteur.*

Approuvé en séance, le 14 *juin* 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS MÉCANIQUES

RAPPORT *fait par* M. E. SAUVAGE, *au nom du Comité des Arts mécaniques*, SUR LES LOCOMOTIVES ARTICULÉES COMPOUND A QUATRE CYLINDRES DE M. MALLET.

La Société a reçu de M. Mallet une communication touchant ses locomotives articulées compound à quatre cylindres, avec deux trains moteurs. M. Mallet signale les nombreuses applications de ce système faites depuis quelques années ; il appelle l'attention de la Société sur les avantages qu'il offre pour

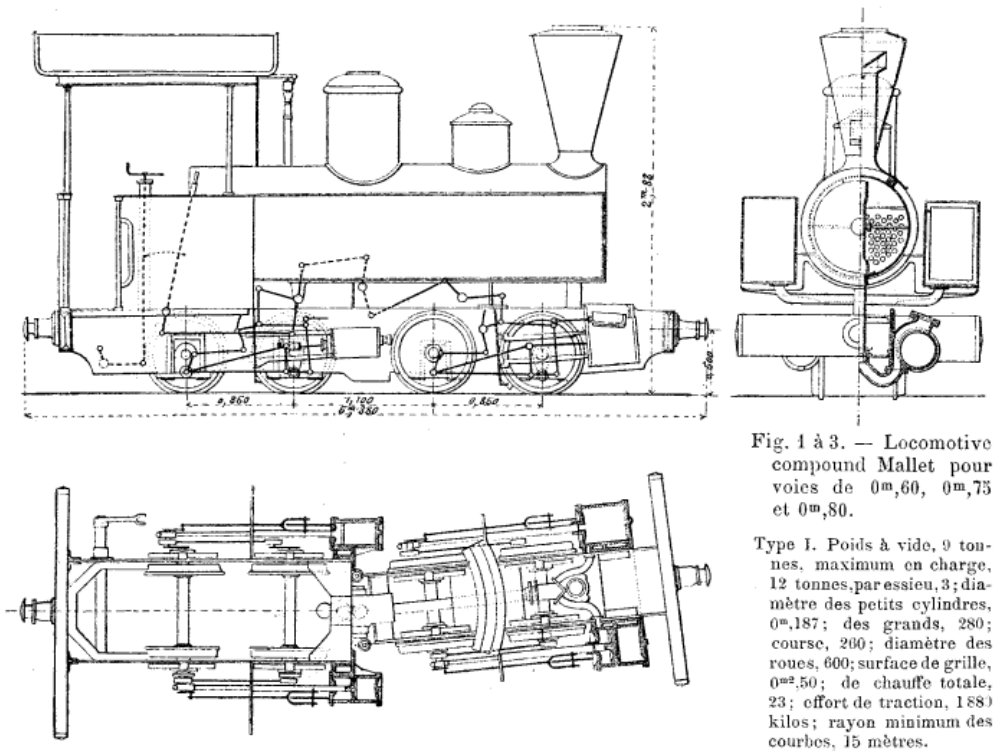


Fig. 1 à 3. — Locomotive compound Mallet pour voies de 0m,60, 0m,75 et 0m,80.

Type I. Poids à vide, 9 tonnes, maximum en charge, 12 tonnes, par essieu, 3 ; diamètre des petits cylindres, 0m,187 ; des grands, 280 ; course, 200 ; diamètre des roues, 600 ; surface de grille, 0m².50 ; de chauffe totale, 23 ; effort de traction, 1880 kilos ; rayon minimum des courbes, 15 mètres.

l'exploitation des chemins de fer à fortes rampes et à courbes de petit rayon.

On peut dire, d'une manière générale, que les courbes raides et les inclinaisons rapides se trouvent réunies sur les mêmes lignes de chemins de fer. La difficulté de la traction sur ces lignes ne consiste pas tant dans une puissance exceptionnelle à demander aux locomotives, car la bonne exploitation d'une ligne de plaine exige aussi de puissants moteurs ; mais, sur les lignes de plaine, sauf pour les grandes vitesses, il n'est pas nécessaire que le moteur soit très léger, car il ne forme qu'une faible fraction du poids total

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du train. Pour les très grandes vitesses, la réduction du poids du moteur a une grande importance, mais l'adhérence ne manque pas pour utiliser facilement un effort moteur presque toujours assez faible. Il convient de remar-

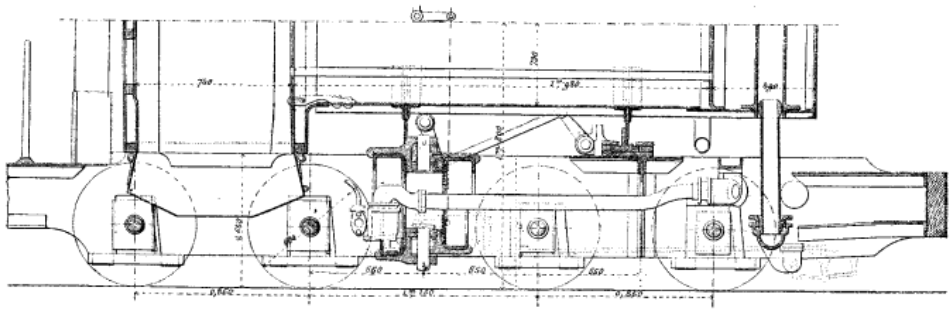
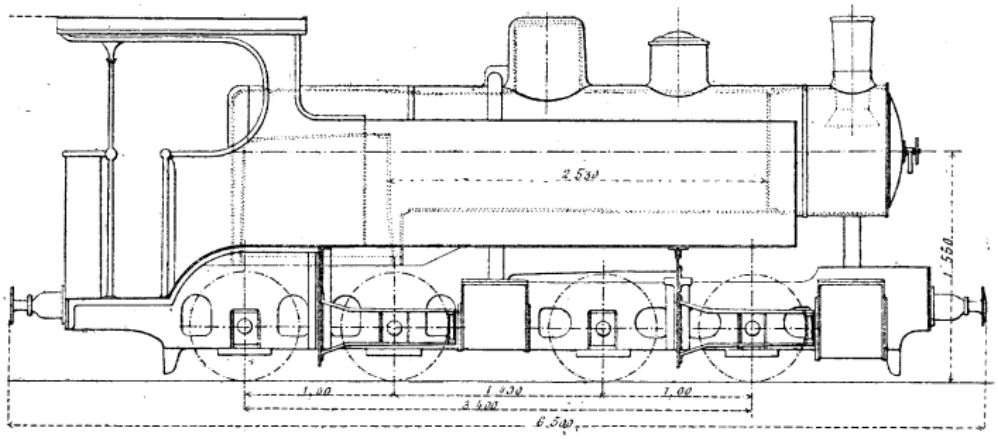


Fig. 4. — Locomotive compound Mallet (type I, fig. 1). Détail des articulations du truck antérieur, des tuyaux de vapeur, et de la commande de l'arbre de relevage.



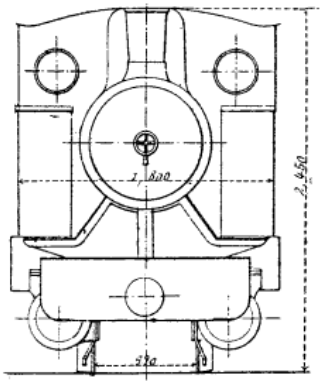


Fig. 5 et 6. — Locomotive compound Mallet pour voie de 0m,75 (type II) ; mines de Quiros.

Poids à vide, 12t,5 ; maximum en charge, 16 ; par essieu, 4 ; diamètre des roues, 0m,720 ; des petits cylindres, 210 ; des grands, 320 ; course, 320 ; effort de traction, 2 360 kilos ; surface de grille, 0m2,6 ; de chauffe totale, 20 ; rayon minimum des courbes, 20.

quer, en passant, que les énormes tenders, souvent attelés aux locomotives à grande vitesse, viennent réduire d'une manière fâcheuse les charges utiles qu'elles remorquent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Sur les lignes de montagne, la légèreté du moteur a de même une grande importance, car le poids total qu'il peut enlever est étroitement limité ; mais, à l'inverse des machines à grande vitesse, l'effort moteur doit être très grand, et l'adhérence risque d'être insuffisante. A égalité de puissance, ou de tra-

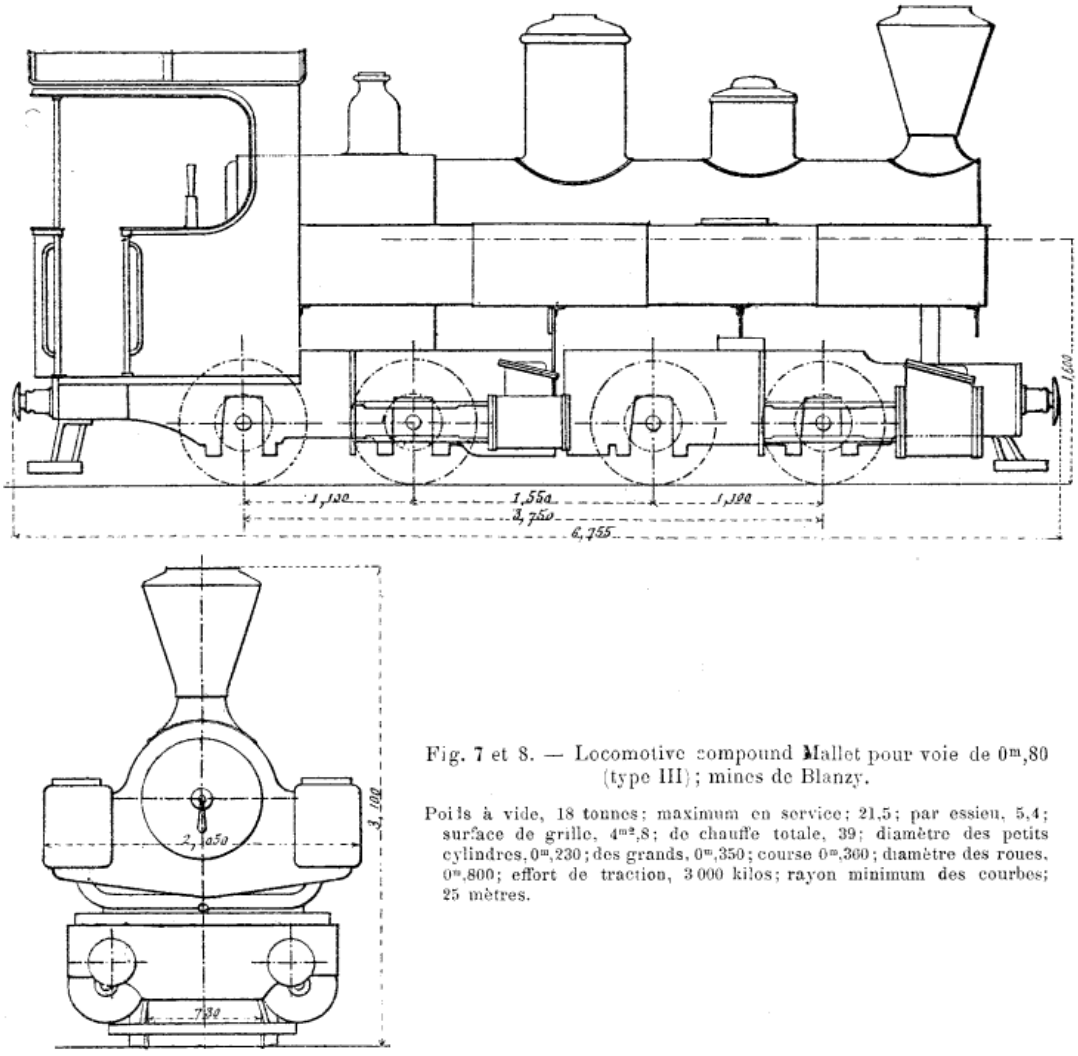


Fig. 7 et 8. — Locomotive compound Mallet pour voie de 0m,80 (type III) ; mines de Blanzy.

Poids à vide, 18 tonnes ; maximum en service ; 21,5 ; par essieu, 5,4 ; surface de grille, 4m²,8 ; de chauffe totale, 39 ; diamètre des petits cylindres, 0m,230 ; des grands, 0m,350 ; course 0m,360 ; diamètre des roues, 0m,800 ; effort de traction, 3 000 kilos ; rayon minimum des courbes ; 25 mètres.

vail produit pendant une seconde, c'est le facteur force qui croît, tandis que le facteur vitesse diminue.

En outre, au-dessous d'une certaine vitesse de rotation, le travail de la vapeur est généralement mal utilisé par le mécanisme de la locomotive.

Les conditions du service des lignes de montagne, qui viennent d'être rappelées, conduisent à utiliser pour l'adhérence le poids total des machines

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et de leurs approvisionnements, c'est-à-dire, à faire usage de locomotives-tenders dont tous les essieux sont moteurs ou accouplés.

Le simple accouplement de tous les essieux, pour une locomotive puissante, dont la base est forcément assez longue, s'oppose à la circulation en courbe raide. Bien des combinaisons ont été imaginées pour concilier la convergence et l'accouplement des essieux; presque toutes ces combinaisons ont eu peu de succès en pratique, et ont fini par disparaître. Des dispositions, simples en apparence, conduisent, quand on veut les réaliser, à des con-

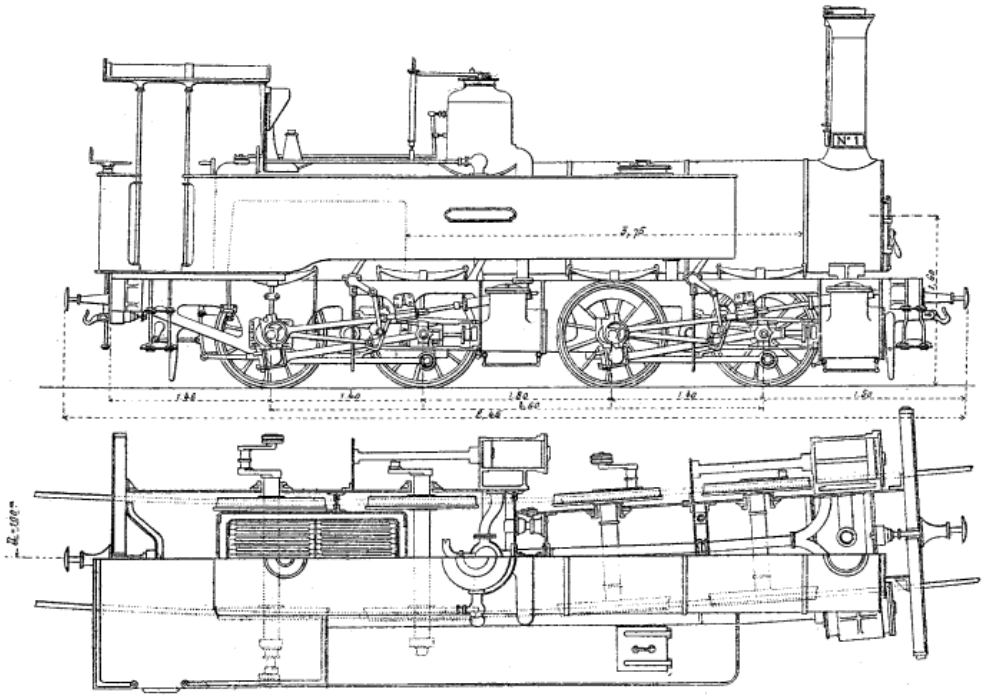


Fig. 9 et 10. — Locomotive compound Mallet pour voie de 1 mètre; chemins de fer de Corse; projet de 1885.

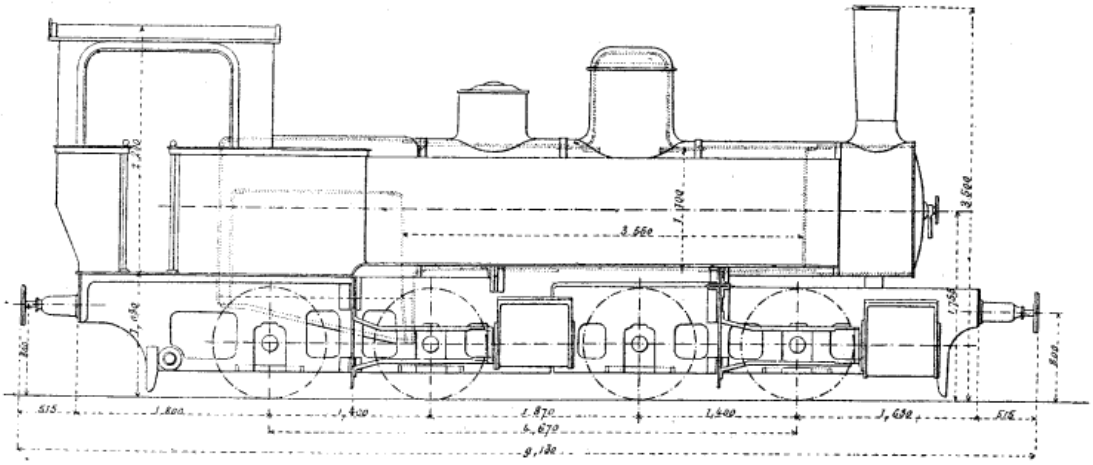
structions compliquées, dont certaines parties subissent des efforts excessifs.

Parmi tous les systèmes de ce genre, ceux de Meyer et de Fairlie, qui font porter la machine par deux trucks moteurs, ont le mieux réussi : la chaudière de la locomotive Meyer est unique, tandis qu'elle est double pour la locomotive Fairlie, qui représente presque deux petites locomotives attelées arrière contre arrière. Dans les deux systèmes, chaque truck repose sur deux ou trois essieux accouplés, aussi rapprochés que possible, commandés par deux cylindres, et pivote autour d'une cheville ouvrière. Le tuyau d'admission de vapeur, pour chaque groupe, doit présenter des joints

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

articulés ; il en est de même pour les tuyaux d'échappement, ces derniers remplis de vapeur détendue presque jusqu'à la pression atmosphérique. En outre, les mécanismes de relevage doivent présenter des renvois convenables.

Ainsi que Meyer, M. Mallet emploie une chaudière unique, préférable à la chaudière double de Fairlie. Conservant deux groupes moteurs, chacun avec deux cylindres, il applique logiquement la disposition compound, en les



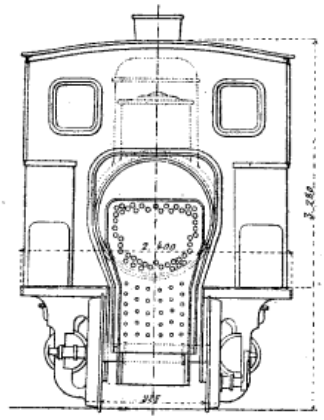


Fig. 11 et 12. — Locomotive compound Mallet pour voie de 1 mètre; Corse et Sud de la France (type V).

Poids à vide, 26 tonnes ; maximum en service, 32 ; par essieu, 8 ; surface de grille, 1m²,05 ; de chauffe totale, 67 ; diamètre des petits cylindres, 0m,280 ; des grands, 425 ; course, 500 ; diamètre des roues, 1 mètre ; effort de traction, 5 400 kilos ; rayon minimum des courbes, 75 mètres.

faisant traverser successivement par la vapeur : l'un des groupes est formé de deux cylindres à haute pression, et l'autre de deux cylindres à basse pression. Enfin, et c'est la disposition caractéristique du système, au lieu de deux trucks moteurs pivotant chacun autour d'une cheville, le groupe d'arrière, que commandent les cylindres à haute pression, est fixé au châssis de la locomotive qui porte la chaudière; le truck d'avant, commandé par les mécanismes à basse pression, est articulé autour d'une cheville placée en arrière de son centre, vers le milieu de la locomotive : c'est l'articulation

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

connue sous le nom de Bissel, qui donne au truck un déplacement transversal.

L'avant de la locomotive repose sur des platines fixées au truck ; des res-

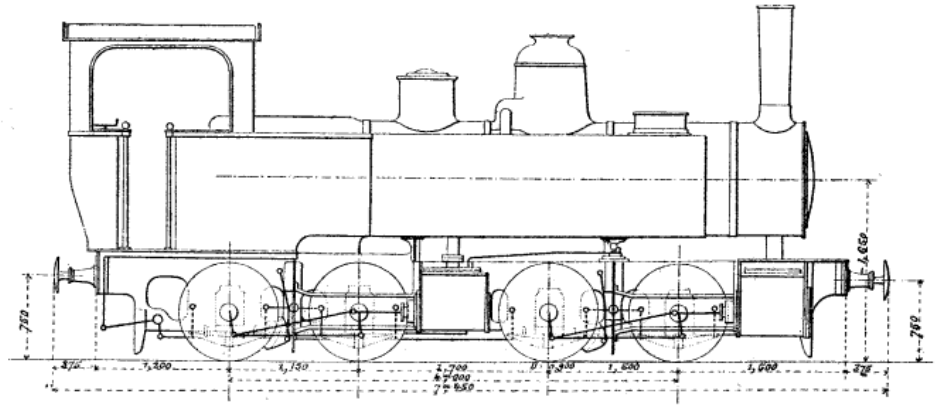


Fig. 13. — Locomotive compound Mallet pour voie de 1 mètre ; chemins départementaux.

Poids à vide, 19t,300 ; maximum en service, 24t,700 ; diamètre des petits cylindres, 0m,250 ; des grands, 380 ; course, 460 diamètre des roues, 900 ; effort de traction, 4 070 kilos ; surface de grille, 0m²,75 ; de chauffe totale, 41,95.

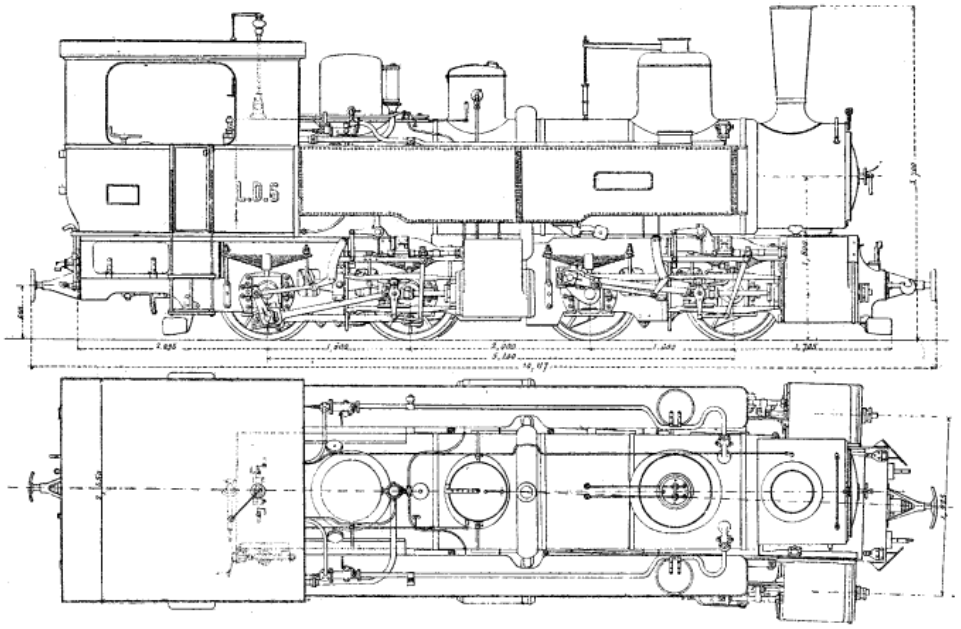


Fig. 14 et 15. — Locomotive compound Mallet pour voie de 1 mètre (type VI) ; chemin de fer de Landquart à Davos.

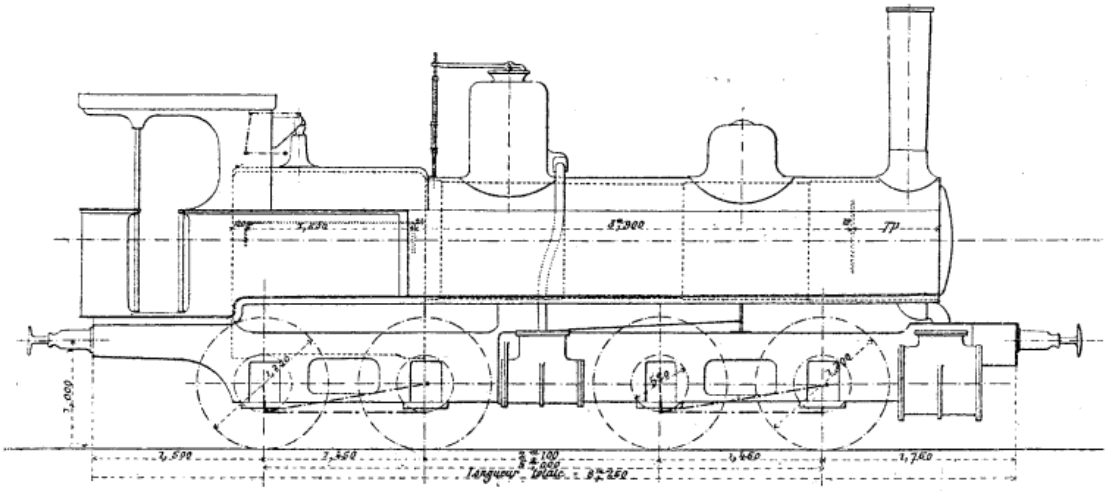
Poids à vide, 32 tonnes ; maximum en service, 40 ; par essieu, 10 ; surface de grille, 1m²,40 ; de chauffe totale, 80 ; diamètre des petits cylindres, 0m,350 ; des grands, 490 ; course, 550 ; diamètre des roues, 1m,05, effort de traction, 6 000 kilos ; rayon minimum des courbes, 60 mètres.

sorts latéraux, plus ou moins tendus suivant la nature du service, combattent les mouvements de lacet.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cette disposition simplifie la construction générale, et surtout les articulations de la tuyauterie, réduites à celle du conduit envoyant la vapeur d'un groupe à l'autre, conduit où la pression est déjà réduite, et à celle du conduit d'échappement. Un seul des mécanismes de commande du relevage doit être articulé.

Pour le démarrage, un robinet spécial permet l'envoi de vapeur au ré-



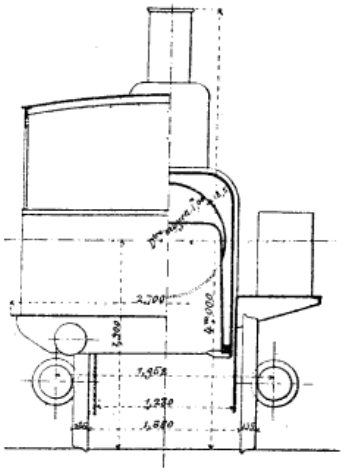


Fig. 16 et 17. — Locomotive compound Mallet pour voie de 1m,45 : chemin de fer de l'Hérault.

servoir qui alimente les cylindres à basse pression ; une soupape de sûreté limite la pression dans ce réservoir.

Les figures 1 à 23 représentent divers types de locomotives articulées du système Mallet, pour voies de largeurs diverses.

Les figures 1 à 3 montrent l'ensemble des locomotives à voies très étroites de 0m,60, 0m,75 et 0m,80 ; sur la figure 4, on voit le détail des articulations du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

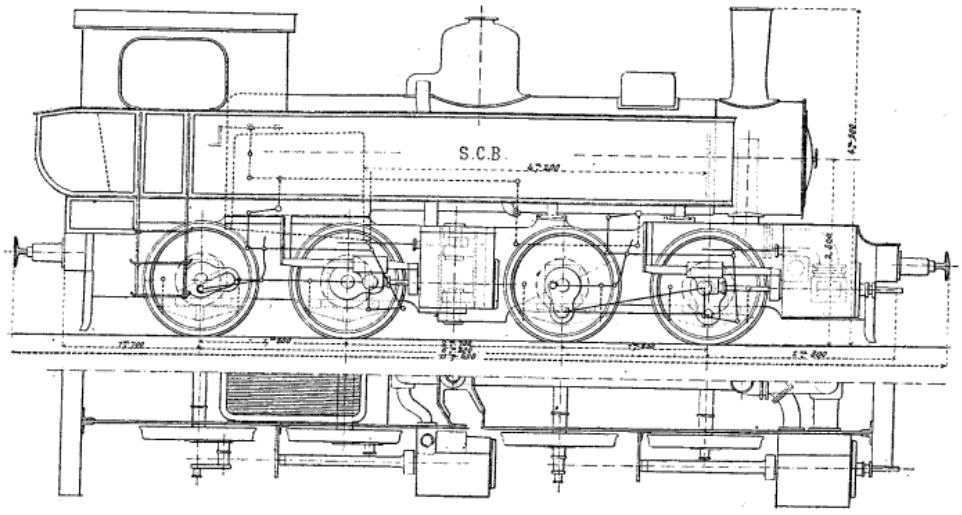
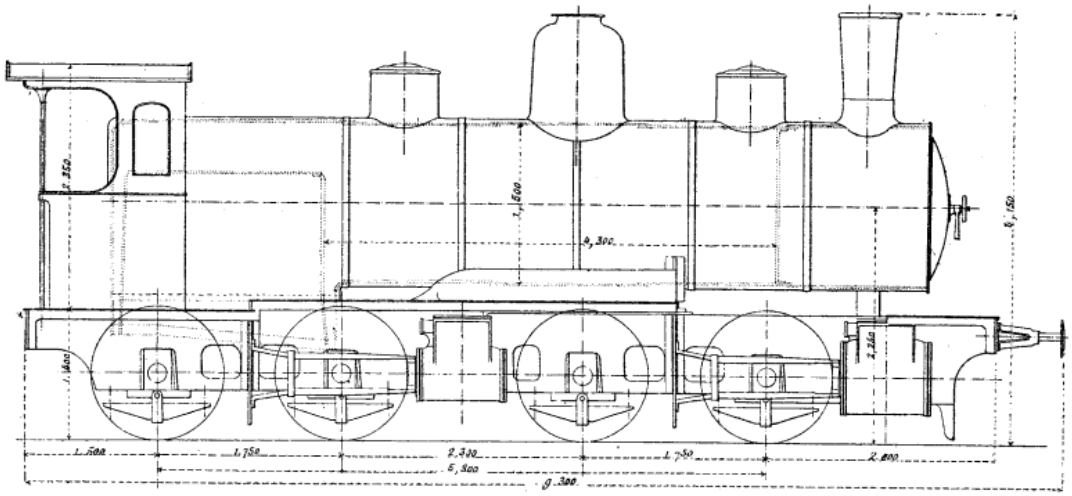


Fig. 18 et 19. — Locomotive compound Mallet pour voie de 1m,45; Central Suisse.



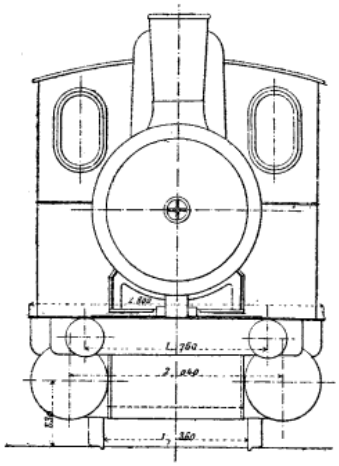


Fig. 20 et 21. — Locomotive compound Mallet pour voie de 1m,45; chemins de fer badois et prussiens (type IX).

Poids à vide, 49 tonnes; maximum en service, 55; par essieu, 13,8; diamètre des petits cylindres, 0m,300; des grands, 600; course, 600, diamètre des roues, 1m,26; effort de traction, 7 800 kilos; rayon minimum des courbes, 100 mètres; surface de grille, 1m²,95; de chauffe totale, 145.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

truck antérieur, des tuyaux de vapeur et de la commande de l'arbre de re-

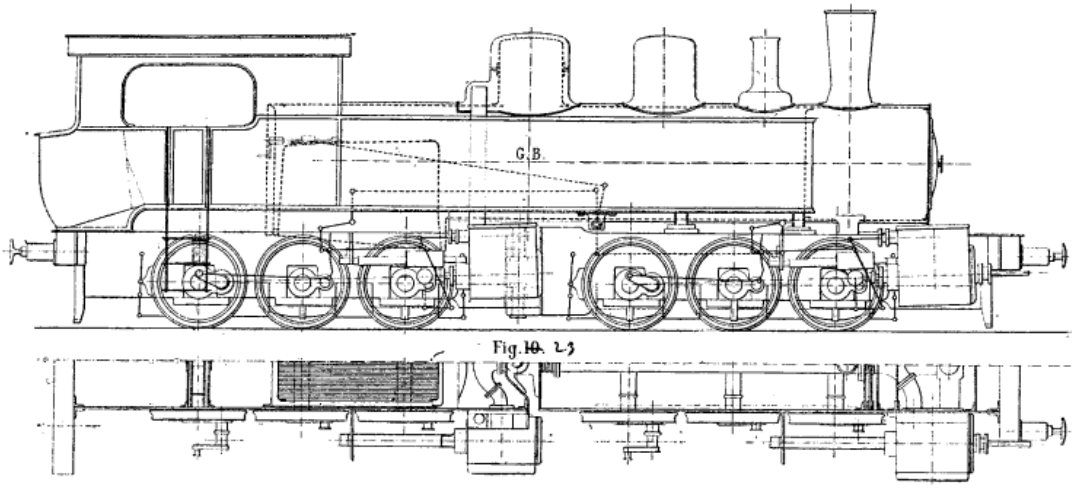


Fig. 22 et 23. — Locomotive compound Mallet pour voie de 1m,45; chemin de fer du Gothard.

Poids à vide, 65 tonnes; maximum en charge, 85 tonnes; par essieu, 14; surface de grille, 2m2,20; de chauffe totale, 154; diamètre des roues, 1m,23; effort de traction, 9 000 kilos; rayon minimum des courbes, 120 mètres.

levage. Les machines qui ont fait le service du chemin de fer Decauville à l'Exposition de 1889 étaient de ce type : 6 machines, fonctionnant 16 heures

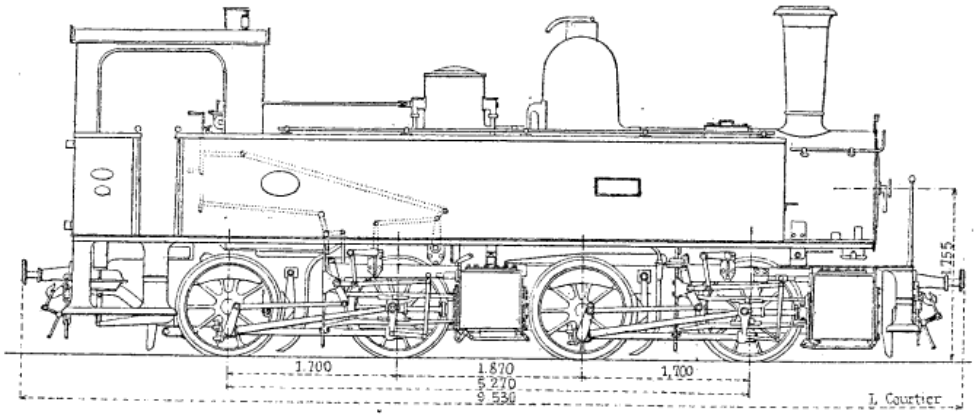


Fig. 24. — Locomotive compound Mallet; réseau breton du chemin de fer de l'Ouest (type V *bis*).

par jour, ont, en six mois, parcouru 113500 kilomètres, et transporté plus de 6 millions de voyageurs.

D'autres locomotives, pour voies de 0m,75 et 0m,80, destinées aux mines de Quiros et de Blanzy, sont représentées par les figures 5 à 8. Une machine

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

analogue à celle des figures 7 et 8 a été construite à la voie de 1 mètre pour les mines de Kebao.

Les locomotives de M. Mallet ont été souvent adoptées pour l'exploitation des lignes à voie de 1 mètre. Les figures 9 et 10 donnent le projet, établi en

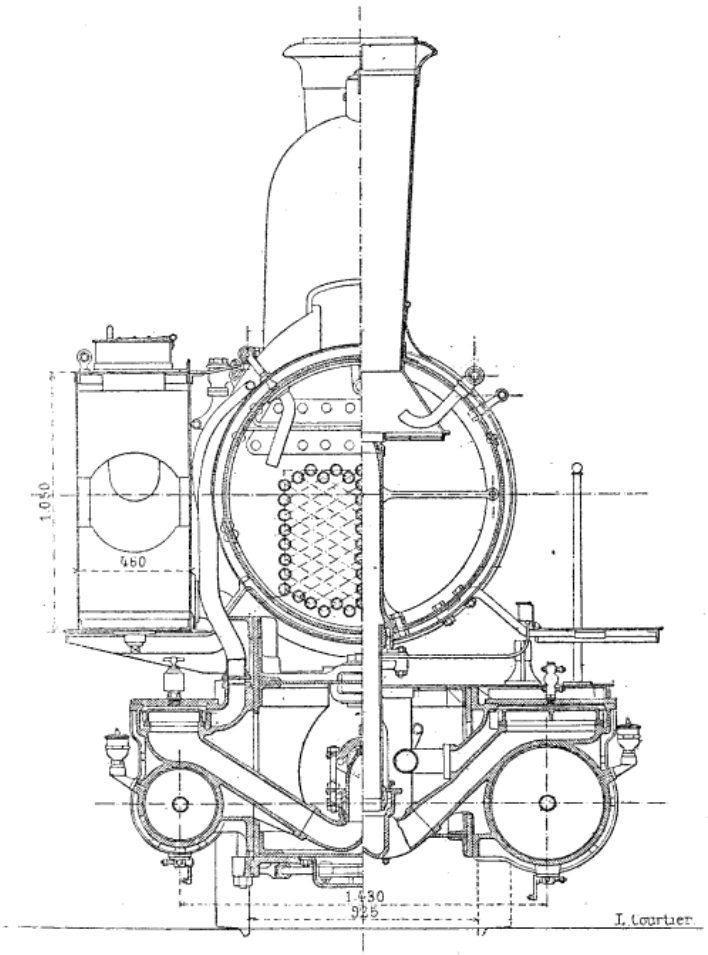


Fig. 25. — Locomotive compound Mallet; réseau breton; demi-coupes transversales par les échappements d'un petit et d'un grand cylindre.

1885, pour les chemins de fer de Corse; les figures 11 et 12, les locomotives construites pour ces chemins de fer et pour ceux du Sud de la France; la figure 13, celle des chemins de fer Départementaux; les figures 14 et 15, les machines du chemin de fer de Landquart à Davos. La figure 10 représente la machine dans une courbe de 100 mètres de rayon.

D'autres machines sont établies pour la voie normale de $1^{m},45$: celles

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du chemin de fer de l'Hérault (fig. 16 et 17), du chemin de fer Central suisse (fig. 18 et 19), des chemins de fer badois et prussiens (fig. 20 et 21), enfin la très puissante locomotive à six essieux du chemin de fer du Gothard (fig. 22 et 23). Les locomotives représentées fig. 20 et 21 ne portent pas

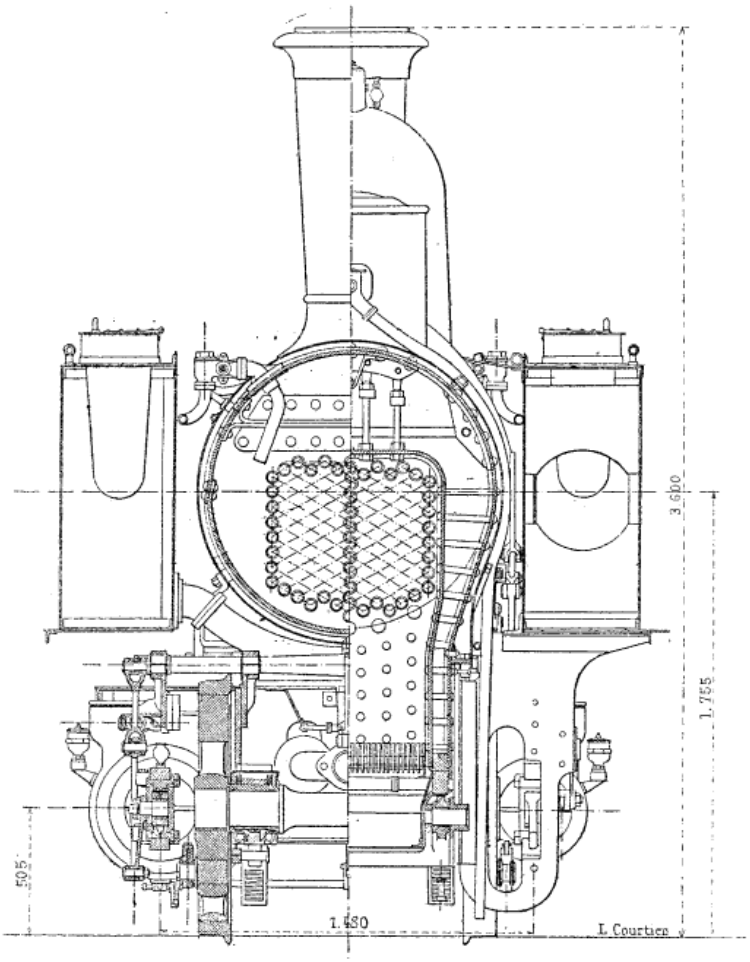


Fig. 26. — Locomotive compound Mallet; réseau breton; demi-coupes transversales par l'essieu accouplé d'arrière et par le foyer.

leurs approvisionnements comme les autres, mais sont munies de tenders séparés.

Le tableau qui suit résume les dimensions principales de ces locomotives et de celle qui est représentée par les figures 24 à 27 et par les fig. 1 et 2 de la pl. 6 (type V *bis*).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

	VOIES AU-DESSOUS DE 1 MÈTRE			VOIE DE 1 MÈTRE				VOIE NORMALE			
	TYPES			TYPES				TYPES			
	I	II	III	IV	V	V *bis.*	VI	VII	VIII	IX	X
Poids du rail en kg. par mètre.	9,5	12	15	18	22	23	23,5	25	37	37	37
Charge par essieu en tonnes.	3	4	5,4	6	8	9	10	9	15	13,8	14
Poids de la machine vide —	9	12,5	18	19	26	28	32	28	45	49	65
Poids maxim. en service —	12	16	21,5	24	32	36	40	36	60	55	85
Surface de grille en m². . .	0,5	0,6	4,8	0,8	1,05	1,05	1,40	1,50	1,00	1,95	2,20
Surface de chauffe tot. en m².	23	29	39	42	67	65	80	78	106	145	154
Diamètre des petits cylindres.	0,187	0,210	0,230	0,280	0,280	0,300	0,350	0,305	0,355	0,390	0,400
— des grands — .	0,280	0,320	0,350	0,380	0,423	0,460	0,490	0,460	0,540	0,600	0,580
Course du piston.	0,260	0,320	0,360	0,460	0,500	0,500	0,550	0,520	0,610	0,600	0,640
Diamètre des roues.	0,60	0,72	0,80	0,90	1,00	1,00	1,05	1,20	1,20	1,26	1,23
Ecartement des essieux parallèles.	0,85	1,00	1,10	1,15	1,40	1,70	1,60	1,45	1,68	1,75	2,70
Ecartement total	2,80	3,40	3,75	4,00	4,65	5,27	5,20	5,00	5,58	5,80	8,13
Longueurs hors tampons.. .	5,00	6,50	6,75	7,45	9,13	9,53	10,12	9,40	10,40	9,30	13,80
Effort de traction en kg. . .	1880	2300	3000	3500	4700	5400	6000	5000	8000	7800	9000
Rayon min. des courbes en m.	15	20	25	40	50	75	60	70	90	100	120

Quelques détails sur les lignes desservies par ces locomotives et sur leur service compléteront utilement ces indications.

Les machines de 33 tonnes, à voie de 1 mètre, des chemins de fer de la Corse (type n° V) traînent des trains de voyageurs de 50 tonnes à la vitesse de 33 à 35 kilomètres à l'heure sur des rampes de 30 millimètres par mètre, combinées avec des courbes de 100 à 150 mètres, rampes ayant plus de 5 kilomètres sans interruption. Le travail correspondant est de 360 chevaux, ce qui, pour 68 mètres carrés de surface de chauffe, donne 5,25 chevaux par mètre carré.

Le chemin de fer de Landquart à Davos, en Suisse, dans le canton des Grisons, s'élève de 1107 mètres depuis Landquart jusqu'à Wolfgang, point culminant de la ligne, situé à l'altitude de 1 633 mètres. Le développement, pour cette élévation, est de 43,5 kilomètres, ce qui donne une rampe moyenne de plus de 25 millimètres par mètre.

Entre Kublis et Wolfgang, stations distantes de 22 081 mètres, la différence de niveau est de $820^{m},6$: c'est une déclivité moyenne de $37^{mm},1$ par mètre ; de Kloster-Platz à Laret, deux stations successives distantes de 8 180 mètres, la différence de niveau est de $331^{m},15$; c'est une déclivité moyenne de $40^{mm},4$ par mètre. Le rayon des courbes descend à 100 mètres.

La traction était faite d'abord par des machines à trois essieux accouplés avec un essieu porteur à l'avant, pesant en service 29 tonnes, dont 24 tonnes de poids adhérent. Ces machines ne traînaient que 45 tonnes sur les rampes de 45 millimètres. On leur a adjoint, en 1890, deux machines compound articulées, pesant en service 40 tonnes, qui traînent 70 à 80 tonnes sur le même profil. En remontant les rampes de 45 millimètres avec 70 tonnes de charge, à la vitesse de 18 kilomètres à l'heure, ces machines développent environ 390 chevaux, soit tout près de 5 chevaux par mètre carré de surface de chauffe ; cette surface a 80 mètres carrés, et le travail doit être soutenu

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pendant un temps prolongé. D'après M. C.-S. du Riche-Preller (numéro du 30 décembre 1892 du journal *Engineering*), sur le chemin de fer de Landquart à Davos, l'emploi de deux locomotives Mallet, construites par Maffei, à Munich, pour le service des trains de marchandises et des trains mixtes, a réduit la consommation de combustible de 16 kg.,3 à 10 kg.,7 par kilomètre.

En 1889-1890, le chemin de fer Central suisse a fait construire par la maison Maffei,

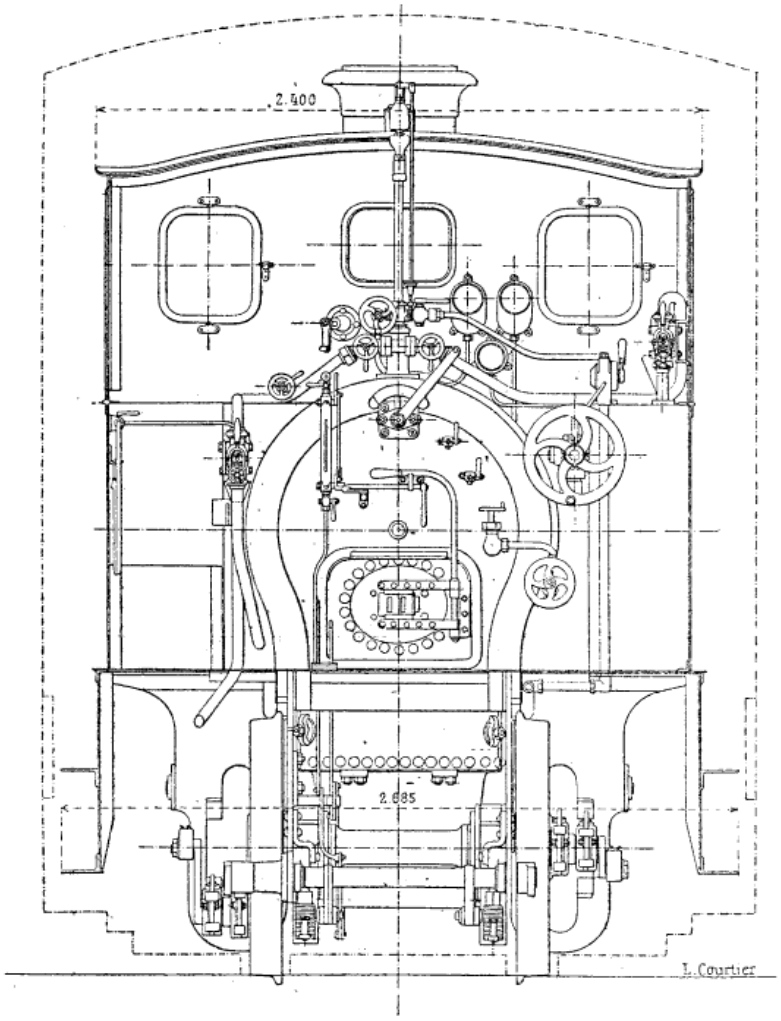


Fig. 27. — Locomotive compound Mallet; réseau breton. Vue d'arrière.

de Munich, six machines compound articulées à quatre essieux (type n° VIII)] pesant 60 tonnes en service. Ces locomotives étaient destinées à desservir la section de Sissach à Olten, qui comprend de fortes rampes allant jusqu'à 27 millimètres, dont un tunnel de 2 520 mètres établi avec cette déclivité. Ces six machines ont donné des résultats assez favorables pour que la Compagnie en ait commandé dix nouvelles du même modèle; ces machines ne sont plus localisées sur la section du Hauenstein; elles sont appliquées au service général des trains de marchandises sur tout le réseau.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Fettu a donné, dans la *Revue générale des Chemins de fer*, quelques détails sur les locomotives Mallet des chemins de fer Départementaux.

Le tableau qui suit réunit les dimensions de ces locomotives, construites par la Société alsacienne de constructions mécaniques, à Belfort.

CONDITIONS PRINCIPALES D'ÉTABLISSEMENT

Diamètre des cylindres	d'admission	0^m, 250
	de détente (d)	0, 380
Course des pistons (commune aux cylindres) (l)		0, 460
Diamètre des roues (D)		0, 900
Écartement des essieux	couplés	1, 150
	extrêmes	4
Tubes	Diamètre extérieur	0, 045
	— intérieur	0, 041
	Longueur entre les plaques tubulaires	3, 300
	Nombre	89
Surface de chauffe	du foyer, en mètres carrés	4, 122
	des tubes (intérieure)	37, 828
	totale	41, 950
Surface de grille		0^{m2},755
Chaudière.	Diamètre moyen	0^m, 922
	Timbre	12^{kg}
	Capacité : eau (100 millim. au-dessus du ciel)	1^{m3},480
	Capacité : vapeur	0, 870
	Capacité : totale	2, 350
Contenance des soutes	à eau	2^{m3},900
	à charbon	$1\,000^{kg}$
Eau dans la chaudière et combustible sur la grille		$1\,500^{kg}$
Longueur totale, tampons compris		7^m, 450
Largeur maxima, toutes saillies comprises		2, 400
Hauteur au-dessus du rail	des tampons	0, 750
	totale	3, 200

Poids	à vide.	en charge.
sur le groupe des deux essieux d'avant	$10\,300^{kg}$	$13\,300^{kg}$
— — d'arrière	9 000	11 400
Total	$19\,300^{kg}$	$24\,700^{kg}$

Effort de traction $0{,}46\,\frac{p\,d^2\,l}{D}$: p, pression dans la chaudière. d, diamètre du grand cylindre. 0,46, coefficient pratique, comprenant la résistance du mécanisme. . . . . $4\,070^{kg}$

Adhérence (Coefficient $\frac{1}{7}$) . . . . . $3\,530^{kg}$

Pour que toute l'adhérence soit le mieux utilisée, il faut que les travaux moteurs donnés par chaque groupe soient proportionnels aux charges que ces groupes exercent sur les rails, charges qui ne sont pas toujours égales. Tenant compte de la différence des surfaces des pistons, M. Fettu trouve que les pressions moyennes sur les pistons de la machine considérée doivent tre dans le rapport de 1 à 3.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les diagrammes relevés, dont la figure 28 donne un exemple, montrent

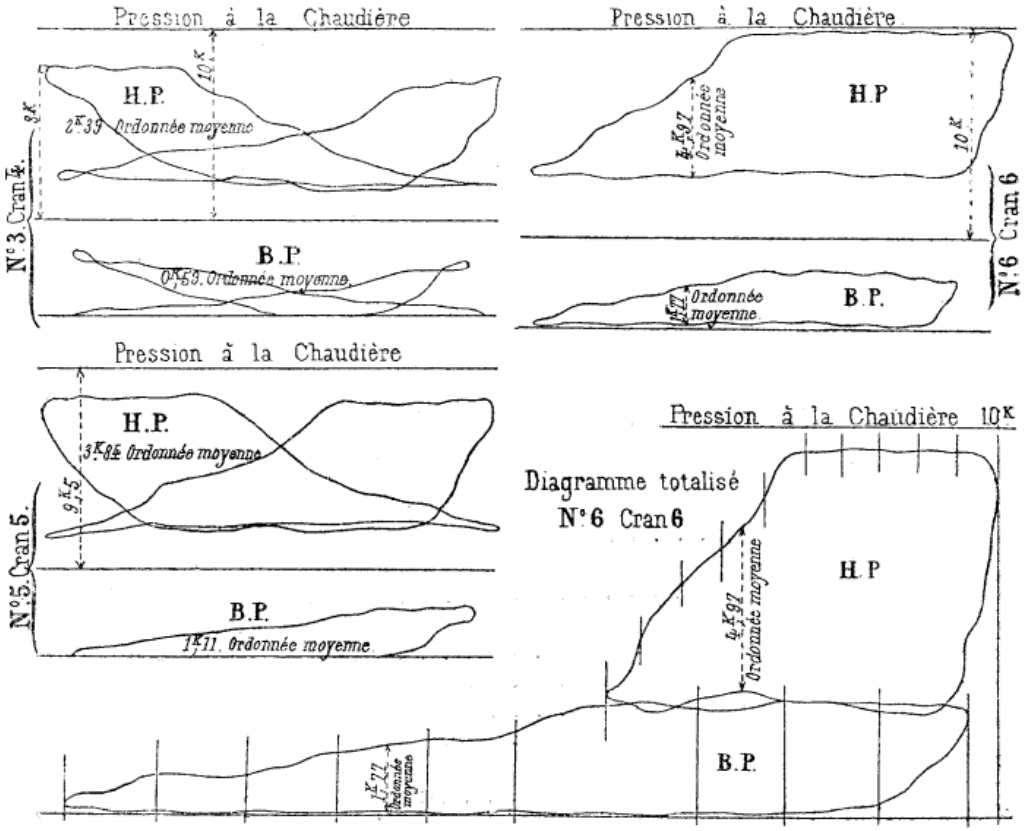


Fig. 28. — Diagrammes relevés les 2 et 3 août 1890 sur la locomotive n° 41 des chemins de fer départementaux.

que cette condition se réalise à peu près; les rapports sont donnés par le tableau qui suit :

NUMÉROS des DIAGRAMMES.	CRANS de MARCHE.	PRESSIONS MOYENNES. HAUTE p.	PRESSIONS MOYENNES. BASSE p'.	RAPPORT $\frac{p'}{p}$.	MOYENNE DES RAPPORTS $\frac{p'}{p}$.
		kilogr.	kilogr.		
5	5	3,84	1,11	0,29	
6	6	4,97	1,77	0,356	0,33
13	6	4,70	1,62	0,345	

Un des détails importants des locomotives Mallet est l'articulation du tuyau qui réunit les deux groupes de cylindres. On voit, sur quelques-unes

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des figures déjà citées, que ce tuyau tourne autour d'un axe vertical voisin de la cheville du truck antérieur. Comme les axes du tuyau et de la cheville

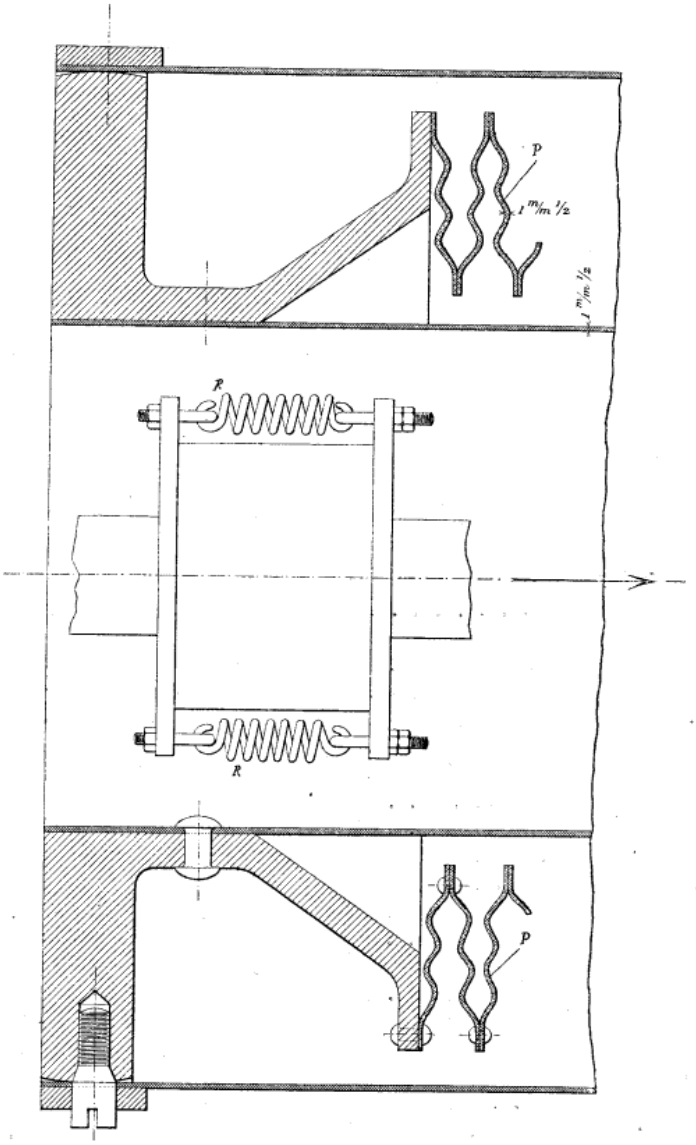


Fig. 29. — Articulation à soufflet métallique de Mattei.

p, soufflet en tôles ondulées; *R*, ressorts d'accouplement.

ne coïncident pas, l'autre extrémité du tuyau est saisie dans une garniture qui lui permet de coulisser. Le constructeur Maffei a remplacé les garnitures par un soufflet métallique (fig. 29).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les figures 24 à 27 et fig. 1 à 2, pl. 6, donnant les ensembles complets de locomotives Mallet pour voie de 1 mètre, permettent d'en apprécier aisément les diverses dispositions. On se rend compte, sur ces figures, des articulations assez simples qui permettent le renvoi de la commande du relevage pour le mécanisme du truck mobile. Une seule vis de changement de marche commande simultanément les deux distributions ; ces locomotives ont été exécutées, pour la Compagnie des Chemins de fer de l'Ouest, par la Société alsacienne de Constructions mécaniques. Elles sont destinées à l'exploitation des lignes à voie de 1 mètre en Bretagne.

Les tableaux qui suivent donnent l'état, dressé par M. Mallet, des applications de son système de locomotives articulées au 31 décembre 1894.

Liste des locomotives articulées Mallet, construites au 31 décembre 1894.

NATIONALITÉS.	CHEMINS DE FER.	LARGEUR DE VOIE			CONSTRUCTEURS.
		inf^re à 1 mèt.	1 mèt.	1m,45.	
France. . .	Decauville	20	»	»	Sociétés Decauville et Métallurg.
	Ch. de fer Départementaux. .	»	13	»	Soc. alsacienne de Constr. méc.
	— Économiques. . .	»	3	»	— —
	— de l'Hérault. . . .	»	»	4	Anciens Établissements Cail.
	— Ouest (Bretagne). .	»	7	»	Soc. alsacienne de Constr. méc.
	— Sud de la France. .	»	6	»	— —
	— Bône-Guelma. . .	»	6	»	Société des Batignolles.
	Mines de Blanzy.	4	»	»	Société métallurgique.
	— de Kebao.	»	2	»	— —
Suisse. . .	Gothard.	»	»	1	J.-A. Maffei.
	Central.	»	»	16	—
	Landquart-Davos	»	2	»	—
	Yverdon-Sainte-Croix	»	3	»	Soc. alsacienne de Constr. méc.
	Seignelegier-Chaux-de-Fonds.	»	3	»	Iung à Kirchen (Westphalie).
Espagne. .	Durango-Zumarraga.	»	2	»	Société de Couillet.
	Madrid, V. del Prado. . . .	»	1	»	— —
Suède . . .	Trubia à Quiros	1	»	»	Soc. alsacienne de Constr. méc.
Allemagne .	Kalmar-Lenhafda.	6	»	»	Hummel à Wexio.
	État badois.	»	»	14	Société alsacienne et Carlsruhe.
	— prussien.	»	»	11	Société alsacienne.
	— bavarois.	»	»	1	J.-A. Maffei.
Turquie. .	Mines de Balia Karaidin. . .	1	»	»	Société métallurgique.
Divers. . .	Mines, usines, etc.	25	»	»	Soc. Decauv., métall., Iung, etc.
		57	48	47	
	TOTAL.	152			

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Locomotives Mallet construites au 31 décembre 1894.

NATIONALITÉS.	LARGEUR DE VOIE		
	MOINS DE 1 MÈTRE.	1 MÈTRE.	1m,45.
CLASSEMENT PAR PAYS OU ELLES SONT EN SERVICE			
France, Protectorat et Colonies	24	37	4
Suisse	»	8	17
Espagne	1	3	»
Suède	6	»	»
Allemagne	»	»	26
Turquie	1	»	»
Pays divers	25	»	»
	57	48	47
TOTAL		152	
CLASSEMENT PAR CONSTRUCTEUR			
Société Decauville	25	»	»
Société alsacienne de Constructions mécaniques	1	32	13
Anciens établissements Cail	»	»	4
Société des Batignolles	»	6	»
Société métallurgique (Tubize)	24	2	»
Société de Couillet	»	3	»
Fabrique de Carlsruhe	»	»	12
J.-A. Maffei à Munich	»	2	18
Iung à Kirchen (Westphalie)	1	3	»
Hummel à Wexio	6	»	»
	57	48	47
TOTAL		152	

On doit à M. Mallet une solution vraiment pratique d'un problème difficile : celui de la locomotive flexible et puissante à adhérence totale. Le nombre considérable des solutions proposées et essayées sans succès par des ingénieurs distingués prouve la difficulté de ce problème heureusement résolu. Une autre preuve se voit dans le grand nombre des locomotives Mallet en service et dans le développement du système en France et dans plusieurs pays étrangers. Enfin, le succès des locomotives compound à quatre cylindres, non articulées, est un puissant argument en faveur de cette disposition, lorsqu'elle se combine si bien avec l'articulation d'un truck.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nous vous proposons de remercier M. Mallet de sa très intéressante communication, et d'insérer le présent rapport au *Bulletin*, avec les figures qui l'accompagnent.

Approuvé en séance le 10 *mai* 1895.

ED. SAUVAGE.

ARTS MÉCANIQUES

RAPPORT *fait par* M. ALF. TRESCA, *au nom du Comité des Arts mécaniques, sur* l'ANTHEXIMÈTRE DE M. ÉMILE PETIT, *ingénieur des Arts et Manufactures.*

Dans sa séance du 8 juillet 1887, la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale a bien voulu approuver un rapport présenté au nom du Comité des Arts mécaniques sur un Frictomètre imaginé par MM. Émile Petit et Henri Fayol. En donnant la description de cet appareil, destiné aux essais relatifs au frottement des corps en mouvement de rotation avec interposition de matières lubrifiantes de natures diverses, votre rapporteur a surtout appelé l'attention sur un mode particulier d'évaluation et d'enregistrement des pressions en jeu, au moyen d'une disposition très ingénieuse et susceptible de nombreuses applications.

Cette disposition, dénommée avec juste raison, par les inventeurs, *ressort hydraulique*, a été appliquée par l'un d'eux, M. Émile Petit, à un appareil pouvant servir à l'essai des matériaux à la traction, compression ou flexion, et désigné sous le nom d'Antheximètre (1), et c'est cet appareil qui peut convenir pour des essais exigeant l'évaluation de très fortes charges, 100 tonnes par exemple, ou pour d'autres dans lesquelles les forces mises en jeu sont beaucoup plus faibles, de 30 à 100 kilogrammes, par exemple, qu'il soumet à l'appréciation de la Société d'Encouragement.

Commençons par rappeler brièvement en quoi consiste le ressort hydraulique imaginé par MM. Petit et Fayol, qui sert de base à l'appareil d'essai de matériaux, et qui en constitue la partie la plus originale.

En détachant de l'instrument complet cette partie relative à la mesure des efforts, l'appareil de mesure représenté figure 1 se compose d'un fort levier horizontal à deux branches L à l'une des extrémités duquel vient s'attacher, en *a*, la barre que l'on veut rompre, et à l'autre extrémité, en *b*, la tige verticale T

(1) *Antheximètre* dérive du grec : αντεξις, résistance; μετρον, mesure.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'un flotteur F d'assez grandes dimensions. Celui-ci plonge dans un vase cylindrique R rempli d'eau, et le déplacement vertical du flotteur est proportionnel à la pression ou charge que l'on veut mesurer, agissant dans l'axe de la tige du flotteur, proportionnel également à la différence des sections droites du vase cylindrique et de son flotteur, et inversement proportionnel

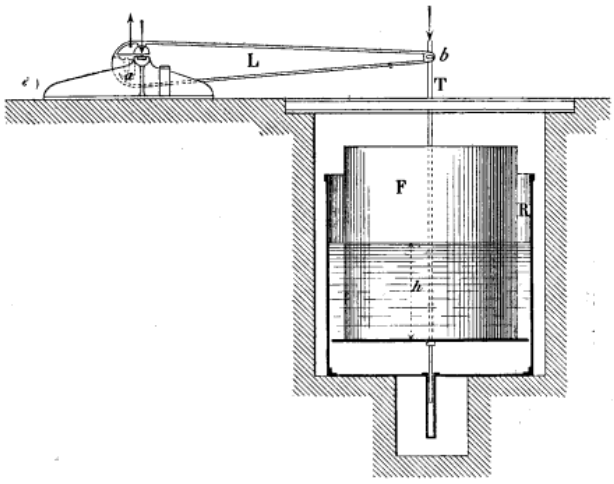


Fig. 1. — Ressort hydraulique Petit et Fayol.

à chacune de ces sections ainsi qu'à la densité du liquide dans lequel plonge le flotteur.

Comme il a été démontré dans le rapport précédent (1), la pression p à évaluer est donnée par l'expression :

$$p = \frac{S \times s}{S - s} h \times \pi$$

S étant la section du vase cylindrique,

s, la section droite du flotteur,

h, la hauteur de laquelle le flotteur est enfoncé dans le liquide, sous l'action de la force p que l'on veut évaluer, et

π, la densité du liquide employé.

Il suffit donc de munir la tige du flotteur d'un index, et de mesurer son déplacement, pour avoir une évaluation de l'effort exercé.

On peut même profiter de cette disposition pour obtenir, de l'appareil

(1) *Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale.* Année 1887, page 550.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'essai lui-même, un diagramme donnant, à une certaine échelle, la succession non interrompue des déformations de la pièce en essai, pour des charges successives nécessaires pour obtenir ces déformations, et l'Antheximètre de M. Émile Petit donne une solution très complète et très ingénieuse de cette question des tracés du diagramme d'essai par l'appareil même.

L'on sait que, depuis plusieurs années déjà, cette question est à l'ordre du jour, et il se manifeste une tendance de plus en plus accusée, à remplacer les lectures successives, au moyen de visées et d'appareils micrométriques, par des tracés continus, au moins pour les essais industriels devant être effectués avec rapidité et offrir cependant une exactitude très suffisante.

Nous décrirons successivement, dans ce rapport, les deux types d'Antheximètre s'éloignant le plus l'un de l'autre : le type construit pour enregistrer des efforts de 30 à 100 kilogrammes seulement, et destiné à l'essai des papiers, étoffes et autres matières de faible résistance, et le type construit pour enregistrer des efforts beaucoup plus considérables : 60 à 100 tonnes, et permettant de faire l'essai de divers métaux à la traction, à la compression ou à la flexion.

Lorsqu'il s'agit d'exercer des efforts faibles, c'est à l'aide d'une vis et de son écrou que l'on peut obtenir les charges croissantes nécessaires pour amener l'échantillon jusqu'à son point de rupture.

S'il s'agit d'essais de métaux, c'est à l'aide d'une véritable presse hydraulique que l'on obtient ces charges élevées.

Sur une table horizontale de faible longueur se trouvent disposés des supports en fonte, qui maintiennent dans un même plan horizontal deux tiges cylindriques servant de guides aux mâchoires destinées à enserrer la bande de matière que l'on veut essayer. (Fig. 2 et 3.)

La mâchoire A de droite porte l'écrou d'une vis horizontale V, pouvant être mise en mouvement par un petit volant W muni d'une manivelle M. La vis V ne pouvant que tourner sur elle-même sans se déplacer longitudinalement, c'est l'écrou de cette vis et, par suite, la mâchoire A, qui sera animé d'un mouvement de translation rectiligne.

La mâchoire B, retenant l'autre extrémité de la pièce en essai, est assemblée avec un point de la tige verticale T, d'un flotteur F par l'intermédiaire d'un levier à deux branches très inégales, constituant une romaine au 1/20 par exemple.

Le flotteur F plonge dans un vase cylindrique de section constante R, fixé sur la même table que les autres supports de l'appareil.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Si, à l'aide du volant W et de la manette M, on oblige la vis V à tourner sur elle-même, la machine A se déplacera de gauche à droite en produisant une tension de la matière en essai qui exercera une traction sur la petite

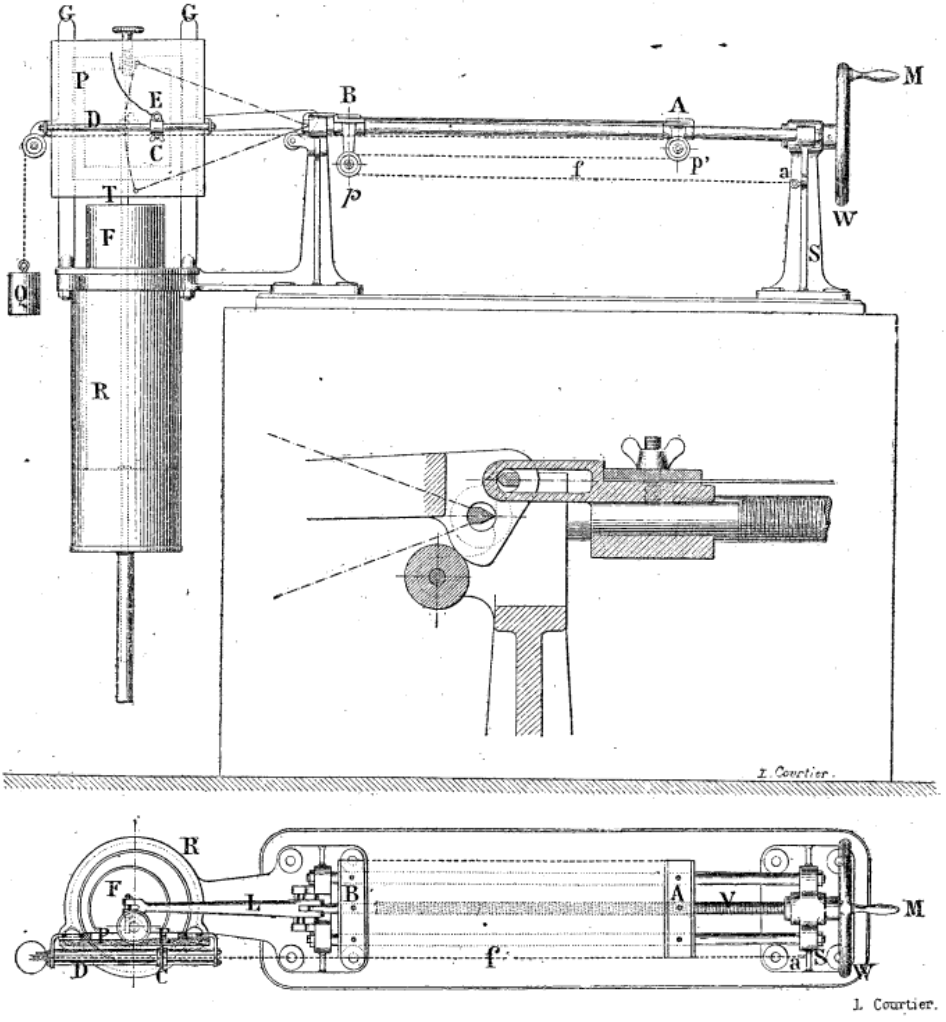


Fig. 2, 3 et 4. — Petit antheximètre. Elévation, plan, et détail des couteaux du levier L.

branche de la romaine L. L'extrémité du grand levier agira à son tour sur la tige du flotteur, en obligeant celui-ci à s'enfoncer dans le vase cylindrique de quantités d'autant plus grandes que les tractions et pressions exercées iront en augmentant.

Une planchette P, attachée à la tige du flotteur et guidée verticalement,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

par deux pièces fixes G, suivant toutes les variations de niveau du flotteur, peut servir déjà à se rendre compte de l'étendue de ses dénivellations, et, par suite, des efforts de traction développés pour amener la matière en expérience à un état de tension déterminé.

Cette même planchette peut servir à l'inscription des allongements de la pièce d'essai, et la combinaison de ces deux inscriptions peut conduire au tracé automatique de la courbe représentant les allongements successifs correspondant aux charges nécessaires pour les produire.

Ces allongements étant toujours assez faibles, il est nécessaire de les amplifier dans une certaine mesure, et l'on peut y arriver facilement au moyen de la disposition suivante :

Un fil s'attache en un point fixe a, emprunté au support S de droite, passe sur une poulie p, faisant partie de la mâchoire B, revient sur lui-même pour entourer également la poulie p', faisant partie de la mâchoire A, puis suit une troisième direction parallèle aux deux premières, pour se terminer par une masse pesante Q, suffisante pour assurer la tension de ce fil dans tout son développement.

Si sur le dernier brin horizontal de ce fil, on attache un curseur C, guidé par une tige horizontale D, et si l'on oblige un crayon, disposé en E, à venir s'appuyer sur la planchette P, munie d'une feuille de papier; le tracé qui résultera de la combinaison de ces deux mouvements : mouvement vertical de la planchette et déplacement horizontal du crayon, donne immédiatement la courbe des allongements par rapport aux charges, et sans que l'on soit obligé de faire d'autres constatations pendant le cours de l'essai à la traction.

Il suffit donc, en employant cet appareil, de fixer l'éprouvette entre les deux mâchoires A et B, de s'assurer que le crayon E est bien en contact avec la planchette P, puis d'agir sur le volant W, pour obtenir automatiquement la suite des allongements et des efforts correspondants, et cela jusqu'à la rupture de la pièce en expérience.

Si nous passons maintenant à l'étude d'un appareil du même système, mais de plus grandes dimensions, pouvant convenir pour l'essai de pièces métalliques ou de câbles de mines par exemple, nous retrouvons, dans cet appareil, les mêmes dispositions de détail, groupées seulement d'une manière un peu différente.

Comme l'indiquent les figures 5 à 18, l'effort de traction horizontal est obtenu non plus à l'aide d'un simple écrou et d'une vis, mais au moyen

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'une presse hydraulique à grande course, permettant facilement d'exercer

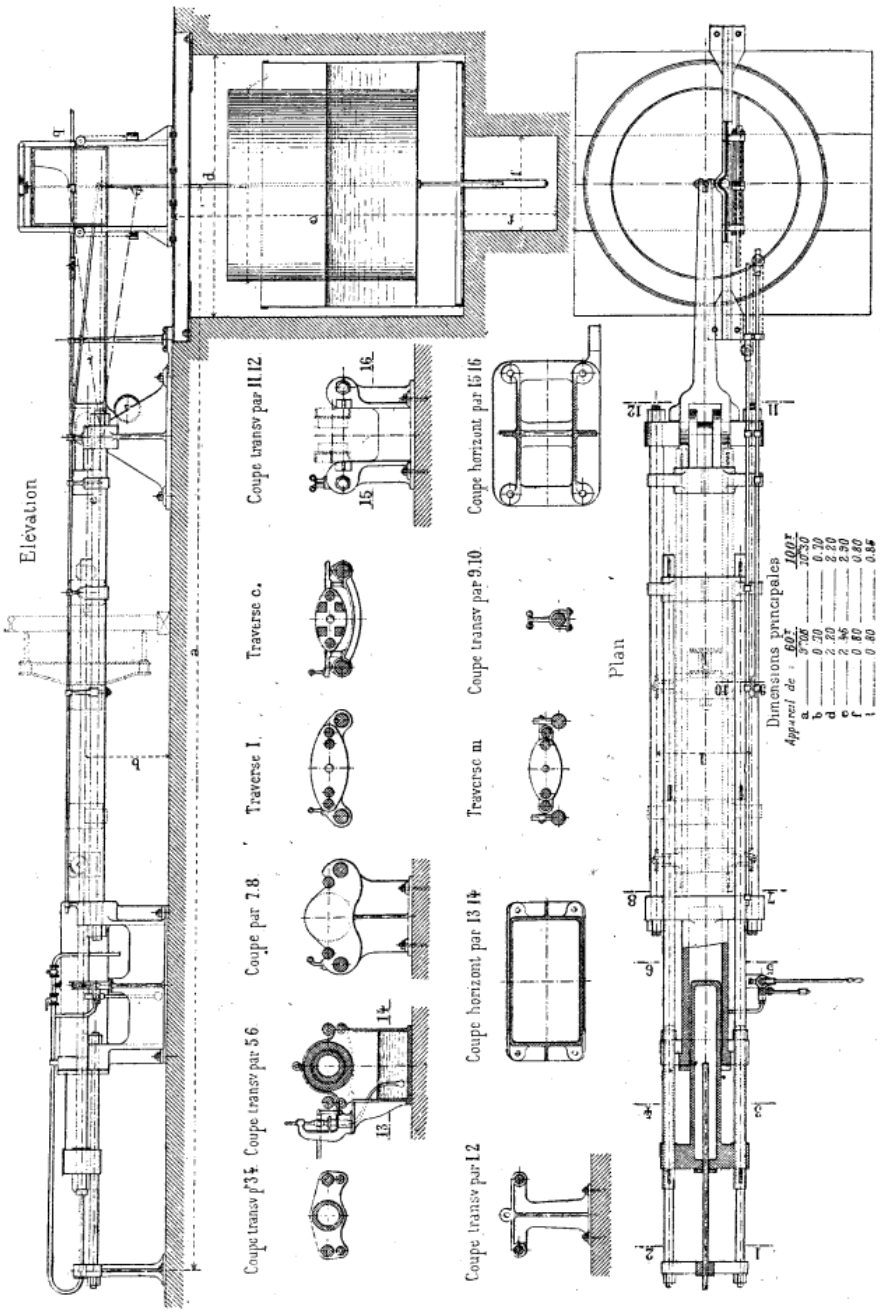


Fig. 5 à 18. — Grand Antheximètre et presse hydraulique.

des efforts de 60 à 100 tonnes, par exemple. Le piston de cette presse se déplace d'avant en arrière, et c'est à la tête de ce piston que l'on vient assem-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bler deux fortes barres disposées latéralement à la presse, et qui permettent de transmettre l'effort de traction à la pièce d'essai.

L'autre extrémité de l'éprouvette est enserrée dans des mâchoires attenantes à un fort levier à deux branches inégales, constituant une romaine au 1/20, et la grande branche de ce levier agit sur la tige d'un flotteur vertical plongé dans une cuve cylindrique remplie d'eau et pouvant s'y enfoncer plus ou moins.

Le banc de traction ayant ordinairement une grande longueur, les allongements de la base d'essai peuvent être tracés sans qu'il soit nécessaire de les amplifier dans une aussi grande proportion, et les appareils multiplicateurs de l'appareil précédent peuvent être ici supprimés en partie ; mais ils pourraient être adaptés avec grande facilité à cet appareil de grandes dimensions si le besoin s'en faisait sentir.

Il suffit, dans le cas actuel, de fixer sur la barre, en un point voisin de l'attache de droite, un fil suffisamment flexible, de faire passer ce fil sur une poulie dont la chape est attachée, vers l'attache de gauche, sur la même



Fig. 19.

barre, puis de diriger ce fil horizontalement jusqu'à la planchette sur laquelle doit s'effectuer le tracé, et enfin de terminer le fil par une masse pesante, pour qu'il reste constamment tendu.

La planchette étant animée d'un mouvement vertical, sous l'action du flotteur, un crayon fixé en un point du fil guidé se déplaçant horizontalement de quantités proportionnelles aux allongements de la barre, le tracé représentera bien la succession des allongements comparés aux charges, quelles que soient les amplitudes de ces déplacements, et quelle que soit l'intensité des charges mises en œuvre pour obtenir une déformation donnée.

Nous croyons devoir reproduire en vraie grandeur deux diagrammes obtenus avec un de ces appareils, représentant les conditions d'essai de deux éprouvettes en fer forgé ou en acier Martin corroyé, ayant la forme et les dimensions indiquées sur la figure 19.

La barre d'acier Martin s'est rompue sous une charge totale de 11 625 kilogrammes, représentant, par millimètre carré, une charge de rupture de $37^{k},02$. Le crayon, une fois arrivé au point a du tracé utile, a laissé une trace irrégulière

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sur le papier, indiquée en ponctué, et représentant la période pour laquelle le flotteur s'est relevé et la barre s'est déplacée rapidement après sa rupture.

La barre de fer forgé s'est rompue sous une charge totale de 9500 kilogr, ou de 30^{k},2 par millimètre carré de section, et le tracé présente, comme le

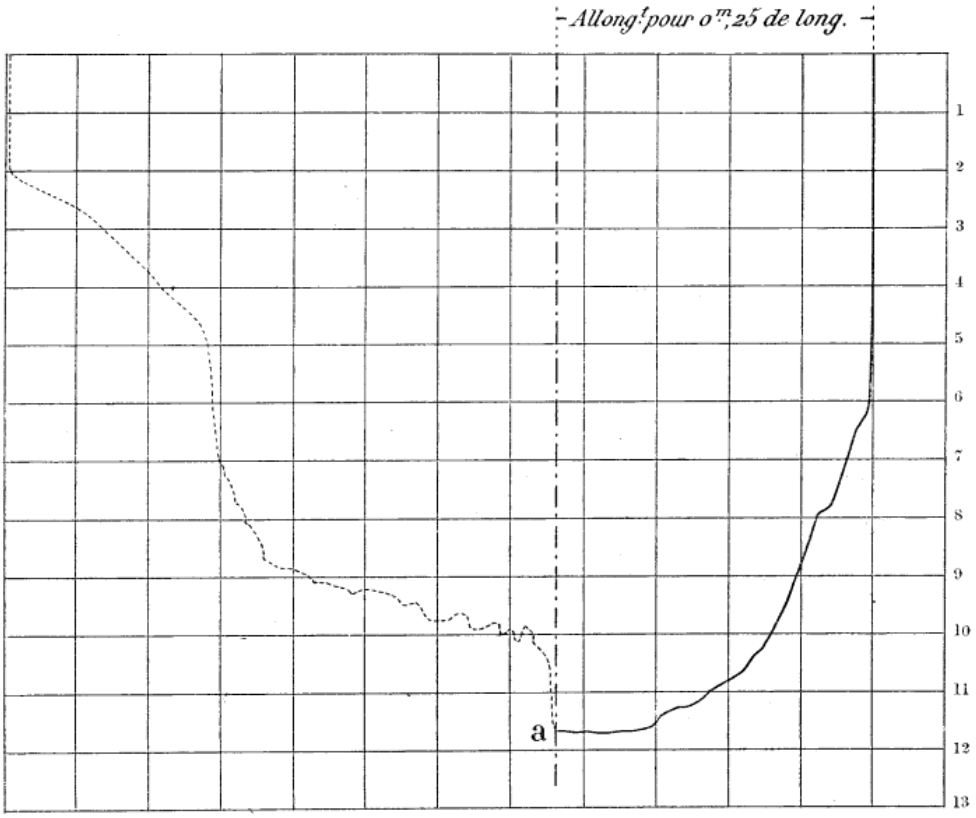


Fig. 20. — Diagramme de rupture d'une barrette en acier Martin corroyé (fig. 19).

Les ordonnées représentent les tractions en tonnes ; le point *a* indique la rupture de la barrette, et le tracé pointillé le chemin parcouru par le stylet après la rupture ; section de la barrette, 314 millimètres carrés ; charge de rupture totale, 11 625 kilos ; charge par millimètre carré, 37^{k},02 ; allongement p. 100, 17,2.

précédent, deux parties bien distinctes : la partie de droite correspondant aux allongements réguliers de la barre d'essai, la partie de gauche, indiquée en trait ponctué, à partir du point a', représentant la période suivant la rupture.

Comme dans tous les appareils de ce genre, on peut, par l'addition de quelques supports complémentaires, réaliser les essais à la flexion ou à la compression, et l'enregistrement des déformations produites dans ces différents genres d'essai peut être obtenu en employant la même méthode que celle qui vient d'être indiquée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'Antheximètre peut subir quelques variations de forme, et être construit dans des dimensions très différentes, suivant le but à atteindre; et c'est ainsi qu'il est souvent plus commode de le disposer verticalement lorsque les pièces d'essai n'ont pas une grande longueur. La figure 1, qui nous a servi pour rappeler le principe de la mesure des efforts, est empruntée à un type vertical de ces appareils, dans lequel l'effort que l'on peut exercer est de 30 t.

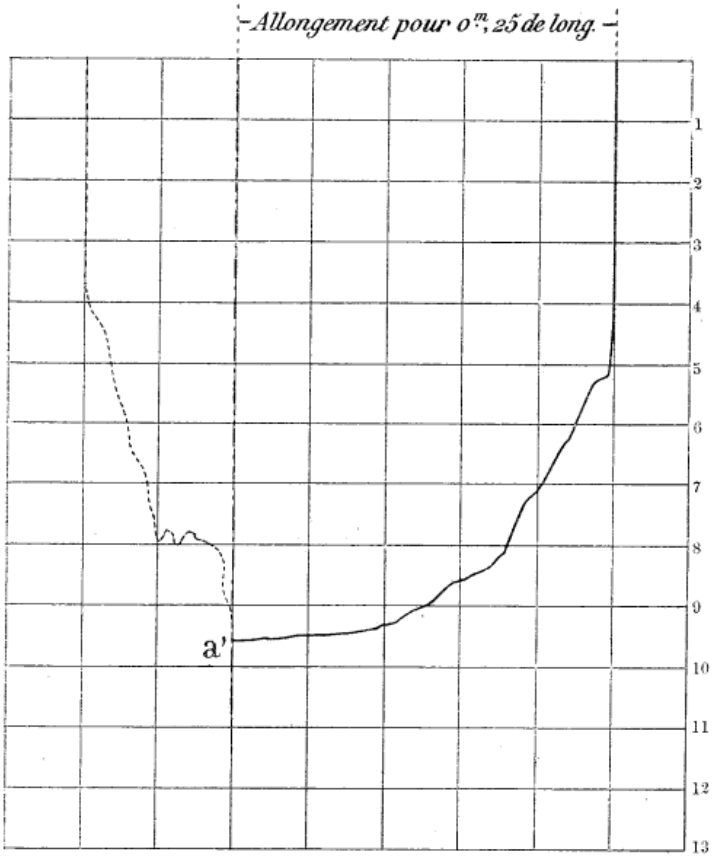


Fig. 21. — Diagramme de rupture d'une barrette en fer forgé (type fig. 19).

Charge de rupture totale, 9 tonnes; charge par millimètre carré, 28k,6; allongement p. 100, en a', 19,2.

L'Antheximètre de M. Émile Petit a fait déjà ses preuves, et un banc de traction, basé sur ces principes, est installé aux houillères de Commentry depuis l'année 1886; il y sert d'une manière courante pour les essais de câbles de mines et d'éprouvettes de métaux. D'autres, de plus petites dimensions sont installés à la Banque de France pour l'essai de ses billets, aux papeteries de Rives, etc.

En résumé, l'appareil présenté par M. Émile Petit est appelé à rendre de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

réels services dans les usines où des essais de matériaux doivent être effectués d'une manière courante et avec un certain degré de précision. L'appareil permet de garder une trace durable de l'expérience, et la comparaison d'essais semblables est ainsi facilitée dans une grande mesure.

Le Comité des Arts mécaniques vous demande d'adresser à M. Émile Petit, ingénieur, correspondant de la Société d'Encouragement, vos remerciements pour sa très intéressante communication, et d'ordonner l'impression du présent rapport dans vos bulletins avec les figures nécessaires pour faire comprendre les descriptions qui précèdent.

Signé : A. TRESCA, *rapporteur.*

Approuvé en séance le 10 *mai* 1895.

MÉTALLURGIE

RAPPORT *présenté, au nom de la Commission spéciale désignée à cet effet, sur le mémoire de* M. GEORGES CHARPY, *intitulé :* ÉTUDE SUR LA TREMPE DE L'ACIER, *par* M. HIRSCH, *membre du Conseil.*

MESSIEURS,

Dans sa séance du 25 novembre 1892, le Conseil de la Société a adopté la résolution suivante :

« La Société d'Encouragement confie à M. Osmond la mission d'exécuter des recherches expérimentales sur la trempe et le recuit de l'acier. Ces expériences seront exécutées sous la direction et le contrôle d'une Commission nommée à cet effet par le Conseil de la Société. Cette Commission arrêtera, de concert avec M. Osmond, le programme des recherches à exécuter.

« Il est ouvert à M. Osmond, pour l'exécution de ces recherches, un crédit de *trois mille francs* sur les fonds de la Société.

« Les résultats des recherches seront, s'il y a lieu, publiés dans le Bulletin de la Société, sur la proposition de la Commission de Contrôle ; dans tous les cas, la Société se réserve, pour cette publication, le droit de priorité. »

La Commission de Contrôle fut composée de MM. Haton de la Goupillière, Bienaymé, Jordan, Troost et Hirsch, membres du Conseil.

Ultérieurement, M. Osmond nous fit connaître qu'il n'était plus en situation d'exécuter les recherches qui lui étaient demandées, ses travaux ayant pris une direction un peu différente. Toutefois, tout en n'ayant plus à faire usage du crédit qui lui était alloué, et dont la destination était fixée avec

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

précision, M. Osmond a tenu à se dégager de l'engagement moral qu'il pensait avoir contracté envers la Société, et il vous a apporté les résultats de ses études sur la constitution des aciers dans la remarquable conférence que vous avez applaudie le 23 novembre dernier (1).

M. Georges Charpy semblait tout indiqué pour reprendre ces recherches et accomplir le programme tracé par la Société; ancien élève de l'École polytechnique, docteur ès sciences physiques, M. Charpy s'est fait connaître par des études du plus haut intérêt sur les propriétés des métaux; il possède le maniement des méthodes et instruments en usage dans les recherches de cette nature; il dispose de facilités précieuses, en sa qualité d'ingénieur au laboratoire central de l'artillerie de Marine; cet établissement comporte des machines à la fois puissantes et précises pour les essais de matériaux, machines établies en partie ou perfectionnées par les soins de M. Charpy, qui en connaît à fond la construction et la manœuvre.

Aux ouvertures qui lui furent faites, M. Charpy, après s'être assuré de l'assentiment de ses chefs, répondit par son acceptation, et, par une décision de juin 1894, la Société lui confia le mandat qu'avait décliné M. Osmond, dans les mêmes conditions et sous le contrôle de la même Commission, dont les pouvoirs furent maintenus.

A plusieurs reprises, les membres de la Commission, soit sur convocation, soit isolément, se sont rendus au laboratoire central de l'artillerie de Marine, où M. Charpy exécute ses expériences. Ils ont examiné avec un vif intérêt les appareils dont M. Charpy fait usage, les méthodes, le plus souvent originales, qu'il applique, les très nombreux diagrammes et tableaux chiffrés qu'il a établis; ils ont assisté à quelques-unes de ses expériences et se sont assurés de l'exactitude des procédés qu'il emploie.

A la suite de ces constatations, et sur le rapport de la Commission, la subvention de trois mille francs, prévue par le programme, a été délivrée à M. Charpy.

Dans la séance publique du 25 janvier 1895, M. Charpy a résumé sommairement ses recherches sur la trempe de l'acier; vous n'avez pas oublié, Messieurs, cette magnifique conférence, qui vous a mis en situation d'apprécier non seulement le talent d'exposition du conférencier, mais surtout la profondeur des recherches, la rigueur et la précision des méthodes, l'originalité des procédés d'investigation.

Aujourd'hui, M. Charpy nous présente, sous la forme d'un mémoire com-

(1) Publié dans le *Bulletin* de mai 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plet, les résultats des longues et minutieuses études auxquelles il s'est livré.

Nous déposons ce mémoire sur notre bureau. Nous n'essaierons pas de l'analyser; ce serait refaire, et beaucoup moins bien, ce que M. Charpy a déjà fait dans sa belle conférence, laquelle a été résumée dans nos procès-verbaux de janvier dernier. Nous nous contenterons d'appeler votre attention sur quelques points qui nous ont paru présenter un intérêt tout particulier.

Les seize échantillons sur lesquels ont porté les essais, échantillons dont la parfaite homogénéité a été contrôlée par des méthodes très sûres, représentent, de la manière la plus heureuse, les divers types d'acier dont on fait usage dans l'industrie, à savoir : les aciers *au carbone*, depuis la nuance extra-douce jusqu'à la nuance dure, les aciers *sans carbone* et comportant d'autres métaux (manganèse, nickel, chrome, tungstène), et les aciers comportant les mêmes éléments avec addition de carbone.

Les points critiques, indiqués par ce phénomène si curieux de la recalescence, signalée par M. Osmond, ont fait l'objet d'études approfondies à l'aide d'un appareil ingénieux de chauffage dont nous verrons tout à l'heure une application plus développée. M. Charpy retrouve, pour l'acier doux, les trois points critiques déterminés par M. Osmond, aux environs de 700°, 740° et 880°; pour l'acier dur, les deux derniers points se réunissent au premier.

Signalons, comme appareil de chauffage, cet admirable four électrique, dans lequel une température élevée est variée et soutenue à volonté par un courant circulant dans un fil de platine, et contrôlée par le pyromètre Le Châtelier; M. Charpy a rendu cet outil aussi précis que maniable, et l'a agencé de manière à permettre de tremper, soit à l'eau, soit à l'huile, dans des conditions définies et rigoureuses. Ce four pourrait, sans changement notable, être introduit dans les ateliers pour faire, avec sûreté et économie, la trempe des petites pièces d'acier.

Les essais mécaniques sur les éprouvettes ont été faits à la traction, à la flexion et au choc. Les enregistreurs des essais de traction et de flexion sont des outils simples, exacts et faciles à manœuvrer.

Ces divers essais, et notamment les essais de traction, donnent naissance à un phénomène curieux, que M. Charpy a mis en pleine lumière, et auquel il attache, avec raison, une haute importance : arrivée à un effort déterminé, l'éprouvette soumise à la traction s'étire sans que l'effort augmente; il se forme, dans la courbe enregistrée, un *palier caractéristique* plus ou moins allongé, suivant la nature de l'acier et les autres circonstances de l'expé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rience : « Le fait, dit M. Charpy, d'obtenir une modification finie des propriétés d'un corps par une variation infiniment petite des conditions extérieures est la seule définition précise des changements d'état : tous les cas que l'on appelle communément des changements d'état physique ou allotropiques sont représentés par des courbes à palier rectiligne. »

L'auteur analyse soigneusement les circonstances qui peuvent influer sur la formation de ce palier. Parmi les expériences très nombreuses qu'il a faites sur ce point, il convient de signaler les essais exécutés sur des éprouvettes portées à des températures variables; ils ont démontré nettement un fait du plus grand intérêt : *un acier doux augmente notablement de résistance, sans que sa douceur diminue sensiblement, jusqu'à des températures dépassant* 400°; on conçoit de quelle importance est une pareille constatation, surtout en ce qui concerne les chaudières à vapeur et la sécurité de leur fonctionnement. Il serait même à désirer que de nouvelles et nombreuses expériences sur ce point spécial pussent être exécutées.

La partie du programme, qui a donné lieu aux recherches les plus multipliées, est l'étude de l'influence de la trempe sur les propriétés mécaniques de l'acier; près de 500 barreaux ont été trempés dans des conditions diverses, puis essayés à la traction, à la flexion et au choc.

Nous ne saurions mieux faire, pour résumer les résultats de ce travail considérable, que d'emprunter à M. Charpy lui-même une partie des conclusions auxquelles il a été amené :

« Au point de vue théorique, la trempe doit être considérée comme agissant sur les propriétés mécaniques de l'acier en empêchant certaines transformations physico-chimiques et plaçant le métal dans un état hors d'équilibre. Les autres influences semblent négligeables vis-à-vis de celle de ces modifications.

« Dans les aciers étudiés, les transformations sont probablement au nombre de trois. Elles se produisent à des températures distinctes dans les aciers doux et à la même température (recalescence) dans les aciers durs (contenant plus de 0,4 p. 100 de carbone).

« Ces transformations sont :

« 1° La transformation du carbone de recuit en carbone de trempe, que l'on peut caractériser au moyen de l'essai colorimétrique d'Eggertz, et qui semble avoir l'influence prépondérante sur la variation des propriétés mécaniques.

« 2° Une transformation que l'on peut regarder comme un changement

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'état allotropique ou d'état cristallin du fer, caractérisée par la présence ou l'absence d'un palier rectiligne dans les diagrammes d'essai mécanique. Ce changement d'état ne semble pas avoir, par lui-même, d'action sensible sur le résistance mécanique.

3° Une transformation que l'on peut regarder comme un deuxième changement d'état allotropique du fer, et dont l'influence n'apparaît pas du tout dans les essais mécaniques; elle se manifeste seulement par un dégagement de chaleur durant le refroidissement, et, d'après M. Curie, par une modification des propriétés magnétiques.

« Les transformations inverses s'effectuent pendant le recuit à une température notablement inférieure à celle de la recalescence.

« Au point de vue pratique, pour les aciers considérés, la trempe s'effectuera complètement dans un même intervalle de température assez restreint, quel que soit le procédé de refroidissement.

« Cette conclusion ne semble pas devoir s'étendre aux aciers spéciaux contenant une forte proportion d'éléments autres que le fer. Mais, pour les aciers au carbone et les aciers ne contenant pas plus de 1 ou 2 p. 100 de métaux étrangers, on peut dire, d'une manière générale, que, en chauffant au-dessous de 700°, on ne trempe pas; en chauffant au-dessus de 750° ou tout au moins de 800°, une élévation de la température ne donnera aucun bénéfice, et pourra même être nuisible dans certains cas. »

Tel est ce magnifique travail, sur lequel nous regrettons de n'avoir pu suffisamment nous étendre. C'est un ensemble de recherches précises et patientes qui, non seulement, jette une vive lumière sur la nature de ce phénomène si mystérieux qu'on appelle la trempe, mais encore donne aux métallurgistes des notions solides et certaines qui leur faisaient jusqu'ici défaut pour établir ce que l'auteur appelle la *formule du travail* du métal.

Les recherches dont il s'agit ont été entreprises sous les auspices de la Société, conformément à la résolution de principe que vous avez adoptée. Dans votre séance du 14 novembre 1890, vous avez décidé qu'il y avait lieu de prêter un appui moral et financier aux chercheurs qui s'efforcent de préciser les données indispensables à la science : « En matière de progrès scientifique ou industriel, disait votre rapport, la certitude est, de beaucoup, le facteur le plus efficace. »

Si incomplet que soit le compte rendu que vous venez d'entendre, il suffit cependant pour vous montrer que les vues de la Société ont été pleinement et largement remplies; les faits constatés par M. Charpy, les chiffres

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et les tracés qu'il a obtenus sont certains et indiscutables; ce sont des assises solides, sur lesquelles nos connaissances peuvent s'élever et progresser en toute sécurité.

La Commission de Contrôle a l'honneur de vous proposer :

1° De remercier M. Charpy pour le beau mémoire qu'il vous a transmis sous la dénomination de : *Étude sur la trempe de l'acier;*

2° De voter l'insertion, dans votre Bulletin, du présent rapport et du mémoire de M. Charpy, avec planches et figures.

La Commission de contrôle :
HATON, J. HIRSCH, JORDAN, L. TROOST.

Approuvé en séance le 10 *mai* 1895.

MÉMOIRE DE M. CHARPY

Étude sur la trempe de l'acier.

Parmi les propriétés qui font de l'acier un métal particulièrement précieux au point de vue industriel, il faut citer, en première ligne, la modification profonde que peuvent subir les propriétés mécaniques du métal quand il est refroidi brusquement après avoir été fortement chauffé. Cependant, ce phénomène de la trempe, observé et utilisé depuis fort longtemps, est encore fort mal connu, et donne lieu à beaucoup de controverses. On a bien éliminé toutes les superstitions qui faisaient attribuer autrefois une *vertu trempante* spéciale à certaines eaux ou à des mixtures bizarres et innommables; tout le monde est aujourd'hui d'accord, croyons-nous, sur ce point : que les effets produits par la trempe dépendent uniquement de la nature de l'acier et des conditions de chauffage et de refroidissement qui permettent ou empêchent certaines transformations; mais on est très mal fixé sur la nature de ces transformations, sur les conditions dans lesquelles elles se produisent et sur leurs effets quantitatifs.

On a proposé un grand nombre de théories de la trempe qui, toutes, sont d'accord avec certains faits, et en désaccord avec d'autres. Cela tient, croyons-nous, à ce qu'elles sont venues un peu prématurément, et ont été édifiées sur des expériences insuffisantes comme nombre et comme précision. Dans l'étude d'un phénomène certainement plus complexe que la plupart de ceux qui ont été observés d'une façon rigoureusement scientifique, on n'a, pour ainsi dire, point d'expériences dont les différentes particularités soient définies d'une façon précise, tant au point de vue de la conduite de l'essai qu'au point de vue de la matière employée et des effets produits.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le point de beaucoup le plus important a été mis en lumière par Tchernoff, vers 1868 ; ce métallurgiste a montré que l'acier, pour prendre la trempe, devait être chauffé au-dessus d'une certaine température, qu'il a appelée le point *a*, sans en donner une valeur numérique. Depuis cette époque, les travaux de Gore, Barrett, Brinnell, Le Chatelier, Osmond, etc., ont montré, qu'en ce point *a*, toutes les propriétés de l'acier subissaient une modification brusque, qu'il se produisait une transformation mise en évidence par un dégagement de chaleur donnant lieu au phénomène de la *recalescence*, et que la trempe agissait en empêchant ce dégagement de chaleur ainsi que la transformation correspondante. Mais cette transformation est-elle la seule qui intervienne dans la trempe? M. Howe y ajoute des transformations d'ordre mécanique, qu'il appelle *pétrissage moléculaire*, et qui dépendraient surtout des propriétés thermiques du fer : capacité calorifique, conductibilité par la chaleur, etc. M. Osmond ayant découvert des dégagements de chaleur autres que celui de la recalescence, que tout le monde est d'accord pour considérer comme une modification de l'état du carbone, les a attribués à des changements d'état du fer, fer α en fer β, fer β en fer γ, changements d'état auxquels il rapporte la modification des propriétés mécaniques du métal.

Si cela est vrai, on pourra obtenir des effets excessivement variés en changeant les conditions de trempe, notamment en chauffant le métal à une température plus ou moins élevée; mais ces conceptions n'ont pas encore fourni de résultats pratiques; on n'a pas indiqué de procédé net et précis permettant de caractériser les différentes transformations que peut subir le fer, et l'on n'a pas effectué d'expériences rattachant à ces transformations les modifications utiles du métal, c'est-à-dire : la variation de résistance à la traction, à la flexion, au choc, etc.

En fait, quand on visite les principales usines métallurgiques (en France au moins), on s'aperçoit qu'on peut les diviser en deux catégories. Dans les unes, on tient compte, au moins en apparence, des expériences de laboratoire effectuées dans ces dernières années; on y parle couramment de fer α et de fer β, de trempes positives et négatives, mais, il faut le reconnaître, sans attacher toujours à ces mots une signification parfaitement déterminée. Dans les autres, on ne tient aucun compte de ces idées nouvelles; on continue à s'en remettre, pour la trempe, à l'empirisme d'un chef d'atelier expérimenté; et, il faut bien l'avouer, ce ne sont pas toujours ces dernières usines qui obtiennent les plus mauvais résultats.

Faut-il conclure de là à l'inutilité des études théoriques et des recherches de laboratoire? Nous ne le croyons pas. Il faut conclure uniquement que ces études ne sont pas encore complètes, et qu'elles demandent à être étendues; on peut aussi remarquer que les essais de laboratoire doivent toujours être effectués

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

suivant une marche systématique, et sans jamais perdre de vue les applications pratiques. Le rôle de ces recherches a été parfaitement défini par M. H. Le Chatelier dans cette phrase qui m'a encouragé à entreprendre l'étude exposée dans ce mémoire, en vue de combler quelques-unes des lacunes qu'on vient de signaler : « Pour l'industriel, dit-il, les seuls renseignements intéressants sont les mesures absolument précises et rigoureuses des faits élémentaires qui interviennent dans son industrie. » Je me suis donc proposé, non pas d'établir une nouvelle théorie de la trempe, mais d'étudier des procédés opératoires commodes et sûrs, et de les employer à obtenir un certain nombre de résultats numériques précis et bien définis.

Tous les essais ont porté sur des éprouvettes d'essai de petites dimensions, trempées isolément. On est donc très éloigné des conditions de la pratique, où l'on opère sur des lingots de dimensions souvent considérables. Je tiens à bien spécifier, dès le début, que je n'exagère pas l'importance des expériences de laboratoire, bien convaincu que la métallurgie ne se fait pas avec des barreaux de traction.

Cependant, si l'on imagine qu'un lingot est divisé en éléments de petites dimensions, la modification qu'il subira dans la trempe sera une fonction, certainement complexe, des modifications que subiraient les éléments pris isolément. Le premier terme du problème est donc l'étude de ces éléments, et cela justifie l'emploi des expériences de laboratoire en métallurgie.

CHAPITRE PREMIER

ÉTUDE DES MÉTAUX EMPLOYÉS

Les essais ont porté sur seize types d'aciers. Quatre de ces aciers ont été préparés au four Martin. Les douze autres ont été préparés spécialement pour ces recherches, en fondant au creuset des matériaux d'une très grande pureté (1). Tous ces métaux ont été laminés en barres rondes de 20 millimètres de diamètre, dans lesquelles on a découpé les éprouvettes d'essai à la machine-outil. Les barres ont été préalablement recuites à une température d'environ 1 100°, et refroidies très lentement. Quelques barreaux qui n'avaient pas subi ce recuit ont donné des résultats anormaux.

a. *Essais chimiques.* — Les différents échantillons ont été soigneusement analysés. On a dosé le carbone par combustion dans un courant d'oxygène après dissolution du fer dans une solution de chlorure double de cuivre et de potassium; le silicium, par la méthode de Drown et Shimer (attaque par un mélange d'acide

(1) Je dois ces métaux, dont la préparation était fort délicate, à l'obligeance de M. Léon Lévy, directeur de Châtillon et Commentry, à qui j'exprime ici tous mes remerciements.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

azotique et d'acide sulfurique) ; le phosphore, par la méthode de M. Carnot; le soufre, par la méthode Rollet-Boussingault; le manganèse, par oxydation au moyen du bioxyde de plomb et titrage du permanganate; le chrome, par oxydation au moyen de chlorate de potasse et titrage du chromate ; le nickel, en le séparant du fer par l'ammoniaque et le précipitant à l'état de sulfure; le tungstène, par précipitation à l'état d'acide tungstique, dissolution dans l'ammoniaque et calcination du tungstate d'ammoniaque.

Les résultats fournis par plusieurs dosages concordants sont résumés dans le tableau suivant :

DÉSIGNATION DES ACIERS.	CARBONE.	SILICIUM.	PHOSPHORE.	SOUFRE.	MANGANÈSE.	NICKEL.	CHROME.	TUNGSTÈNE.
Acier Martin n° 1. .	0,11	0,16	0,02	0,04	0,70	»	»	»
— n° 2. .	0,27	0,20	0,02	0,03	0,35	»	»	»
— n° 3. .	0,45	0,15	0,01	0,03	0,30	»	»	»
— n° 4. .	0,63	0,24	0,02	0,02	0,35	»	»	»
Acier au creuset n° 1.	0,09	0,01	traces	0,01	»	»	»	»
— n° 2.	0,07	0,01	»	0,01	0,14	»	»	»
— n° 3.	0,41	0,06	»	0,01	0,01	»	»	»
— n° 4.	0,81	0,06	»	0,01	0,04	»	»	»
— n° 5.	0,07	0,09	»	0,01	0,15	»	**0,75**	»
— n° 6.	0,13	0,05	0,003	0,01	**0,98**	»	»	»
— n° 7.	0,07	0,05	»	0,01	0,20	**1,20**	»	»
— n° 8.	0,10	0,02	»	0,01	»	»	»	**0,60**
— n° 9.	0,41	0,05	0,003	0,01	0,05	»	**0,87**	»
— n° 10.	0,44	0,07	»	0,01	**1,37**	»	»	»
— n° 11.	0,44	0,07	»	0,01	»	**1,12**	»	»
— n° 12.	0,40	0,07	»	0,01	»	»	»	**1,40**

Ces différents métaux peuvent être réunis en quatre groupes :

1er *groupe*. — Aciers Martin, de teneurs croissantes en carbone, répondant aux types appelés dans le commerce : acier extra-doux, mi-doux, mi-dur, dur.

2e *groupe*. — Aciers au creuset ne contenant que du carbone et des traces des autres éléments. Ce groupe comprend deux aciers extra-doux, un acier mi-dur et un acier dur.

3e *groupe*. — Aciers au creuset ne contenant qu'une très faible quantité de carbone et près de 1 p. 100 de chrome, de manganèse, de nickel, de tungstène.

4e *groupe*. — Aciers au creuset contenant environ 0,45 p. 100 de carbone et environ 1 p. 100 de chrome, de manganèse, de nickel, de tungstène.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Outre ces analyses, on a effectué des dosages de carbone par la méthode Eggertz sur des échantillons différemment trempés. On sait en effet que la teneur en carbone indiquée par cette méthode varie par la trempe et semble ainsi permettre de caractériser une transformation du carbone, dite passage de l'état de *carbone de recuit* à l'état de *carbone de trempe*.

Pour ces essais, 1 gramme de métal était dissous dans 10 centimètres cubes d'acide azotique de densité 1,20, et le tout chauffé à 100° pendant deux heures. On versait alors le liquide dans des tubes de verre de diamètre déterminé, on ramenait le volume à une valeur constante, et on comparait la coloration à celle de types obtenus en dissolvant de la même manière des quantités variables d'acier recuit.

b. *Détermination des points critiques.* — On sait que, lorsqu'on laisse refroidir de l'acier fortement chauffé, la température ne varie pas d'une façon régulière; il se produit, en certains points, des ralentissements dans le refroidissement, qui indiquent qu'il s'est produit un dégagement de chaleur interne. Les températures auxquelles ont lieu ces dégagements de chaleur, les « *points critiques* », comme les a appelés M. Osmond, présentent un grand intérêt au point de vue de la trempe. Il est certain, en effet, que la trempe empêche ces dégagements de chaleur de se produire et supprime, par suite, les transformations qui leur correspondent. Les températures des points critiques donnent, en outre, un caractère aussi utile pour l'identification de l'acier que les résultats de l'analyse chimique.

Le dégagement de chaleur qui se produit quand on laisse refroidir de l'acier a été observé d'abord par Gore et Barrett, qui ont donné à ce phénomène le nom de « *recalescence* ». Un ingénieux appareil, étudiant le refroidissement d'après les variations de longueur d'une tige d'acier, a été imaginé par M. Mesuré, et employé à de très intéressantes expériences à l'usine Saint-Jacques à Montluçon. Enfin, M. Osmond a donné une méthode très élégante basée sur l'emploi du pyromètre thermo-électrique Le Chatelier; il a aussi préconisé l'emploi de courbes représentant non pas la température aux différents temps, mais la vitesse de refroidissement, c'est-à-dire le rapport de la variation de température à la variation de temps, en fonction de la température. Ce procédé graphique permet de mettre facilement en évidence de faibles dégagements de chaleur. J'ai utilisé, pour déterminer les points critiques des aciers employés pour l'étude de la trempe, la méthode pyrométrique de M. Osmond, en modifiant les appareils de façon à obtenir d'abord un échauffement très régulier et ensuite un enregistrement automatique des températures. L'appareil de chauffage est un *four électrique;* il comprend un tube en terre réfractaire de $0^{m},20$ de diamètre et 10 centimètres de long. Autour de ce tube, est enroulé un fil de platine de $0^{mm},5$ de diamètre recouvert lui-même d'une épaisse couche d'amiante. Le tout est enfermé dans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

un cylindre métallique porté sur un pied. On a ainsi un appareil de très petites dimensions, très maniable, et dans lequel, avec un courant de 6 ampères environ, on arrive rapidement et d'une façon très régulière à une température de 1200° et 1300°. Grâce à la régularité du chauffage, on pourra étudier les absorptions de chaleur qui se produisent pendant l'échauffement de l'acier aussi bien que les dégagements de chaleur qui ont lieu pendant le refroidissement. Dans le tube central, on place l'échantillon d'acier, formé généralement de deux fragments semi-cylindriques réunis par du fil de fer, et entre lesquels on a placé l'une des soudures du couple thermo-électrique platine-platine rhodié. Les deux fils du pyromètre s'engagent d'autre part dans des tubes en terre réfractaire percés de deux trous, et sont conduits ainsi jusqu'à leur jonction avec des fils de cuivre qui communiquent avec un galvanomètre apériodique Deprez-d'Arsonval. Les jonctions avec les fils de cuivre sont faites dans des verres pleins d'eau froide; elles constituent la soudure froide du couple.

Le miroir du galvanomètre Deprez-d'Arsonval reçoit deux faisceaux lumineux; l'un permet de suivre les déviations sur une échelle divisée, comme on le fait d'ordinaire; le deuxième faisceau provient d'une lampe à incandescence et donne, par réflexion, une image du filament de cette lampe; on reçoit cette image sur un cylindre horizontal mû par un mouvement d'horlogerie et entouré d'une feuille de papier au gélatino-bromure d'argent. Ce cylindre est recouvert d'une enveloppe qui ne laisse passer la lumière que par une fente étroite placée suivant une génératrice. On place la lampe électrique de façon que l'image du filament soit perpendiculaire à la fente; on marque donc à chaque instant un point sur la feuille de papier sensible. Ce point se déplace, suivant la génératrice, proportionnellement à la déviation du galvanomètre et, par suite, à la température.

On obtient donc après développement, sur la feuille de papier sensible, une courbe dont les ordonnées (génératrices) représentent les températures et les abscisses représentent les temps.

On peut ensuite, au moyen de cette courbe, construire la courbe dérivée qui représente les *vitesses de refroidissement* ou d'échauffement. Pour faciliter cette opération, on supprime la lumière pendant un temps très court, à des intervalles fixes que l'on détermine sur l'échelle du galvanomètre : tous les 10° par exemple. On obtient alors une courbe pointillée; chaque segment correspondant à une même variation de température, sa longueur, ou plutôt la longueur de sa projection sur l'axe des temps, représente la vitesse de refroidissement ou d'échauffement.

La figure 1 représente l'appareil pour la détermination des points critiques. F est le four électrique, auquel les fils $f\,f$ amènent le courant; ce courant est d'ailleurs réglé par un rhéostat; $p\,p$ sont les fils du pyromètre, $t\,t\,t$ les tubes de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

terre réfractaire qui les enveloppent; G est le galvanomètre Deprez-d'Arsonval,

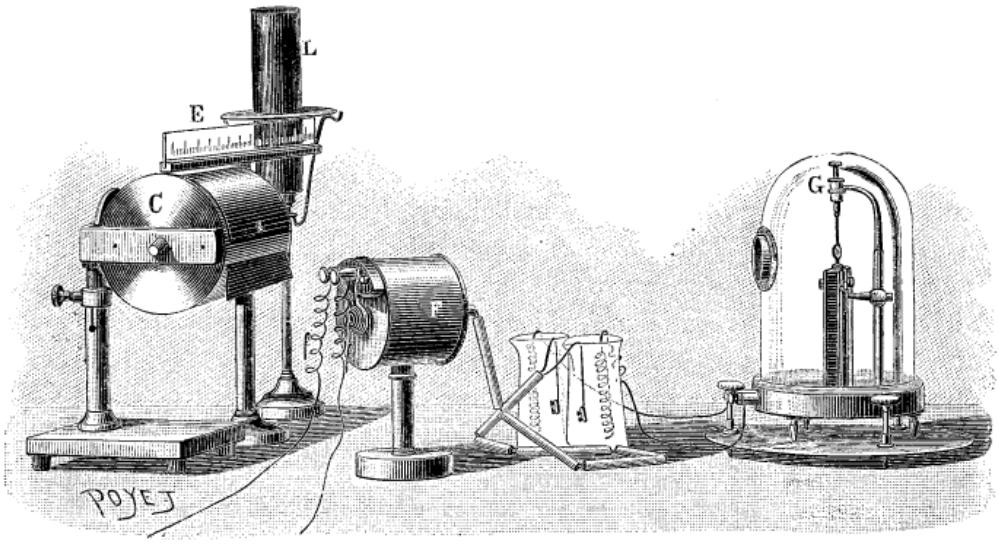


Fig. 1.

E l'échelle sur laquelle on suit les déviations, L la lampe dont on projette le filament sur le cylindre enregistreur C.

La figure 2 représente les courbes obtenues pendant l'échauffement et le

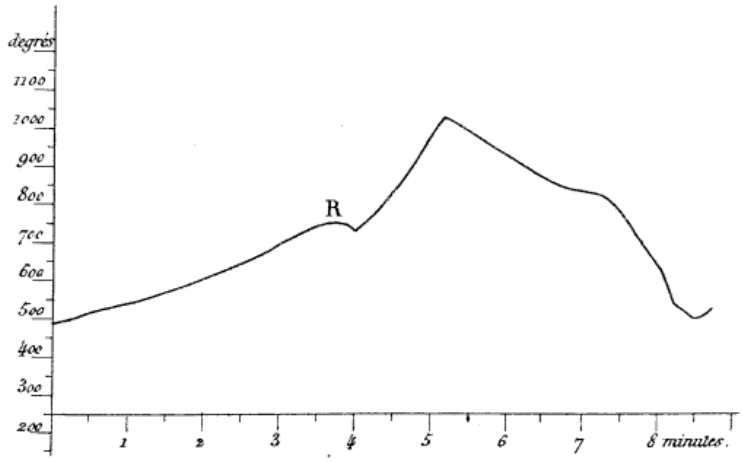


Fig. 2. — Échauffement et refroidissement d'un acier dur.

refroidissement d'un échantillon d'acier dur. L'échauffement a été obtenu en plaçant brusquement le morceau de métal dans le four préalablement chauffé à 1 100° environ, le refroidissement, en retirant l'acier au contact de l'air. En R on

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

voit qu'il y a eu un dégagement de chaleur qui a fait remonter un instant la température; c'est le point de *recalescence*. Dans la même région, on voit, sur la courbe d'échauffement, une déformation indiquant l'absorption de chaleur inverse.

La figure 3 représente la courbe obtenue en plaçant un morceau d'acier dans le four préalablement chauffé à 1 050° et en le laissant ensuite refroidir dans le four. Ici, le refroidissement a duré environ quarante minutes de 1 050° à 500°; on interrompait le faisceau lumineux chaque fois que l'index avait parcouru une division de l'échelle. La courbe ainsi pointillée permet de construire facilement la courbe des vitesses de refroidissement.

Pour chaque acier expérimenté, on a effectué deux expériences qui ont été

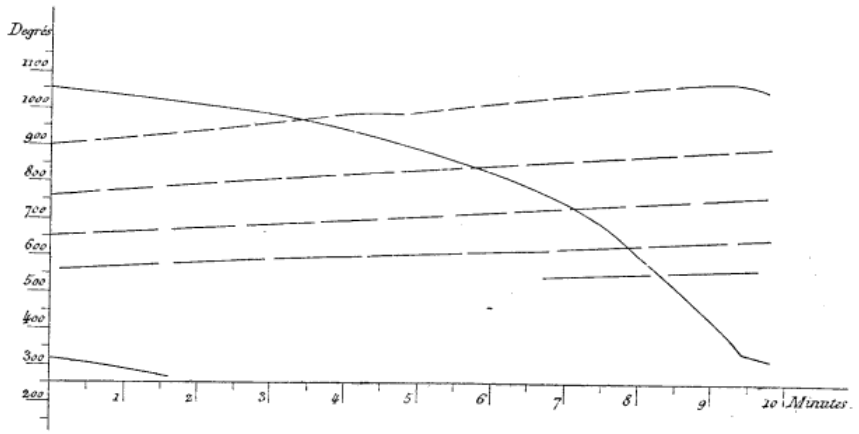


Fig. 3.

souvent répétées à plusieurs reprises. Dans la première, on plaçait l'acier dans le four préalablement chauffé à 1 200° environ et on le laissait refroidir lentement. Dans la seconde, on plaçait le métal dans le four froid et on l'échauffait lentement en faisant passer un courant constant, puis on le refroidissait rapidement au contact de l'air. On avait ainsi les données nécessaires pour construire quatre courbes relatives à chaque métal, savoir : courbe des vitesses d'échauffement lent (40 minutes environ), courbe des vitesses d'échauffement rapide (quatre à cinq minutes), courbe des vitesses de refroidissement lent (40 minutes), courbe des vitesses de refroidissement rapide (quatre à cinq minutes).

La figure 4 représente les courbes qui résument les expériences d'échauffement et refroidissement lents effectuées sur les aciers au creuset n^{os} 1, 3 et 4.

La température t, à laquelle se produit une absorption de chaleur pendant l'échauffement est toujours supérieure à la température t_2 à laquelle se produit un dégagement de chaleur pendant le refroidissement. La différence $t_1 - t_2$ est

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'autant plus grande que l'échauffement et le refroidissement sont plus rapides. Cela rentre dans les résultats que l'on observe dans presque toutes les transformations physico-chimiques qui sont sujettes à des retards. On peut donc considérer les points critiques comme correspondant à des transformations réversibles se produisant à des températures que l'on pourrait déterminer en opérant avec

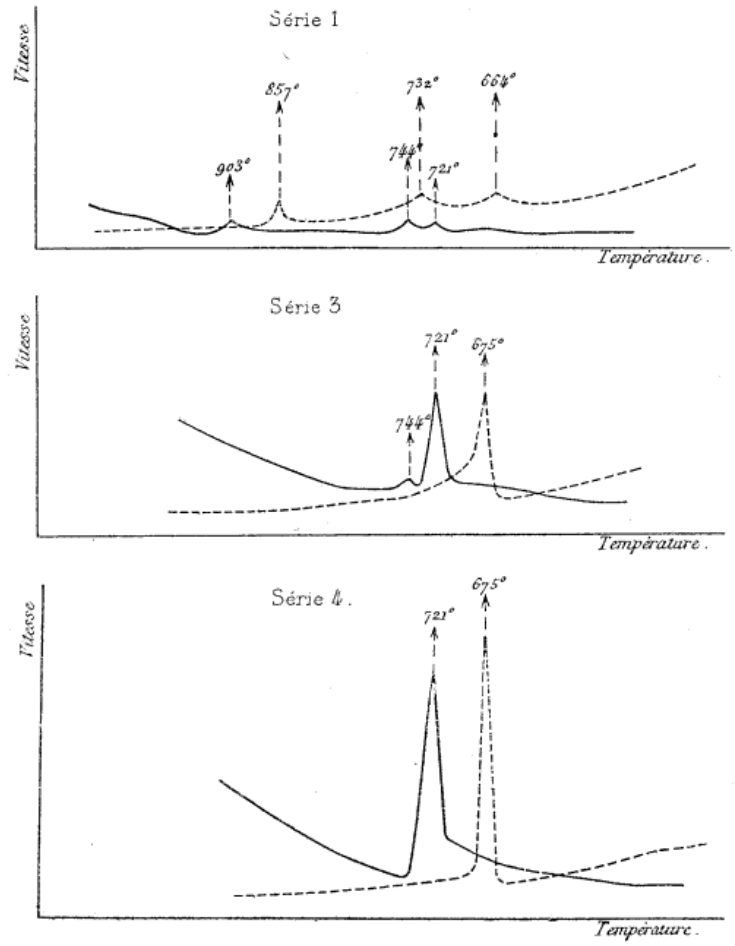


Fig. 4. — Courbes d'échauffement et de refroidissement lents des aciers au creuset nos 1, 2 et 3.

une lenteur excessive et qui, pratiquement, diffèrent peu de la moyenne des températures observées à l'échauffement et au refroidissement.

Le nombre des points critiques et leur position dans l'échelle des températures varient avec la nature de l'acier. Alors que, dans les aciers doux, l'on observe trois points critiques distincts, il n'y en a plus qu'un seul dans les aciers durs. Nous appellerons, avec M. Osmond, ces points critiques a_1, a_2, a_3, et laisserons de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

côté les dégagements de chaleur qui se produisent au-dessus de 1100° et qui n'ont pas d'intérêt au point de vue de la trempe. Le tableau suivant résume les résultats obtenus pour les aciers doux :

	A_1		A_2		A_3	
	Échauffement.	Refroidissement.	Échauffement.	Refroidissement.	Échauffement.	Refroidissement.
	degrés.	degrés.	degrés.	degrés.	degrés.	degrés.
Acier Martin n° 1. .	709	676	749	740	»	795
Acier au creuset n° 1.	722	664	744	731	903	860
— n° 2.	»	»	740	730	865	840
— n° 5.	»	675	744	744	860	789
— n° 7.	710	698	744	732	835	»
— n° 8.	»	630	749	740	923	877

Voici maintenant les températures observées pour le point critique unique dans les aciers durs :

	A_1	
	ÉCHAUFFEMENT.	REFROIDISSEMENT.
	degrés.	degrés.
Acier Martin n° 3. . . .	721	653
— n° 4. . . .	718	650
Acier au creuset n° 3. .	»	»
— n° 4. .	715	670
— n° 9. .	734	698
— n° 10. .	710	630
— n° 11. .	710	675
— n° 12. .	725	653

CHAPITRE II

DESCRIPTION DES APPAREILS

1° **Appareil de trempe.** — Pour réaliser un chauffage parfaitement uniforme et facile à régler, j'ai employé un appareil dans lequel l'élévation de température était obtenue par le passage d'un courant électrique dans un fil de platine. Ce procédé a l'avantage de fonctionner avec la même régularité, quelle que soit la température, tandis qu'avec le gaz on éprouve de grosses difficultés pour dépasser

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

800° à 900°; de plus, il conduit à des appareils excessivement maniables et, en raison de la facilité avec laquelle on peut localiser l'élévation de température et éviter les pertes de chaleur, il n'est pas sensiblement plus coûteux que le chauffage au gaz.

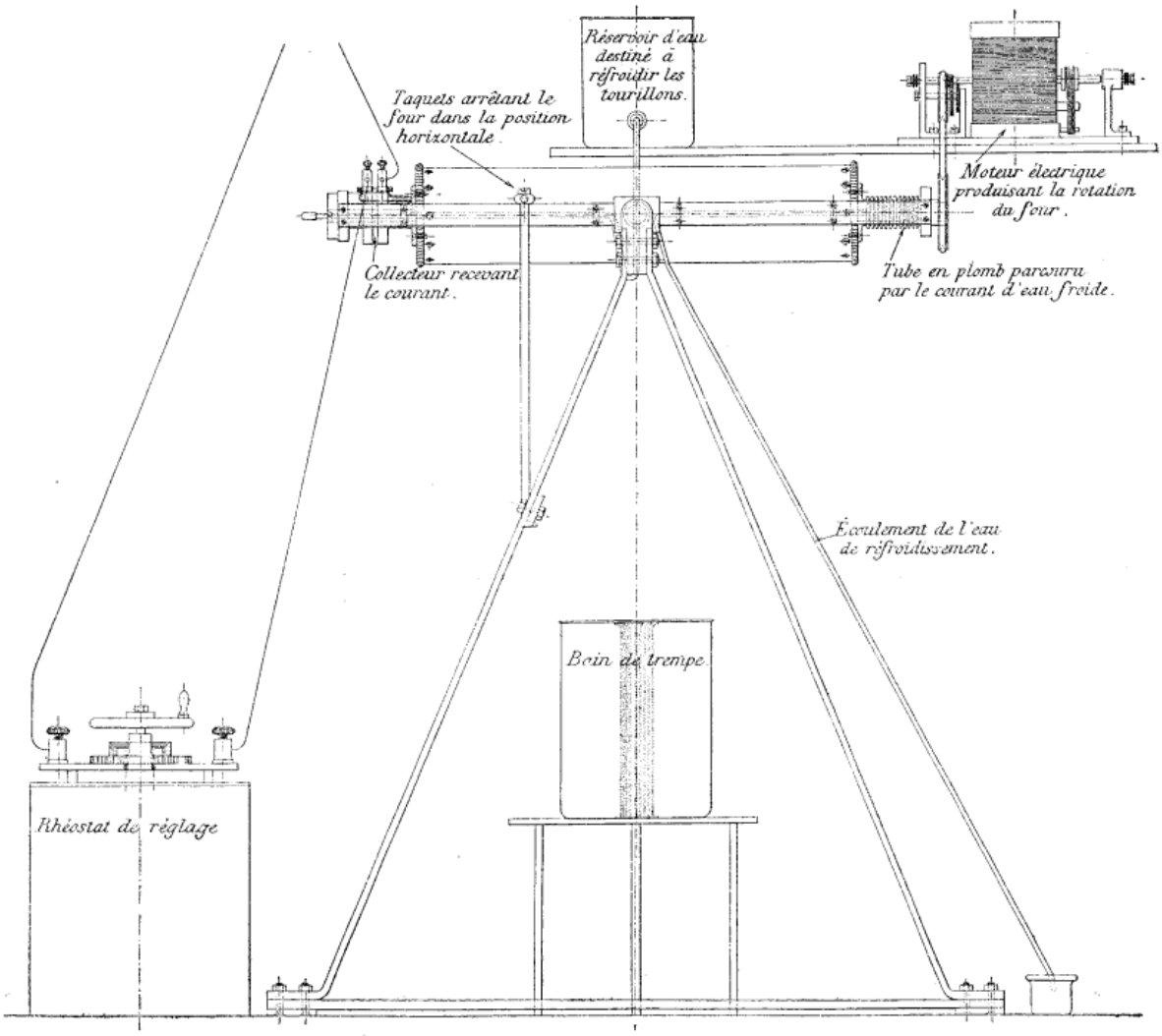


Fig. 5. — Four électrique. Ensemble de l'installation (Échelle 1/10).

Après différents essais, je me suis arrêté à l'appareil représenté par les figures 5, 6, 7, 8.

a. *Appareil de chauffage.* — Le four proprement dit est formé par un tube en terre réfractaire de 60 centimètres de long et $0^m,025$ de diamètre intérieur. C'est dans ce tube que l'on introduit les pièces à chauffer.

Autour du tube en terre, se trouve enroulé un fil de platine dans lequel on peut

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

faire passer un courant électrique. Les dimensions de ce fil doivent varier avec la source d'électricité dont on dispose et aussi avec le but que l'on se propose. Si

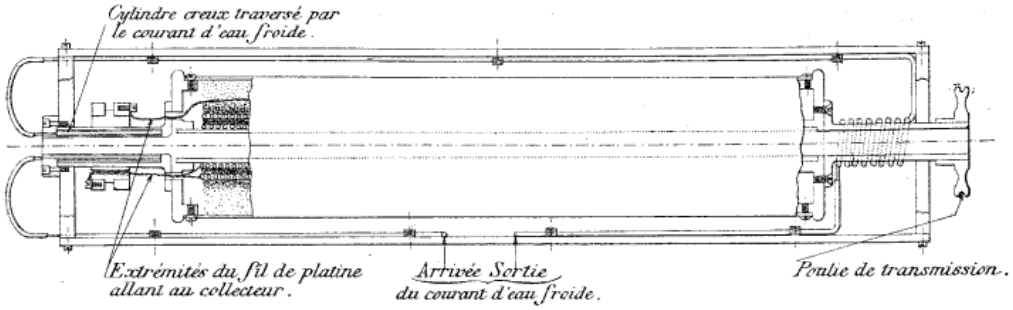


Fig. 6. — Four électrique. Coupe longitudinale.

l'on veut chauffer rapidement des pièces introduites dans le four, il faut disposer d'un certain débit et, par suite, augmenter la section du fil.

Dans le four employé, qui marche avec une différence de potentiel de 70 volts,

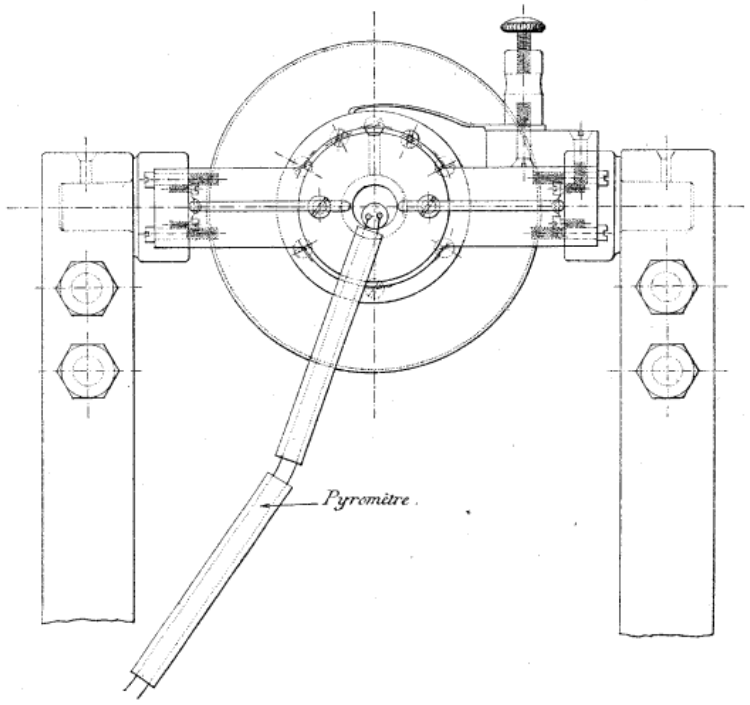


Fig. 7. — Four électrique. Vue par bout.

on a monté en dérivation quatre fils de platine de $0^{mm},5$ de diamètre et 7 mètres de longueur environ.

Deux de ces fils sont enroulés directement sur le tube en terre et recouverts

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'une feuille d'amiante sur laquelle sont enroulés les deux autres fils. Autour de la pièce ainsi constituée, on a enroulé plusieurs couches de cordon d'amiante,

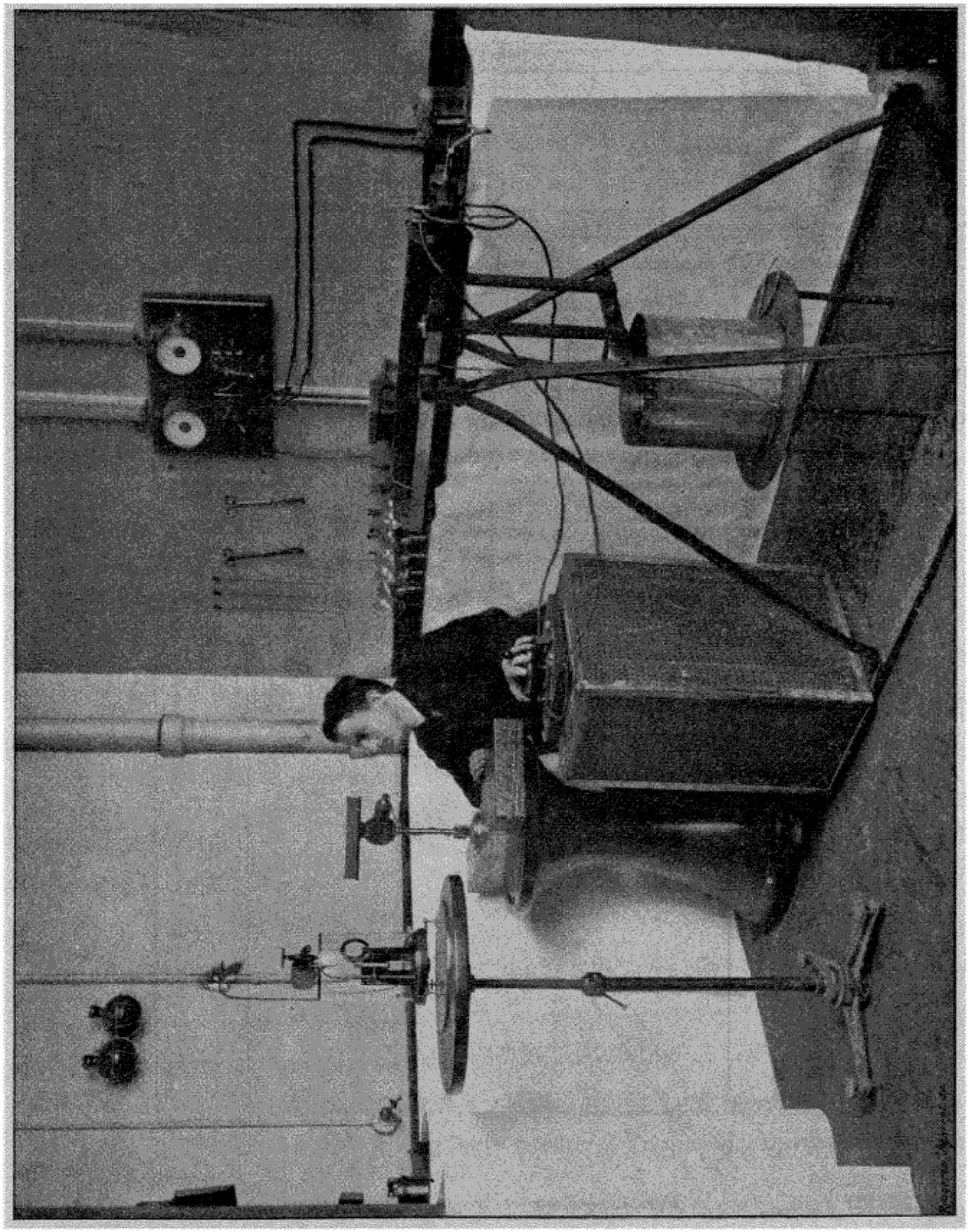


Fig. 8. — Ensemble de l'installation pour essais de trempe.
On reconnaît à droite le four électrique, avec son pyromètre, son dynamoteur, son bain de trempe et le rhéostat (fig. 5); à gauche, le galvanomètre et son échelle (fig. 1).

puis on a placé le tube au centre d'un cylindre de laiton de 13 centimètres de diamètre et on a bourré de l'amiante en fibres dans tout l'intervalle resté libre.

b. *Suspension du four permettant de le faire tourner autour de son axe et de le*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

placer dans des positions inclinées de 0 *à* 90°. — Le cylindre en laiton est fermé à ses deux extrémités par des plaques de même métal sur lesquelles on vient visser deux cylindres en bronze qui prolongent le tube en terre réfractaire. Ces cylindres forment tourillons; ils peuvent tourner dans des colliers en acier fixés aux deux extrémités d'un cadre métallique qui supporte ainsi tout le four.

L'un des cylindres en bronze porte deux disques métalliques isolés par une couche de fibre vulcanisée que l'on met en communication avec les extrémités des fils de platine. Ces disques sont en contact, d'autre part, avec des ressorts fixés à des bornes que supporte le cadre extérieur, et qui reçoivent les fils venant de la source d'électricité. On a ainsi un dispositif analogue à celui du collecteur d'une machine électrique, grâce auquel le courant passe d'une manière continue dans les fils de platine lorsque le four tourne autour de son axe. La rotation est obtenue au moyen d'une poulie fixée sur le cylindre en bronze qui ne porte pas le collecteur; cette poulie reçoit une courroie mise en mouvement par un petit moteur électrique.

Les cylindres en bronze sont refroidis d'une façon continue par un courant d'eau très lent venant d'un réservoir placé à côté de l'appareil. Ce courant d'eau passe par un petit tube de cuivre qui court le long du cadre métallique, puis dans un petit tube de plomb enroulé autour du cylindre de bronze qui porte la poulie et qui est ainsi refroidi extérieurement, et enfin, dans un cylindre à double enveloppe de laiton mince, placé à l'intérieur du cylindre de bronze qui porte le collecteur. Ce dernier cylindre se trouve ainsi refroidi suffisamment pour que les pièces isolantes en fibre ne soient pas détériorées. Dans ces conditions, le four peut être maintenu à 1000° pendant toute une journée sans aucun inconvénient.

Le cadre qui supporte le four présente deux tourillons qui permettent de le monter sur un pied en fer laminé, et autour desquels il peut tourner et prendre, par suite, des positions soit horizontale, soit verticale.

Pour effectuer la trempe d'une pièce, par exemple, on la chauffera dans le four placé horizontalement, puis on relèvera le four verticalement, et on laissera tomber la pièce dans le bain de trempe placé au-dessous.

c. *Réglage du courant.* — Le courant électrique venant soit d'une machine dynamo, soit d'une batterie d'accumulateurs, passe dans un ampère-mètre et un rhéostat, puis dans le four; le rhéostat permet de régler l'intensité du courant de façon à obtenir une température déterminée. Si le voltage était rigoureusement constant, on pourrait se contenter de ce mode de réglage; en fait, le voltage subissant toujours de faibles variations, il est nécessaire d'avoir un appareil qui mesure les températures et permet en même temps d'apprécier si les pièces introduites dans le four ont bien atteint la température voulue. On emploie pour cela un pyromètre thermo-électrique Le Chatelier; ce pyromètre est introduit dans le four par l'extrémité où se trouve le collecteur. Quand on veut chauffer une pièce,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

on la met en contact avec la soudure des fils du pyromètre qui indique ainsi sa température.

d. *Étude de la répartition des températures.* — La température n'est pas uniforme dans toute l'étendue du four ; elle diminue même très rapidement à mesure qu'on l'éloigne du centre, c'est pourquoi l'on a donné au tube une longueur de 60 cent. On a déterminé la température aux différents points du four en déplaçant le pyromètre de 5 en 5 centimètres. Voici quelques-uns des résultats obtenus :

Distance au centre du point considéré.	Température degrés.		Distance au centre du point considéré.	Température degrés.	
0	820	Intensité du courant 9 ampères 2.	0	700	Intensité du courant 8 ampères 3
5	816		5	697	
10	810		10	692	
15	780		15	660	
20	700		20	580	

Le graphique ci-dessous (fig. 9) montre, dans quelques cas, la courbe de répartition des températures dans le four. A mesure que la température s'élève, la zone dans laquelle la température peut être regardée comme constante dimi-

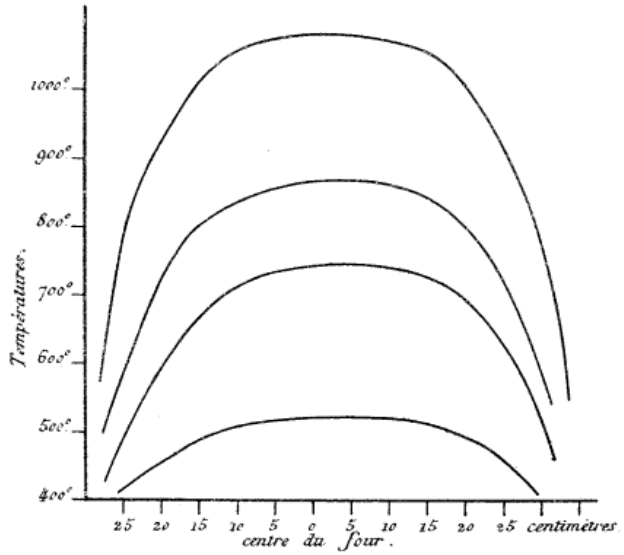


Fig. 9. — Courbes de répartition des températures dans le four électrique.

nue ainsi qu'on devait s'y attendre. Mais, à 100°, on a encore une longueur de plus de 15 centimètres sur laquelle la variation de température ne dépasse pas 10°, c'est-à-dire la précision des mesures dans ces conditions.

e. *Bain de trempe.* — Le bain de trempe est constitué par un réservoir cylindrique en fer-blanc rempli d'huile ou d'eau. Au centre du réservoir, se trouve une cage cylindrique verticale en fils de fer, dans laquelle tombe le barreau qui se trouve ainsi maintenu verticalement. Dans le cas de la trempe à l'huile, on ne

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

produit aucune agitation du liquide; dans le cas de l'eau, le liquide arrive par un ajutage tangentiel, et le barreau se trouve ainsi placé dans un courant d'eau qui tournoie autour de lui. On est ainsi dans des conditions bien déterminées en ce qui concerne l'agitation du bain, qui influe beaucoup sur les résultats obtenus. La trempe à l'huile, dans laquelle l'agitation est nulle, donnera donc la trempe minima correspondant aux conditions de l'expérience; pour la trempe à l'eau, au contraire, le courant est assez rapide pour donner un refroidissement plus rapide que toute agitation à la main.

f. *Marche d'une expérience.* — Le four étant placé horizontalement, on y fait passer le courant après avoir placé le pyromètre à peu près au centre. Au début, on peut donner un courant allant jusqu'à 20 ampères, jusqu'à ce qu'on ait atteint à peu près la température à laquelle on veut opérer. Dans ces conditions, on arrivé à 900° environ en moins d'une demi-heure; on diminue alors le courant, et on lui donne la valeur, approximativement connue à l'avance, nécessaire pour maintenir la température constante. On vérifie que ce résultat est obtenu en observant quelque temps le pyromètre, et, si cela est nécessaire, on achève le réglage au moyen du rhéostat. On introduit alors la pièce à chauffer au centre du four, en ayant soin de la mettre au contact du pyromètre, et on attend que la température ait repris sa valeur primitive. Quand ce résultat est obtenu, on enlève la courroie de transmission et on relève le four verticalement, laissant tomber ainsi la pièce dans le bain de trempe; on peut alors recommencer une deuxième opération.

Toutes les précautions qu'on vient d'indiquer ont été reconnues nécessaires pour obtenir une trempe parfaitemement uniforme des barreaux. Dans ces conditions, les barreaux ne se voilent pas du tout, même par la trempe à l'eau pour les aciers durs; il en est autrement si l'on néglige soit le mouvement de rotation du four, soit la verticalité du barreau dans le bain de trempe.

Le principe du chauffage électrique est d'ailleurs susceptible de conduire à des appareils plus simples, applicables, soit aux essais de trempe pour recette de métaux, soit à la trempe des petites pièces de construction délicate, notamment des ressorts. (Voir note I.)

2° **Appareils d'essais mécaniques.** — Les essais mécaniques auxquels j'ai eu recours, pour définir le degré de trempe, ont porté sur trois types d'éprouvettes représentés par la figure 10.

Éprouvette n° 1 pour essai de traction ; barreau cylindrique à tête; la partie moyenne a $13^{mm},8$ de diamètre et la longueur est de 105^{mm} entre les congés de raccordement avec les parties renforcées ; on marque les repères qui servent à mesurer l'allongement après rupture à 100^{mm} l'un de l'autre.

Éprouvette n° 2 pour essai de flexion ; barreaux prismatiques à section carrée de 130^{mm} de long et 13×13^{mm} de base.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Éprouvette n° 3 pour essai au choc; barreaux prismatiques à section rectangulaire de 60^{mm} de long et 15×9 de base.

Toutes ces éprouvettes ont été découpées dans le métal recuit avant trempe; on a constaté que la trempe ne leur faisait subir aucune variation de forme appréciable; la régularité du mode de chauffage employé faisait que les barreaux n'étaient nullement voilés par la trempe.

Ayant à effectuer un nombre considérable d'essais mécaniques, j'ai eu recours, pour éviter des pertes de temps, à des appareils enregistreurs donnant automatiquement un diagramme de l'essai sur lequel on pouvait en retrouver toutes les particularités.

a. *Essai de traction.* — Les essais de traction étaient effectués au moyen d'une machine Maillard. Comme on le sait, cette machine comprend, comme organe

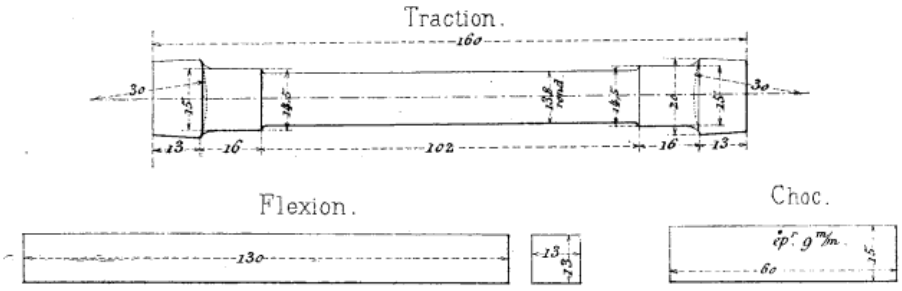


Fig. 10. — Dimensions des éprouvettes pour essais à la traction, à la flexion et au choc.

de traction, une presse hydraulique actionnée par un compresseur à vis, ce qui donne une régularité parfaite et, comme appareil de mesure, un dynamomètre hydraulique dans lequel l'effort de traction est employé à comprimer le liquide contenu dans un cylindre; la pression de ce liquide, qui est proportionnelle à l'effort de traction, est mesurée par un manomètre à mercure à pistons différentiels. Cette machine a le grand avantage de donner automatiquement, à chaque instant, la mesure de l'effort, sans qu'on ait à l'équilibrer, en déplaçant le curseur d'une romaine par exemple; par suite de cette circonstance, elle se prête particulièrement bien à l'application des enregistreurs.

On a objecté que les membranes en caoutchouc qui assurent l'étanchéité du cylindre de l'indicateur de pression pouvaient fausser les indications de la machine. Cet inconvénient ne se produit que lorsque la membrane doit subir une déformation notable, ce qu'il est facile d'éviter, même pour les efforts très considérables, en injectant du liquide dans le cylindre de l'indicateur de pression au moyen d'une petite pompe de compression. Dans ces conditions, les indications de la machine, fréquemment vérifiées au moyen d'un dynamomètre taré directement avec des poids, ont toujours été parfaitement exactes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cette machine a été munie d'un enregistreur spécial donnant automatiquement un diagramme dont les ordonnées représentent les charges supportées par le barreau et les abscisses les allongements correspondants. (Voir note II.) Ce diagramme permet de relever les différents nombres que l'on emploie d'ordinaire pour caractériser la résistance d'un métal à la traction. Les plus usitées et celles que nous considérerons en général sont :

La charge maximum supportée par le barreau, exprimée en kilogrammes par millimètre carré de la *section primitive*. (C'est ce qu'on appelle souvent aussi charge de rupture.) L'allongement total après rupture, exprimé en centièmes de la longueur primitive. (Un barreau de 100^{mm} dont la longueur est devenue 129^{mm} au moment de la rupture, a un allongement total de 29 p. 100.) La *section contractée*, rapportée à la section primitive. On mesure la surface de rupture, qui est d'autant plus petite que la striction est plus prononcée ; on divise cette section de rupture par la section primitive, et l'on a la section contractée.

La *limite élastique* est indiquée dans quelques essais ; c'est là une grandeur très mal définie et très difficile à mesurer. (Voir note III.) Les indications relatives à la limite élastique que l'on trouvera dans les tableaux numériques sont données sous toutes réserves, et ne prétendent à aucune précision numérique. Elles indiquent, en kilogrammes par millimètre carré de la section primitive, la charge sous laquelle le barreau a commencé à prendre un allongement sensible (environ 1/10 de millimètre).

b. *Essais de flexion.* — Les essais de flexion ont été exécutés au moyen de la romaine équilibrée de Joëssel. Le barreau, reposant sur deux couteaux distants de 100^{mm}, était soumis à l'action d'un poids de 1 100 kilogrammes se déplaçant sur un levier et agissant par l'intermédiaire d'un couteau équidistant des deux premiers. Un enregistreur spécial donnait un diagramme dans lequel les ordonnées correspondent aux flèches et les abscisses aux charges correspondantes. On relevait en particulier la charge et la flèche correspondant à la limite de proportionnalité, c'est-à-dire, les coordonnées du point où le diagramme de flexion cessait de se confondre avec une droite passant par l'origine.

La charge et la flèche sous laquelle se produisait la rupture, s'il y avait lieu, ou sinon la charge sous laquelle le barreau venait toucher les supports, ce qui correspondait à une flèche d'environ 21 ^{mm}.

Les barreaux non cassés étaient ensuite pliés à bloc à la presse hydraulique, on notait l'angle sous lequel se produisait la rupture s'il y avait lieu. Tous les barreaux pour lesquels on ne trouvera pas indiqué l'*angle de rupture* ont pu être pliés à bloc sans se rompre.

c. *Essais au choc.* — Les éprouvettes de choc étaient encastrées, par une extrémité, sur une longueur de 20^{mm}, dans une mâchoire à vis. On les plaçait horizontalement, et on laissait tomber sur l'extrémité libre un mouton de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

10 kilogrammes d'une hauteur de 0m,50. On mesurait l'angle de ployage du barreau ; on ramenait l'extrémité libre à être horizontale, et on donnait un deuxième coup de mouton en le laissant tomber cette fois de 0m,75. On commençait ainsi, en augmentant chaque fois la hauteur de chute de 0m,25, jusqu'à ce que le barreau se rompît ou qu'il fût plié à 90° environ.

Les résultats peuvent être interprétés graphiquement de la façon suivante : chaque choc est représenté par un point dont l'abscisse est proportionnelle à l'angle de ployage et l'ordonnée à la hauteur de chute. On réunit par une ligne

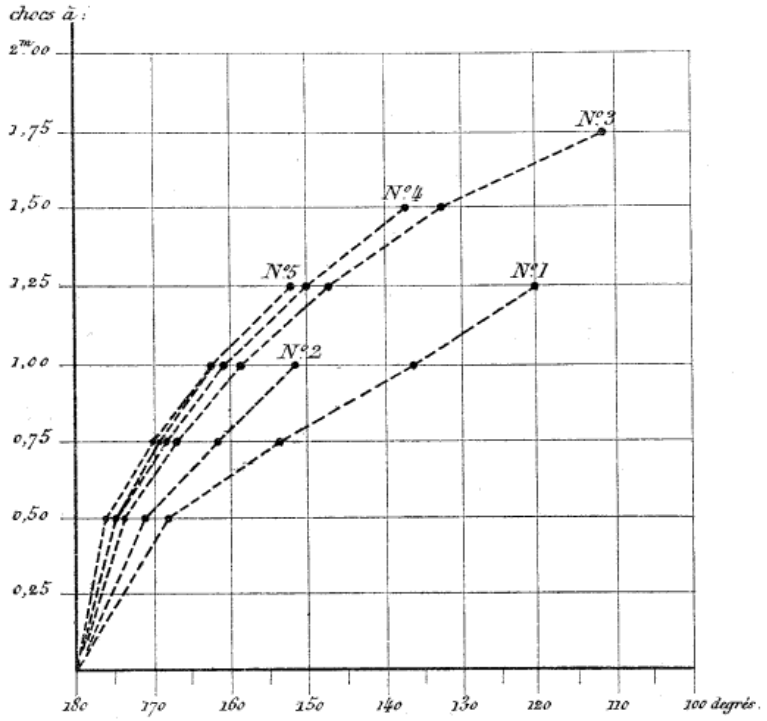


Fig. 11. — Diagrammes de résistance aux chocs : les ordonnées sont proportionnelles aux hauteurs de chute d'une même masse et les abscisses aux angles de pliage de l'éprouvette.

les points relatifs à un même barreau. Plus cette ligne est longue, moins le barreau est *fragile ;* plus cette ligne est rapprochée de l'axe des abcisses, plus grand est l'angle de ployage obtenu à chaque coup, ce qu'on peut exprimer en disant que le métal a moins de *raideur*. L'aspect de ce graphique indique donc les deux propriétés caractérisées par l'essai au choc : la *fragilité*, d'autant plus grande que la ligne représentative est plus courte ; la *raideur*, d'autant plus considérable que la ligne représentative est moins inclinée sur l'axe des abscisses. Dans la figure 11, qui reproduit quelques-uns de ces diagrammes, le métal n° 2 est le plus fragile, le métal n° 5 est le plus raide.

d. *Essais divers.* — On a effectué aussi quelques essais à la compression sur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des cylindres de 8mm de diamètre et 13mm de hauteur au moyen de la romaine Joëssel. On a essayé aussi la plupart des échantillons à la pénétration par choc (pour évaluer la *dureté*) en mesurant l'empreinte produite par un couteau fixé à un mouton tombant d'une hauteur donnée ; on ne fera que citer ces derniers essais, qui n'ont pas donné de résultats réguliers.

CHAPITRE III

ÉTUDE DES TRANSFORMATIONS DU FER ET DU CARBONE

Les dégagements de chaleur qui se produisent pendant le refroidissement de l'acier indiquent des transformations internes d'ordre physico-chimique qui sont empêchées par le refroidissement brusque et jouent, par suite, un rôle dans le phénomène de la trempe. Il est donc nécessaire de chercher à déterminer la nature de ces transformations, ainsi que les modifications qui leur correspondent.

La transformation qui se produit au point a_1 a été attribuée à une modification de l'état du carbone. Cette idée, suggérée par le fait que le dégagement de chaleur qui se produit en a_1 varie comme la teneur en carbone, a pu être vérifiée de différentes manières. On a constaté que le carbure de fer (Fe^3C?), que l'on peut isoler de l'acier par des dissolvants appropriés, était en proportion moindre, après trempe au-dessus du point de recalescence. En revanche, la dissolution de l'acier trempé fournit une certaine quantité de carbone libre que l'on ne trouve pas dans l'acier recuit. La transformation du *carbone combiné* ou *carbone de recuit* en *carbone de trempe* est encore mise en évidence en dissolvant le métal dans l'acide azotique ; la couleur de la dissolution est moins marquée avec l'acier trempé qu'avec l'acier recuit ; l'essai colorimétrique d'Eggertz indique, par suite, une teneur trop faible en carbone pour les aciers trempés ; diverses expériences, notamment celles de MM. Osmond et Werth, ont conduit à admettre que le carbone combiné se dissout dans l'acide azotique en le colorant, tandis que le carbone de trempe disparaît à l'état gazeux sans produire de changement de teinte.

Lorsque l'on chauffe de l'acier, le carbure de fer commence à se décomposer au point a, et le carbone passe à un autre état que l'on appelle carbone de trempe. Pendant le refroidissement, le carbone se recombine au fer, et cette combinaison produit le dégagement de chaleur qui correspond à la recalescence. Si l'on refroidit brusquement, on peut empêcher la combinaison de se produire complètement, et maintenir une portion plus ou moins grande du carbone de trempe. Le phénomène est identique à celui qui se produit dans le tube chaud et froid d'Henri Sainte-Claire Deville, où la trempe de l'eau dissociée maintient séparés un peu d'hydrogène et d'oxygène. On ne sait pas au juste quel est l'état que l'on appelle carbone de trempe, mais on sait, et cela suffit, qu'on peut en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

déterminer la proportion au moyen de l'essai Eggertz. Cette conception du phénomène de la recalescence est, croyons-nous, généralement acceptée aujourd'hui; les opinions ne diffèrent que relativement à l'influence de la transformation du carbone sur les propriétés mécaniques de l'acier.

Il n'en est pas de même pour les transformations qui correspondent aux points

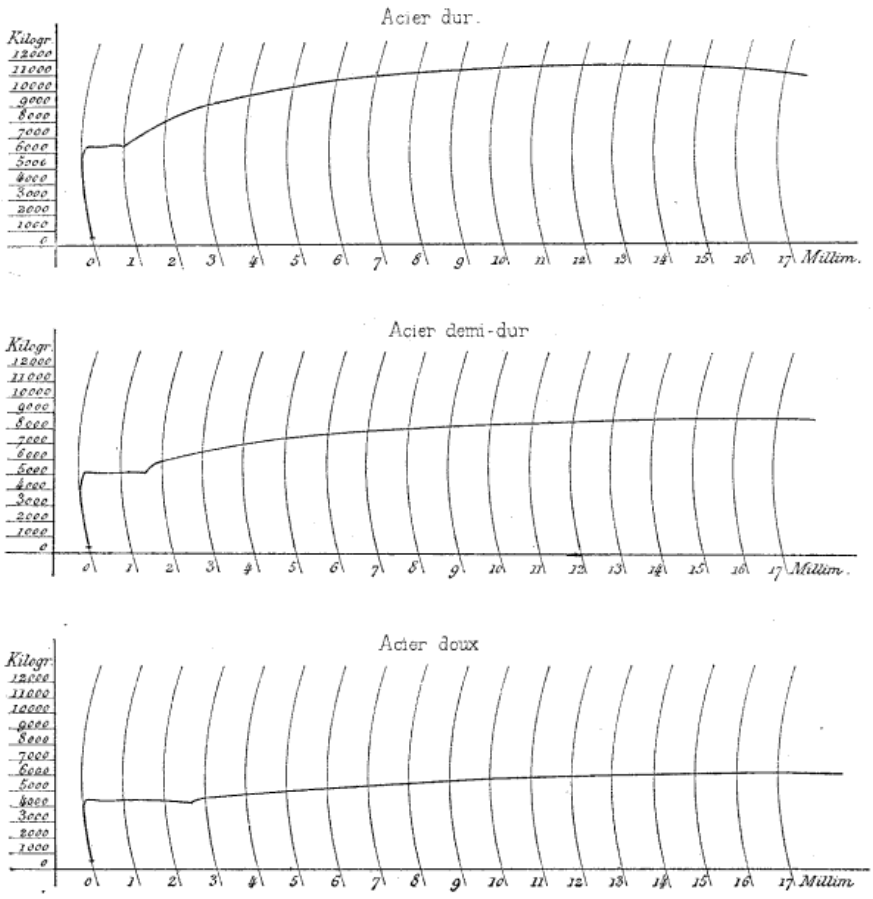


Fig. 12. — Courbes d'allongement des aciers doux demi-durs et durs. — Formation des paliers rectilignes correspondant à des changements d'état.

a_2 et a_3 ; M. Osmond, qui les considère comme des transformations du fer, n'a pas précisé leur nature, ni indiqué nettement leur rôle et les conditions dans lesquelles elles se produisent.

Le fait qui m'a semblé indiquer le plus nettement que le fer peut subir un changement d'état allotropique est le suivant : si l'on soumet une barre de fer ou d'acier à l'essai de traction, et qu'on construise la courbe qui représente les déformations en fonction des charges, on observe souvent une portion rectiligne-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

correspondant à une déformation *sous charge constante* (figure 12). Ce fait avait déjà été signalé, mais non généralisé ni étudié d'une façon précise. J'ai cru devoir l'examiner attentivement; en effet, le fait d'obtenir une modification finie des propriétés d'un corps par une variation infiniment petite des conditions extérieures, est la seule définition précise des changements d'état. Tous les cas que l'on appelle communément des changements d'état physique, ou des changements d'état allotropique (distinction purement arbitraire et qui ne répond à rien de précis) sont représentés par des *courbes à palier rectiligne* comme celles que l'on vient de signaler pour la traction des aciers. Il suffira de citer la courbe qui représente les variations de volume d'un corps en fonction de la pression, avec des paliers rectilignes correspondant à la fusion, à la vaporisation, à tout changement d'état cristallin, etc. Si, par exemple, on comprime de l'iodure d'argent, comme l'ont fait MM. Mallard et Le Châtelier, et qu'on construise la courbe qui représente les volumes en fonctions des charges supportées, on trouve que cette courbe présente un palier rectiligne indiquant une variation de volume sous pression constante. Ce phénomène se produit en même temps que la transformation de l'iodure jaune en iodure rouge.

L'emploi des appareils enregistreurs décrits dans le chapitre II et de quelques autres dispositions spéciales m'a permis d'étudier ce phénomène, dans le cas des fers et aciers, sur un très grand nombre de barreaux traités de façons diverses. Je résumerai ici les résultats qui se détachent de ces expériences.

a. *Formation du palier rectiligne.* — Dans le cas où le phénomène se produit, on obtient, le plus souvent, non pas une sorte de point d'inflexion allongé, mais une partie véritablement rectiligne raccordée par des angles vifs. La figure 12, qui reproduit exactement quelques courbes de traction, telles que les a données l'enregistreur, met bien ce fait en évidence.

La régularité n'est pas toujours aussi parfaite; il arrive souvent, surtout pour les aciers doux, que le palier est un peu accidenté : cela tient à ce que le métal n'est pas parfaitement homogène; mais les raccordements se font presque toujours d'une façon parfaitement nette. Le plus souvent même, surtout si l'on opère assez rapidement, on observe, au commencement et à la fin du palier, de petits crochets de la courbe qui semblent correspondre aux retards à la transformation que l'on observe dans tous les changements d'état.

Le palier rectiligne s'observe également dans les essais à la traction, à la compression, à la torsion, à la flexion. Dans ce dernier cas cependant, les raccordements ne se font pas à angle vif, ce qui est assez normal, étant donnée la nature complexe de la déformation.

b. *Influence de la composition de l'acier.* — Nous parlons ici d'aciers *recuits* à une température suffisante pour éliminer les effets d'une trempe ou d'un écrouissage antérieur. Si l'on considère d'abord les aciers au carbone, le palier se

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

produit sous une charge d'autant plus élevée et a une longueur d'autant plus faible que la teneur en carbone est plus élevée. Il disparaît pour les aciers durs, présentant environ 90 kilogr. par mill.^{2} de résistance à la rupture à l'état recuit.

Par exemple, sur les diagrammes fournis par l'enregistreur de traction, et où les allongements sont amplifiés dans le rapport de 20 à 1, on trouve que la longueur du palier est, en moyenne, de 7 centimètres pour l'acier Martin n° 1, $4^{cm},5$ pour l'acier Martin n° 2, $3^{cm},5$ pour l'acier Martin n° 4.

Les éléments autres que le carbone agissent de même, mais à une dose beau-

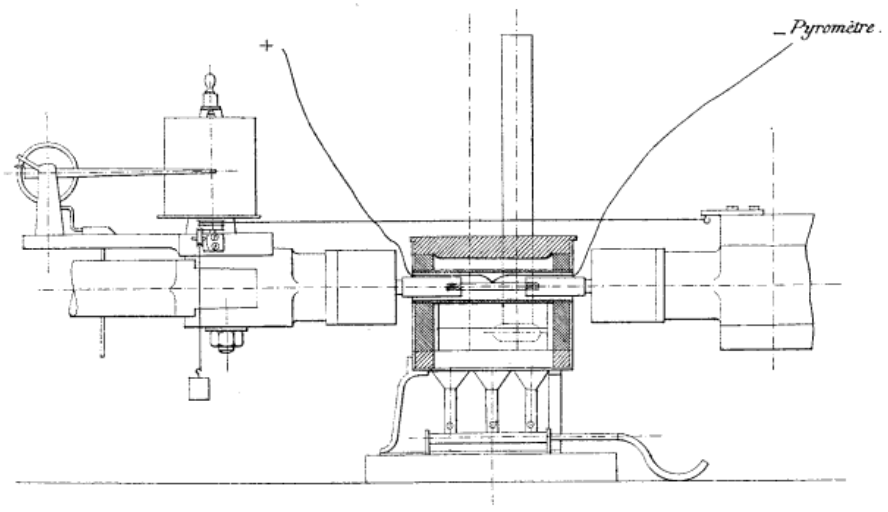


Fig. 13. — Dispositif employé pour l'étude de l'influence de la température.

coup plus forte. Ainsi, les aciers au creuset qui contiennent des proportions de chrome, de nickel, de tungstène et de manganèse supérieures à 1 p. 100, présentent des paliers très nets, et correspondant à peu près à leur teneur en carbone. Les alliages à forte teneur, en nickel par exemple, ne présentent pas de palier.

Cette action des éléments autres que le fer peut s'interpréter de deux manières : 1° en admettant que la présence d'un élément en proportion suffisante maintient le fer sous l'état qu'il prend après étirage ; 2° en considérant que le métal contient une proportion notable d'un alliage défini non susceptible de subir une transformation allotropique. Il semble que la première interprétation convienne au cas du carbone et la seconde au cas du nickel, du manganèse, etc. D'ailleurs, au point de vue pratique, on peut se contenter de la constatation du fait.

c. *Influence de la vitesse de traction.* — L'aspect du diagramme de traction

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ou de compression reste exactement le même quand on fait varier la durée de l'essai depuis une minute jusqu'à 10 minutes. On constate seulement que la charge correspondant à la formation du palier augmente très légèrement en même temps que la vitesse. Cela correspond aux retards à la transformation que l'on a déjà signalés dans la plupart des changements d'état.

d. *Influence de la température.* — La charge sous laquelle se produit le palier diminue ainsi que sa longueur à mesure que la température s'élève.

Pour constater cela, on a opéré sur des barreaux de traction d'acier Martin n° 1, chauffés pendant la durée de l'essai au moyen d'un four Mermet. Le dispositif adopté est représenté par la figure 13. Les têtes des barreaux sont filetées et vissées dans des tiges de plus gros diamètre montées sur les mordaches de la machine à traction. Grâce à ce dispositif, on peut placer le barreau au centre d'un tube en terre réfractaire chauffé par le four Mermet. Un couple thermo-électrique Le Châtelier donne la température.

L'enregistreur ne pouvant être monté sur le barreau, on l'employait à inscrire, non l'allongement même, mais l'écartement des mordaches, qui est très sensiblement le même, surtout au début, les têtes ne se déformant qu'à la fin de l'essai.

Voici les résultats obtenus de cette manière :

TEMPÉRATURE DU BARREAU.	CHARGE PAR MILLIMÈTRE CARRÉ.		LONGUEUR DU PALIER sur le diagramme.
	SOUS LAQUELLE se produit le palier.	DE RUPTURE.	
degrés.	kilogrammes.	kilogrammes.	centimètres.
15	39,4	59	4,5
300	36,7	73,5	2,5
400	34,7	70,2	1,7
520	»	50,1	»
780	»	10	»

On voit que, si la charge de rupture augmente d'abord notablement avec la température pour diminuer ensuite, la charge sous laquelle se produit le palier diminue d'une façon continue, ainsi que sa longueur. Les diagrammes de traction obtenus dans ces essais ont été reproduits dans la figure 14. Il n'y a pas besoin de faire ressortir l'analogie que présente ce graphique avec ceux obtenus dans l'étude des changements d'état, notamment avec celui qui représente la liquéfaction de l'acide carbonique d'après les expériences d'Andrews.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

e. *Influence de la trempe et du recuit.* — La trempe peut faire disparaître le palier de la courbe de traction. J'ai recherché dans quelles conditions il fallait chauffer le métal pour obtenir ce résultat. Voici les nombres fournis par les essais sur l'acier Martin n° 1, après trempe à l'huile dans diverses conditions :

TRAITEMENT DU MÉTAL.	LONGUEUR du PALIER RECTILIGNE.	CHARGE de RUPTURE.	ALLONGEMENT après RUPTURE.
	centimètres.	kilgrammes.	
Chauffé 5 minutes à 700° . .	7,4	45,1	31,3
— 60 — 700° . .	7,1	46	31,5
— 5 — 750° . .	7,5	45,4	28,2
— 30 — 750° . .	5,5	48,4	29,2
— 60 — 750° . .	4,8	49,9	29,3
— 10 — 800° . .	»	57,8	22,7
— 10 — 900° . .	»	57,9	19,4

Il semble résulter de ces nombres que la transformation du fer que l'on obtient par déformation à froid se produit spontanément à une température d'environ 750°. A 750°, la transformation n'est pas instantanée, et elle s'effectue d'une façon plus ou moins complète suivant que l'on maintient la température plus ou moins longtemps. La vitesse de transformation augmente d'ailleurs rapidement avec la température.

Le recuit détruit cet effet de la trempe, et fait réapparaître le palier. Il suffit d'ailleurs, pour cela, de chauffer à une température notablement inférieure à 750°. Je n'ai pas expérimenté les recuits à basse température, mais j'ai pu constater, qu'après chauffage à 600°, le fer était revenu à l'état qui est stable à froid.

f. *Influence de l'écrouissage.* — Toute déformation à froid produit la transformation du fer. On n'observe donc pas ce palier dans les éprouvettes qui ont été laminées, martelées ou forgées au-dessous de 750°; mais il suffit de recuire ces éprouvettes pour faire réapparaître la portion rectiligne.

Pour apprécier plus nettement l'influence de l'écrouissage, on a procédé de la façon suivante : Dans un gros barreau d'acier soumis à un allongement supérieur à celui qui correspond à la formation du palier, on a découpé, dans le sens de l'allongement et dans le sens perpendiculaire, des cylindres de compression et de petits barreaux de traction. Aucune de ces éprouvettes, essayée directement, n'a donné de palier rectiligne : toutes l'ont fourni après recuit.

g. *Variation des propriétés physiques.* — Si l'allongement sous charge constante correspond à un changement d'état du métal, il doit se produire, en même temps que cet allongement, une variation brusque des différentes propriétés du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

métal, c'est-à-dire, que les courbes qui représentent la variation des différentes propriétés en fonction des charges auxquelles le métal a été soumis doivent toutes présenter un palier.

J'ai étudié à ce point de vue la densité et l'aimantation résiduelle de barreaux d'aciers de différentes nuances.

Les variations de densité sont très faibles, et ne présentent aucune régularité; cela était à prévoir, étant donnée l'impossibilité où l'on est d'obtenir un fragment de métal réellement homogène; les variations de densité sont surtout dues, par suite, à la production ou à la modification d'interstices à l'intérieur du métal. Cependant, l'ensemble des expériences ne conduit pas à un résultat tout à fait négatif. En mesurant la densité de barreaux de divers métaux après un éti-

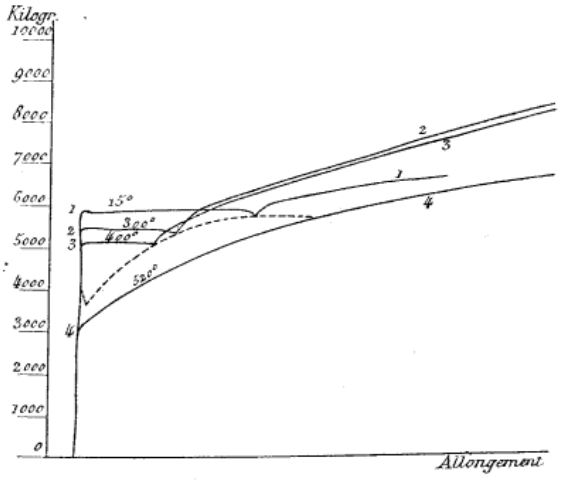


Fig. 14. — Influence de la température.

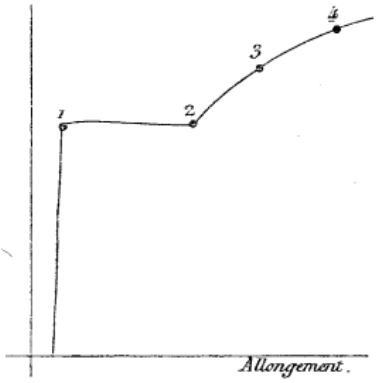


Fig. 15

rage plus ou moins accentué, j'ai trouvé qu'il y avait toujours diminution de densité pour les métaux autres que le fer, tandis que, pour les fers et aciers, il s'est produit, à plusieurs reprises, une augmentation de densité dans la région correspondante au palier rectiligne; dans d'autres cas, il est vrai, on avait une diminution continue, comme pour les autres métaux; mais cela pouvait provenir de la production de fissures ou de solutions de continuité dans le métal.

Les expériences relatives aux propriétés magnétiques ont donné des résultats beaucoup plus nets.

On a soumis à l'essai de traction des barreaux d'acier, en arrêtant l'essai aux points marqués 1, 2, 3, 4 sur le diagramme de traction (fig. 15). On aimantait ensuite ces barreaux en les soumettant à l'action d'un courant d'intensité déterminée pendant un quart d'heure, et on mesurait l'aimantation résiduelle, après

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

un intervalle de vingt-quatre heures, au moyen du galvanomètre balistique.

Voici les résultats obtenus :

NUMÉRO du BARREAU.	EFFORTS SUBIS (1).	ALLONGEMENT PERMANENT (2).	AIMANTATION RÉSIDUELLE (3).	AIMANTATION RÉSIDUELLE après recuit (4).
		SÉRIE I : FER DOUX		
1.	25,20	»	2,5	1
2.	25,20	1,6	4,8	1,5
3.	31,10	4,3	6,5	1,2
4.	33,60	6	6,3	1,5
		SÉRIE II : ACIER MARTIN N° 1		
1.	34,2	0,2	4	3,5
2.	34,3	2,7	11	3,5
3.	35,5	4,7	13,5	3,5
4.	41,1	6,8	14,5	3,5
		SÉRIE III : ACIER MARTIN N° 3		
1.	35,5	»	8	3,5
2.	38,5	1,3	14,5	4
3.	41,0	2,9	17	4
4.	52,3	4,6	17	3,5

(1) En kilogrammes par millimètre carré.
(2) En millimètres sur une longueur de 10 centimètres.
(3) Unités arbitraires (divisions de l'échelle du galvanomètre).
(4) La dernière colonne indique les résultats obtenus pour le magnétisme sur les mêmes barreaux recuits à 800° et réaimantés; ces dernières expériences, ayant été faites sur des morceaux prélevés dans le barreau, ne sont pas comparables aux premières en valeur absolue.

On voit que l'aimantation varie notablement sur la portion rectiligne de la courbe, et reste invariable quand on a dépassé la région où la charge reste constante.

L'ensemble des faits qu'on vient de signaler me semble justifier la conclusion suivante : Le fer (*pur ou allié à une faible proportion d'autres substances*), chauffé au-dessus d'une certaine température, subit une transformation que l'on peut considérer comme un *changement d'état allotropique*. La transformation inverse se produit pendant le refroidissement lent : si le refroidissement est très rapide, s'il y a trempe, elle n'a pas le temps de se produire, et le fer se trouve, à la température ordinaire, sous l'état qui est stable aux températures élevées : il est alors dans un état instable, hors d'équilibre, suivant l'expression de M. Le Châtelier,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et il suffit, pour le ramener à l'état stable, de le recuire à une température d'environ 500°.

Le changement d'état du fer se produit à froid en même temps qu'une déformation permanente quelconque. Il est indiqué par la présence de paliers rectilignes dans les diagrammes de déformation que fournissent les essais mécaniques. (*traction*, *compression*, *etc.*)

Donc, toutes les fois que le fer aura été amené à son deuxième état (*stable aux températures élevées*) par une opération quelconque (*trempe ou écrouissage*), il donnera, aux essais mécaniques, des diagrammes sans palier rectiligne; si la transformation n'est que partielle, le palier sera plus court que celui que l'on obtiendra avec le même métal après recuit.

Ces conclusions ne font qu'exprimer, sous une forme à laquelle il ne faut pas

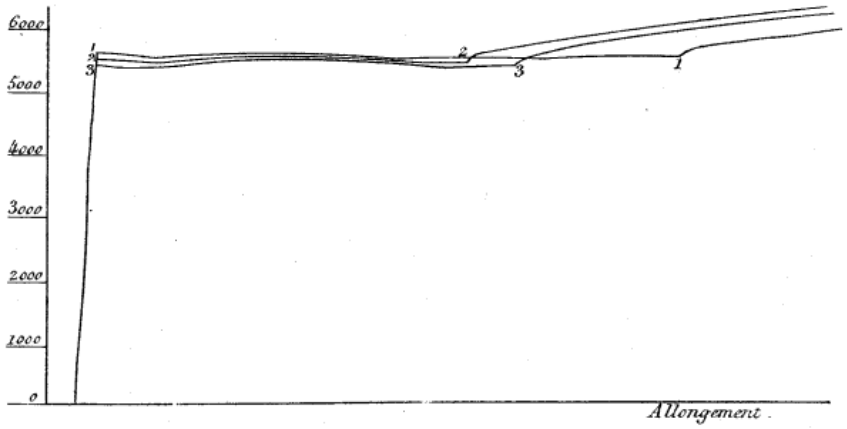


Fig. 16. — Allongement d'un acier doux trempé à 750°.

attacher plus d'importance qu'elle n'en possède, les résultats d'un très grand nombre d'essais. A défaut d'autre utilité, ils auront au moins celle de rattacher le mode de traitement subi par le métal à la forme des diagrammes d'essais mécaniques. (Voir note IV.)

Les expériences de trempe indiquées plus haut, ainsi que celles qui seront exposées plus loin, montrent que le palier ne disparaît pas dans les aciers doux par une trempe après chauffage au-dessous de 750°, et, qu'à 750°, la transformation se produit d'une façon graduelle et assez lentement (fig. 16). Le point de transformation doit donc être voisin de 750°.

Or, tous les changements d'état connus donnent lieu à un phénomène thermique : il est donc logique de rapporter l'un à l'autre le dégagement de chaleur que l'on observe au point critique a_2 (740°-750°) et le changement d'état du fer qui est caractérisé par le palier rectiligne des diagrammes d'essais mécaniques.

Quant au point a_3, je n'ai pu constater aucun phénomène qui montrât son

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

influence, mais son interprétation me semble ressortir des expériences de M. Curie sur les propriétés magnétiques du fer. Ce savant déduit de ses recherches que, au point de vue magnétique, le fer se comporte normalement jusque vers 860° (a_3), température à laquelle il subit une modification. Ce serait cette modification, portant surtout sur les propriétés magnétiques, qui donnerait lieu au dégagement de chaleur que l'on observe en a_3.

En résumé, les points critiques observés pendant le refroidissement de l'acier semblent correspondre aux transformations suivantes :

a_1, transformation du carbone caractérisée par l'essai Eggertz ;

a_2, transformation du fer caractérisée par le palier rectiligne du diagramme de traction.

a_3, deuxième transformation du fer, influant surtout sur les propriétés magnétiques.

Dans les aciers durs, les trois transformations se produisent simultanément à la température de recalescence.

CHAPITRE IV

INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE DE TREMPE SUR LES PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES.

Les tableaux suivants résument les résultats des essais effectués en vue d'étudier l'influence de la température à laquelle le métal est chauffé avant trempe.

Tous les essais se rapportent à des métaux, préalablement recuits, chauffés dans le four électrique à la température indiquée dans la première colonne des tableaux. Rappelons que cette température est définie au moyen du pyromètre Le Châtelier, gradué en admettant que la déviation du galvanomètre est proportionnelle à la température entre le point d'ébullition du soufre (448°) et le point de fusion de l'or (1 045°).

Lorsque le pyromètre, mis en contact avec la tête du barreau, indiquait la température cherchée, on laissait le barreau dans le four pendant le temps indiqué dans la deuxième colonne des tableaux, en agissant, au besoin, sur le rhéostat de réglage pour maintenir la température constante. La température, indiquée par le pyromètre, se rapportant à une extrémité du barreau, est donc un minimum ; elle peut être dépassée dans les parties centrales d'une quantité que j'évalue à environ 10°. Je n'ai pas cherché à pousser plus loin la précision dans l'évaluation de la température moyenne du barreau, parce que, en pratique, avec les moyens de chauffage dont on dispose ordinairement, on aura encore bien moins d'uniformité, et qu'une plus grande précision serait complètement illusoire.

Les barreaux trempés soit à l'huile froide (*sans agitation*), soit à l'eau froide (*courant assez rapide*), étaient essayés tels quels, et sans subir aucun revenu ou recuit partiel.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU N° I. — Essais à la traction. — Trempe à l'huile froide.

TEMPÉRATURE du CHAUFFAGE.	DURÉE du CHAUFFAGE.	LIMITE ÉLASTIQUE.	CHARGE MAXIMUM.	ALLONGEMENT.	SECTION CONTRACTÉE.
		ACIER AU CREUSET N° 1			
degrés.	minutes.	kilos.	kilos.		
0	0	21,8	32,1	38,3	0,295
650	10	22,5	21,2	39,4	0,352
750	10	26,8	40,7	26	0,396
750	30	25,6	40,2	26,4	0,361
800	10	25,6	39,8	25,4	0,388
900	10	28,9	41,1	30,2	0,355
900	10	26,4	37,2	28	0,345
1000	10	27,2	39,6	32,2	0,335
		ACIER AU CREUSET N° 2			
0	0	21	29,1	40,4	0,240
650	10	20,5	30	41,6	0,201
700	10	30,6	43,2	23,8	0,257
700	30	27,8	38,5	28,8	0,257
750	10	30	41,7	23,5	0,257
750	30	29,3	41,9	24,1	0,257
800	10	27,1	36,9	29	0,224
1000	10	27,5	37,8	17,8	0,272
		ACIER AU CREUSET N° 3			
0	0	31,0	50,6	24,4	0,473
700	10	30,7	52,4	23,5	0,514
700	30	29,8	48,2	25,5	0,452
750	10	41,7	70,6	16,7	0,524
750	30	46,0	73,1	16,5	0,524
800	10	49,2	69,5	15,0	0,524
		ACIER AU CREUSET N° 4			
0	0	26,7	71,7	10,1	0,859
700	10	» (1)	129	8	0,635
750	10	»	127,3	9	0,682
800	10	»	122	9,2	0,669
900	10	»	117,7	7	0,793

(1) Ainsi qu'on l'a fait remarquer, la limite élastique ne peut être déterminée avec quelque approximation que dans le cas où le diagramme de traction change nettement de direction à partir d'un point donné, ou avec un raccordement de faible rayon. Avec les aciers trempés, surtout les aciers durs, il arrive que la courbe ne présente aucun changement de direction bien accusé : dans ce cas, on a préféré ne rien indiquer que de donner pour la limite élastique un chiffre ne correspondant à rien de précis.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU N° II. — Essais à la traction. — Trempe à l'huile froide.

TEMPÉRATURE du CHAUFFAGE.	DURÉE du CHAUFFAGE.	LIMITE ÉLASTIQUE.	CHARGE MAXIMUM.	ALLONGEMENT.	SECTION CONTRACTÉE.
		ACIER AU CREUSET N° 5			
degrés.	minutes.	kilos.	kilos.		
0	0	20,5	33,1	39,7	0,214
650	10	21,4	33,5	38,6	0,228
700	10	23,5	41,7	26	0,294
800	10	25,7	47,1	23,6	0,388
900	10	»	52,4	9,4	0,294
1000	10	»	48,2	12	0,353
		ACIER AU CREUSET N° 6			
0	0	25	39	36,9	0,287
650	10	30,7	41,7	32,9	0,302
700	10	36,7	54,8	13,7	0,589
800	10	34,5	50,8	7,3	0,607
900	10	40,1	72,6	4,6	0,643
1000	10	52,4	69,1	9	0,480
		ACIER AU CREUSET N° 7			
0	0	27,1	40,7	34,5	0,287
650	10	30,7	42,1	28,7	0,257
700	10	32,1	46	20,1	0,278
800	10	32,1	46,5	22,4	0,278
900	10	36,4	45,9	29,5	0,228
1000	10	36,5	49,2	18	0,228
		ACIER AU CREUSET N° 8			
0	0	24,6	31	40,2	0,188
700	10	28,9	35,7	30	0,170
800	10	28,9	35,7	34,7	0,158
900	10	28,9	38,5	28,6	0,188
1000	10	30	42,4	22,3	0,257

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU N° III. — Essais à la traction. — Trempe à l'huile froide.

TEMPÉRATURE du CHAUFFAGE.	DURÉE du CHAUFFAGE.	LIMITE ÉLASTIQUE.	CHARGE MAXIMUM.	ALLONGEMENT.	SECTION CONTRACTÉE.
		ACIER AU CREUSET N° 9			
degrés.	minutes.	kilos.	kilos.		
0	0	30,6	51,4	24,1	0,446
650	10	30,7	53,5	25,8	0,504
700	10	36,8	68,5	5,1	0,546
750	10	»	92,9	5,2	0,635
800	10	»	105,3	6	0,688
900	10	»	112,9	4,8	0,793
1000	10	»	106,7	2	0,940
		ACIER AU CREUSET N° 10			
0	0	35,9	63,1	26,7	0,430
700	10	46,7	66,8	21	0,335
750	10	»	139	0,5	1
800	10	»	137,7	0,5	1
900	10	»	139	0,6	1
1000	10	»	86,1	»	1 M (1)
		ACIER AU CREUSET N° 11			
0	0	28,7	44,7	19,3	0,473
650	10	29,3	49,5	20,4	0,490
700	10	45,4	72,5	18,5	0,430
750	10	52,9	72,5	18,6	0,403
800	10	54,2	72,5	16,2	0,412
900	10	50,2	68,8	13,8	0,477
1000	10	52,9	74,6	14,7	0,480
		ACIER AU CREUSET N° 12			
0	0	25,1	44,0	22,3	0,501
700	10	23,7	44,0	20,9	0,531
750	10	56,9	73,2	13,8	0,553
800	10	61,7	69,5	13,1	0,440
900	10	59,6	76,6	12,7	0,412
1000	10	50,8	71,9	8,2	0,531

(1) Les barreaux marqués M sont ceux pour lesquels la rupture s'est produite d'une façon anormale, sur les têtes ou en dehors des repères, mais sans que le métal présente un défaut apparent sur la cassure; la rupture prématurée correspond donc à une détérioration du métal, attribuable aux conditions de trempe.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU N° IV. — Essais à la traction. — Trempe à l'eau froide.

TEMPÉRATURE du CHAUFFAGE.	DURÉE du CHAUFFAGE.	LIMITE ÉLASTIQUE.	CHARGE MAXIMUM.	ALLONGEMENT.	SECTION CONTRACTÉE.
		ACIER AU CREUSET N° 1			
degrés.	minutes.	kilos.	kilos.		
0	0	21,8	32,1	38,3	0,295
650	10	23,5	35,5	28,9	0,425
700	10	27,8	42,8	14,3	0,443
700	10	28,9	40,6	19	0,473
725	10	34,2	51,4	15,2	0,452
750	10	33,2	51,4	15.1	0,452
800	10	32,1	48,2	17,4	0,378
900	10	32,1	47,7	17,7	0,396
		ACIER AU CREUSET N° 2			
0	0	21	29,1	40,4	0,240
700	10	28,9	40,7	21	0,257
700	10	34,2	46	15,6	0,310
900	10	39,6	53,5	20,2	0,302
		ACIER AU CREUSET N° 3			
0	0	31	50,6	24,4	0,473
650	10	31	57,1	23	0,504
700	10	31	55,2	20,2	0,514
725	10	50,3	77	13	0,524
750	10	»	74,9	1,7	0,956 M
800	10	»	74,5	2,2	0,956 M
900	10	37,8	79,8	13,3	0,452
		ACIER AU CREUSET N° 4			
0	0	26,7	71,7	10,1	0,529
650	10	25,4	77	11,5	0,524
650	10	26,7	68,5	10,6	0,524
700	10	»	81,3	0,3	1 M
800	10	»	75,3	»	1 M

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU N° V. — Essais à la traction. — Trempe à l'eau froide.

TEMPÉRATURE du CHAUFFAGE.	DURÉE du CHAUFFAGE.	LIMITE ÉLASTIQUE.	CHARGE MAXIMUM.	ALLONGEMENT.	SECTION CONTRACTÉE.
		ACIER AU CREUSET N° 5			
degrés.	minutes.	kilos.	kilos.		
0	0	20,5	33,1	39,7	0,211
650	10	19,7	36,1	35,4	0,201
700	10	»	49,2	16,6	0,335
750	10	33,4	52,4	14,8	0,361
800	10	30,7	61,6	12,7	0,524
900	10	»	74,9	10,2	0,462
1000	10	»	85,6	7,8	0,524
		ACIER AU CREUSET N° 6			
0	0	25	39	36,9	0,287
650	10	30,1	46,1	23,7	0,319
700	10	32,1	49,5	13,3	0,368
800	10	»	78,2	7,2	0,635
900	10	»	84,2	4,8	0,611
1000	10	»	102,2	4,5	0,705
		ACIER AU CREUSET N° 7			
0	0	27,1	40,7	34,5	0,287
600	10	26,7	40,1	33,5	0,257
700	10	37,5	54,6	20,2	0,294
800	10	37,5	51,4	18,3	0,188
900	10	37,5	51,4	25,6	0,188
1000	10	38,5	55,6	13,8	0,257
		ACIER AU CREUSET N° 8			
0	0	24,6	31	40,2	0,188
600	10	23,4	34,7	36,7	0,170
650	10	23,5	36,6	30,8	0,214
700	10	24,6	36,8	29,3	0,131
800	10	26,8	38,5	22	0,228
900	10	25,7	38,5	26,2	0,201
1000	10	24,6	37,9	25,8	0,201

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU N° VI. — Essais à la traction. — Trempe à l'eau froide.

TEMPÉRATURE du CHAUFFAGE.	DURÉE du CHAUFFAGE.	LIMITE ÉLASTIQUE.	CHARGE MAXIMUM.	ALLONGEMENT.	SECTION CONTRACTÉE.
		ACIER AU CREUSET N° 9			
degrés.	minutes.	kilos.	kilos.		
0	0	30,6	51,4	24,1	0,446
650	10	28,5	53,4	21,4	0,396
700	10	30,7	54,4	22,5	0,405
800	10	»	171,1	0,8	0,984
800	10	»	159,1	1,3	0,942
900	10	»	165,1	1,7	0,970
		ACIER AU CREUSET N° 10			
0	0	35,9	63,1	26,7	0,430
650	10	34,5	61,7	24,4	0,450
700	10	34,5	63,1	20	0,459
800	10	»	166,2	0,5	1
900	10	»	90,2	»	1 M
1000	10	»	87,5	»	1 M
		ACIER AU CREUSET N° 11			
0	0	28,7	44,7	19,3	0,473
600	10	28,7	47,4	23,3	0,524
650	10	32,5	50,2	18	0,491
700	10	»	107,1	5,6	0,831
800	10	»	142,5	6,6	0,804
900	10	»	85,5	»	1 M
1000	10	»	133,7	»	1 M
		ACIER AU CREUSET N° 12			
0	0	25,1	44	22,3	0,501
600	10	22	46,8	20,6	0,556
650	10	32	55,4	13	0,589
700	10	64,4	82,7	10,8	0,490
800	10	66,4	74,6	11	0,412
900	10	70,8	89,5	11,1	0,483

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU N° VII. — Essais à la traction. — Trempe à l'huile froide.

TEMPÉRATURE du CHAUFFAGE.	DURÉE du CHAUFFAGE.	LIMITE ÉLASTIQUE.	CHARGE MAXIMUM.	ALLONGEMENT.	SECTION CONTRACTÉE.
		ACIER MARTIN N° 1			
degrés.	minutes.	kilos.	kilos.		
0	0	35,4	43,6	33,6	»
680	5	36,1	43,9	33,3	»
720	5	38,1	53,5	24,3	»
760	5	36,1	57,8	24,3	»
800	5	34,7	57,8	22,7	»
870	5	38,1	49,2	24,2	»
910	5	38,7	58,9	19,4	»
1050	5	36,7	48,8	15,2	»
		ACIER MARTIN N° 2			
0	0	42,7	58,2	25	»
710	5	42,7	68,5	26,5	»
745	5	46,7	69,6	17,2	»
780	5	46,7	74,9	15,2	»
830	5	46,7	78,1	17,4	»
870	5	51,4	71	14,6	»
910	5	50,8	80,3	13	»
1060	5	48,8	80,3	13	»
		ACIER MARTIN N° 3			
0	0	42,1	61	24,2	»
690	5	41,4	68,5	27,5	»
740	5	54,1	77,6	12,3	»
780	5	56,8	80,3	13,3	»
830	5	57,5	84,3	7,6	»
920	5	59,5	82,4	10	»
1050	5	56,8	81,3	10	»
		ACIER MARTIN N° 4			
0	0	51,4	74,5	21,9	»
700	5	52,1	74,9	22,6	»
730	5	»	90,4	8,3	»
780	5	»	114,3	9,8	»
825	5	»	117,2	7,6	»
920	5	»	108,9	7,5	»
1050	5	»	118	2,8	»

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU N° VIII. — Essais à la flexion. — Trempe à l'huile froide.

TEMPÉRATURE du CHAUFFAGE.	DURÉE du CHAUFFAGE.	LIMITE DE PROPORTIONNALITÉ. Charge.	LIMITE DE PROPORTIONNALITÉ. Flèche.	CHARGE MAXIMUM.	ANGLE de RUPTURE.
		ACIER AU CREUSET N° 1			
degrés.	minutes.	kilos.	millimètres.	kilos.	degrés.
0	0	400	13,4	900	0 (1)
750	10	525	13,6	1250	0
800	10	500	13,5	1210	0
900	10	550	13,5	1250	0
1000	10	560	13,5	1170	0
		ACIER AU CREUSET N° 2			
0	0	525	13,5	725	0
700	10	850	13,8	1350	0
800	10	850	13,8	1475	0
900	10	850	13,8	1400	0
		ACIER AU CREUSET N° 3			
0	0	475	13,5	900	0
700	10	650	13,5	1180	0
700	30	650	13,5	1150	0
750	10	750	13,6	1460	5
750	30	800	13,7	1750	38
800	10	1075	13,7	1975	0
		ACIER AU CREUSET N° 4			
0	0	450	13,2	1250	0
700	10	1500	14,1	2800	112
700	30	1950	13,9	3325	92
750	10	2125	14,5	3550	120
750	30	1950	14,4	3400	97
800	10	1975	14,3	3350	141

(1) Les barreaux pour lesquels l'angle de rupture a été marqué 0 ont pu être pliés à bloc, après l'essai, à la presse hydraulique, sans se rompre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU N° IX. — Essais à la flexion. — Trempe à l'huile froide.

TEMPÉRATURE du CHAUFFAGE.	DURÉE du CHAUFFAGE.	LIMITE DE PROPORTIONNALITÉ.		CHARGE MAXIMUM.	ANGLE de RUPTURE.
		Charge.	Flèche.		
		ACIER AU CREUSET N° 5			
degrés.	minutes.	kilos.	millimètres.	kilos.	
0	0	560	13,4	820	0
700	10	550	13,3	900	0
700	30	500	13,3	1100	0
750	10	550	13,4	1050	0
750	30	500	13,4	1100	0
		ACIER AU CREUSET N° 6			
0	0	600	13,5	900	0
700	10	550	13,5	1075	0
700	30	550	13,6	1100	0
750	10	600	13,5	1300	0
750	30	550	13,5	1225	0
800	10	620	13,6	1370	0
		ACIER AU CREUSET N° 7			
0	0	650	13,5	900	0
700	10	850	13,7	1325	0
700	30	825	13,7	1275	0
750	10	800	13,8	1350	0
750	30	800	13,6	1300	0
800	10	800	13,6	1350	0
		ACIER AU CREUSET N° 8			
0	0	650	13,5	860	0
700	10	725	13,7	1100	0
700	30	750	13,6	1150	0
750	10	700	13,7	1150	0
750	30	700	13,7	1075	0
800	10	700	13,6	1050	0
900	10	700	13,7	1200	0

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU N° X. — Essais à la flexion. — Trempe à l'huile froide.

TEMPÉRATURE du CHAUFFAGE.	DURÉE du CHAUFFAGE.	LIMITE DE PROPORTIONNALITÉ.		CHARGE MAXIMUM.	ANGLE de RUPTURE.
		Charge.	Flèche.		
		ACIER AU CREUSET N° 9			
degrés.	minutes.	kilos.	millimètres.	kilos.	degrés.
0	0	650	13,5	1450	0
700	10	675	13,5	1800	0
800	10	2150	14,9	3875 R (1)	155
900	10	2500	15,3	3950 R	159
		ACIER AU CREUSET N° 10			
0	0	675	13,5	1600	0
700	10	1375	14,3	2925 R	166
800	10	1900	14,7	3800	136
900	10	2650	15,3	4750 R	155
		ACIER AU CREUSET N° 11			
0	0	650	13,5	1275	0
700	10	700	13,7	1375	0
800	10	1150	14	1975	0
900	10	1175	14	2100	0
		ACIER AU CREUSET N° 12			
0	0	750	13,6	1280	0
700	10	890	13,8	1680	0
800	10	1450	14,2	1950	0
900	10	1500	14,2	2175	0

(1) Les barreaux marqués R se sont brisés pendant l'essai de flexion; ils n'ont donc pas atteint la flèche de 21 millimètres; pour un certain nombre de ces barreaux, la limite de proportionnalité coïncide avec la rupture.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU N° XI. — Essais à la flexion. — Trempe à l'eau froide.

TEMPÉRATURE du CHAUFFAGE.	DURÉE du CHAUFFAGE.	LIMITE DE PROPORTIONNALITÉ.		CHARGE MAXIMUM.	ANGLE de RUPTURE.
		Charge.	Flèche.		
		ACIER AU CREUSET N° 1			
degrés.	minutes.	kilos.	millimètres.	kilos.	degrés.
0	0	400	13,4	900	0
700	10	580	13,5	1400	0
800	10	600	13,5	1325	0
900	10	700	13,7	1550	0
		ACIER AU CREUSET N° 2			
0	0	525	13,5	725	0
700	10	775	13,7	1275	0
800	10	850	13,8	1450	0
900	10	750	13,7	1350	0
1000	10	680	13,6	1150	0
		ACIER AU CREUSET N° 3			
0	0	475	13,5	900	0
600	10	500	13,6	950	0
650	10	500	13,6	975	0
700	10	1300	14,1	2325 R	166
750	10	1200	14,2	2050 R	172
800	10	1250	14,2	2325 R	176
850	10	1525	14,2	2375 R	145
900	10	1600	14,3	2425 R	149
		ACIER AU CREUSET N° 4			
0	0	450	13,2	1250	0
600	10	525	13,3	1250	0
700	10	500	13,3	1300	0
750	10	2320	14,7	2320 R	177
800	10	2175	14,6	2175 R	178
850	10	2850	15,2	2850 R	178
900	10	2840	15,3	2840 R	177
1000	10	2850	15,5	2850 R	178

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU N° XII. — Essais à la flexion. — Trempe à l'eau froide.

TEMPÉRATURE du CHAUFFAGE.	DURÉE du CHAUFFAGE.	LIMITE DE PROPORTIONNALITÉ.		CHARGE MAXIMUM.	ANGLE de RUPTURE.
		Charge.	Flèche.		
		ACIER AU CREUSET N° 5			
degrés.	minutes	kilos.	millimètres.	kilos.	degrés.
0	0	560	13,4	820	0
650	10	575	13,5	925	0
700	10	700	13,7	1400	0
800	10	750	13,8	1500	20
900	10	700	14	1400	0
		ACIER AU CREUSET N° 6			
0	0	600	13,5	900	0
650	10	625	13,6	1100	0
700	10	725	13,6	1650	68
800	10	1075	14	2175	0
900	10	1900	14,6	2975	0
		ACIER AU CREUSET N° 7			
0	0	650	13,5	900	0
650	10	675	13,7	1100	0
700	10	900	13,9	1850	0
800	10	825	13,8	1800	0
900	10	825	13,8	1675	0
		ACIER AU CREUSET N° 8			
0	0	650	13,5	860	0
650	10	700	13,6	950	0
700	10	700	13,6	1250	0
800	10	675	13,6	1250	0

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU N° XIII. — Essais à la flexion. — Trempe à l'eau froide.

TEMPÉRATURE du CHAUFFAGE.	DURÉE du CHAUFFAGE.	LIMITE DE PROPORTIONNALITÉ. Charge.	LIMITE DE PROPORTIONNALITÉ. Flèche.	CHARGE MAXIMUM.	ANGLE de RUPTURE.
		ACIER AU CREUSET N° 9			
degrés.	minutes.	kilos.	millimètres.	kilos.	degrés.
0	0	650	13,5	1450	0
650	10	660	13,6	1825	0
700	10	575	13,6	1900	0
750	10	1875	14,8	2875 R	177,5
800	10	2900	15,2	4875 R	170
900	10	3275	15,6	5300 R	169
1000	10	3100	15,5	4375 R	177
		ACIER AU CREUSET N° 10			
0	0	675	13,5	1275	0
650	10	800	13,7	1750	0
700	10	650	13,6	1750	0
750	10	2950	15,4	3850 R	178
800	10	3375	15,6	5300 R	175
900	10	3075	15,3	4700 R	175
1000	10	3575	15,9	3575 R	178
		ACIER AU CREUSET N° 11			
0	0	650	13,5	1275	0
650	10	675	13,7	1475	0
700	10	750	13,7	1950	66
750	10	1050	14	2350 R	172
800	10	1325	14,4	2150 R	146
900	10	1200	14,1	2500 R	139
1000	10	2450	15	3700 R	175
		ACIER AU CREUSET N° 12			
0	0	750	13,6	1280	0
650	10	680	13,6	1490	5
700	10	675	13,6	1600	45
750	10	1300	14,1	2175	104
800	10	1625	14,4	2375	0
900	10	1775	14,4	2750	90
1000	10	2400	14,9	3900 R	175

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU N° XIV. — Essais au choc. — Trempe à l'huile froide.

TEMPÉRATURE du CHAUFFAGE.	DURÉE du CHAUFFAGE.	ANGLE DE PLOYAGE. 1er CHOC hauteur 0m,50.	2e CHOC hauteur 0m,75.	3e CHOC hauteur 1m.	4e CHOC hauteur 1m,25.	5e CHOC hauteur 1m,50.	6e CHOC hauteur 1m,75.
		ACIER AU CREUSET N° 1					
degrés.	minutes.	degrés.	degrés.	degrés.	degrés.	degrés.	degrés.
0	0	159	132	98	»	»	»
750	10	163	141	112	82	»	»
800	10	161	135	105	70	»	»
900	10	161	133	101	»	»	»
		ACIER AU CREUSET N° 2					
0	0	158	129	92	»	»	»
700	10	165	144	117	87	»	»
800	10	160	134	104	66	»	»
900	10	163	141	111	82	»	»
		ACIER AU CREUSET N° 3					
0	0	163	142	114	82	»	»
700	10	166	150	129	103	»	»
750	10	169	156	139	118	93	»
800	10	170	157	142	122	98	»
900	10	169	156	139	118	92	»
1000	10	168	152	131	108	80	»
		ACIER AU CREUSET N° 4					
0	0	168	153	135	120 R	»	»
700	10	170	154	136	121 R	»	»
750	10	175	169	162	152	152 R	»
800	10	175	169	160	150	137 R	»
900	10	176	170	162	152	151 R	»
1000	10	174	167	158	147	132	111 R

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU N° XV. — Essais au choc. — Trempe à l'huile froide.

TEMPÉRATURE du CHAUFFAGE.	DURÉE du CHAUFFAGE.	ANGLE DE PLOYAGE. 1er CHOC hauteur 0m,50.	2e CHOC hauteur 0m,75.	3e CHOC hauteur 1m.	4e CHOC hauteur 1m,25.	5e CHOC hauteur 1m,50.	6e CHOC hauteur 1m,75.
		ACIER AU CREUSET N° 5					
degrés.	minutes.	degrés.	degrés.	degrés.	degrés.	degrés.	degrés.
0.	0	158	130	95	»	»	»
700	10	163	141	113	82	»	»
800	10	164	144	120	91	»	»
900	10	165	146	121	92	»	»
		ACIER AU CREUSET N° 6					
0	0	158	131	101	66	»	»
700	10	161	136	113	79	»	»
800	10	163	144	119	90	»	»
900	10	166	148	125	101	68	»
		ACIER AU CREUSET N° 7					
0	0	158	131	98	65	»	»
700	10	162	138	111	79	»	»
800	10	160	136	106	71	»	»
900	10	163	140	112	78	»	»
		ACIER AU CREUSET N° 8					
0	0	159	131	96	»	»	»
700	10	161	138	104	72	»	»
800	10	161	138	105	69	»	»
900	10	160	138	103	68	»	»

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU N° XVI. — Essais au choc. — Trempe à l'huile froide.

TEMPÉRATURE du CHAUFFAGE.	DURÉE du CHAUFFAGE.	ANGLE DE PLOYAGE. 1er CHOC hauteur 0m,50.	2e CHOC hauteur 0m,75.	3e CHOC hauteur 1m.	4e CHOC hauteur 1m,25.	5e CHOC hauteur 1m,50.	6e CHOC hauteur 1m,75.
		ACIER AU CREUSET N° 9					
degrés.	minutes.	degrés.	degrés.	degrés.	degrés.	degrés.	degrés.
0	0	168	152	132	109	81	»
700	10	167	151	131	108	80	»
750	10	174	168	160	150	140 R	»
800	10	173	166	157	145	130 R	»
900	10	176	172	168 R	»	»	»
1 000	10	172	162	152	138	123 R	»
		ACIER AU CREUSET N° 10					
0	0	166	150	130	106	79	»
700	10	166	150	130	107	82	»
800	10	176	172	166	159	150 R	»
900	10	176	173	170	166	161	160 R
1 000	10	177	174	170	165	160	157 R
		ACIER AU CREUSET N° 11					
0	0	163	143	117	87	»	»
750	10	168	154	136	115	93	»
800	10	169	155	139	118	95	»
900	10	168	154	136	109	91	»
1 000	10	170	159 R	»	»	»	»
		ACIER AU CREUSET N° 12					
0	0	165	145	121	92	»	»
700	10	170	158	143	123	96	»
750	10	169	155	139	119	94	»
800	10	170	157	141	121	96	»
900	10	171	157	141	121	97	»
1 000	10	172	161	148	131	111	87

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU N° XVII. — Essais au choc. — Trempe à l'eau froide.

TEMPÉRATURE du CHAUFFAGE.	DURÉE du CHAUFFAGE.	ANGLE DE PLOYAGE. 1er CHOC hauteur 0m,50.	2e CHOC hauteur 0m,75.	3e CHOC hauteur 1m.	4e CHOC hauteur 1m,25.	5e CHOC hauteur 1m,50.	6e CHOC hauteur 1m,75.
		ACIER AU CREUSET N° 1					
degrés.	minutes.	degrés.	degrés.	degrés.	degrés.	degrés.	degrés.
0	0	159	132	98	»	»	»
600	10	159	131	93	»	»	»
700	10	162	140	101	»	»	»
750	10	165	130 R	»	»	»	»
800	10	166	147	122	91 C	»	»
		ACIER AU CREUSET N° 2					
0	0	158	129	92	»	»	»
600	10	160	130	101	69	»	»
700	10	165	145	120	91	»	»
800	10	163	142	116	83	»	»
900	10	164	142	116	83	»	»
900	10	165	144	118	87	»	»
1 000	10	164	145	120	88	»	»
		ACIER AU CREUSET N° 3					
0	0	163	142	114	82	»	»
700	10	164	145	121	92	»	»
900	10	171	159	144	124	101	»
1 000	10	169	156	141 R	»	»	»
		ACIER AU CREUSET N° 4					
0	0	168	153	135	120 R	»	»
700	10	R	»	»	»	»	»
800	10	R	»	»	»	»	»
900	10	R	»	»	»	»	»
1 000	10	R	»	»	»	»	»

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU N° XVIII. — Essais au choc. — Trempe à l'eau froide.

TEMPÉRATURE du CHAUFFAGE.	DURÉE du CHAUFFAGE.	ANGLE DE PLOYAGE. 1er CHOC hauteur 0m,50.	2e CHOC hauteur 0m,75.	3e CHOC hauteur 1m.	4e CHOC hauteur 1m,25.	5e CHOC hauteur 1m,50.	6e CHOC hauteur 1m,75.
		ACIER AU CREUSET N° 5					
degrés.	minutes.	degrés.	degrés.	degrés.	degrés.	degrés.	degrés.
0	0	158	130	95	»	»	»
600	10	160	135	102	»	»	»
700	10	165	146	123	94	»	»
800	10	166	150	129	105	78	»
900	10	171	160	146	130	110	83
1 000	10	170	159	145	127	104	78
		ACIER AU CREUSET N° 6					
0	0	158	131	101	»	»	»
700	10	161	137	109	76	»	»
800	10	162	140	113	82	»	»
900	10	173	163	149	131	111	»
1 000	10	173	166	155	141	124	103
		ACIER AU CREUSET N° 7					
0	0	158	131	98	»	»	»
700	10	167	150	129	104	75	»
800	10	167	152	133	113	79	»
900	10	166	149	127	101	73	»
1 000	10	170	158	143	121	96	»
		ACIER AU CREUSET N° 8					
0	0	159	131	96	»	»	»
600	10	160	138	103	»	»	»
700	10	160	138	102	»	»	»
800	10	161	139	110	76	»	»
1 000	10	161	138	107	70	»	»

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU N° XIX. — Essais au choc. — Trempe à l'eau froide.

TEMPÉRATURE du CHAUFFAGE.	DURÉE du CHAUFFAGE.	ANGLE DE PLOYAGE. 1er CHOC hauteur 0m.50.	2e CHOC hauteur 0m.75.	3e CHOC hauteur 1m.	4e CHOC hauteur 1m,25.	5e CHOC hauteur 1m,50.	6e CHOC hauteur 1m,75.
		ACIER AU CREUSET N° 9					
degrés.	minutes.	degrés.	degrés.	degrés.	degrés.	degrés.	degrés.
0	0	168	152	132	109	81	»
650	10	167	152	133	112	86	»
700	10	167	150	130	107	80	»
800	10	177	174	172 R	»	»	»
900	10	177	172 R	»	»	»	»
1 000	10	177	174	170	167 R	»	»
		ACIER AU CREUSET N° 10					
0	0	166	150	130	106	78	»
650	10	167	151	132	124	104	»
700	10	166	150	130	107	82	»
800	10	178 R	»	»	»	»	»
900	10	178 R	»	»	»	»	»
1 000	10	178 R	»	»	»	»	»
		ACIER AU CREUSET N° 11					
0	0	163	143	117	87	»	»
650	10	163	145	117	95	»	»
700	10	164	145	116	93	»	»
800	10	172	162	149	128	109 C	85 R
900	10	170	157	142	122	99	»
1 000	10	176 R	»	»	»	»	»
		ACIER AU CREUSET N° 12					
0	0	165	145	121	92	»	»
650	10	166	149	127	97	»	»
700	10	164	156	131	108	81	»
800	10	174	168	160	152	141	137
900	10	173	165	154	140	123	98
1 000	10	175	170	162	153	140	135

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les résultats groupés dans ces tableaux sont susceptibles d'être interprétés

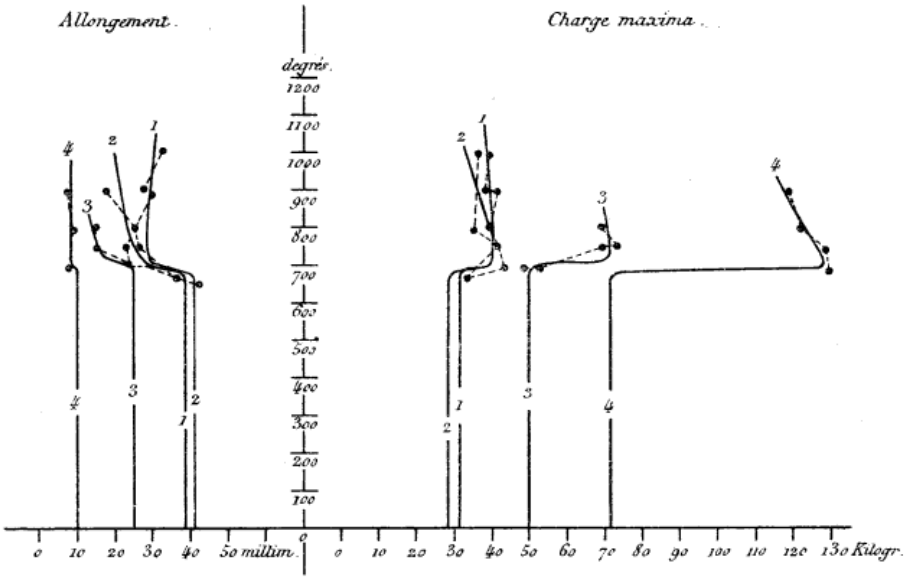


Fig. 17. — Influence de la température de trempe sur la résistance et l'allongement à la traction des aciers aux creusets nos 1, 2, 3 et 4 (trempe à l'huile).

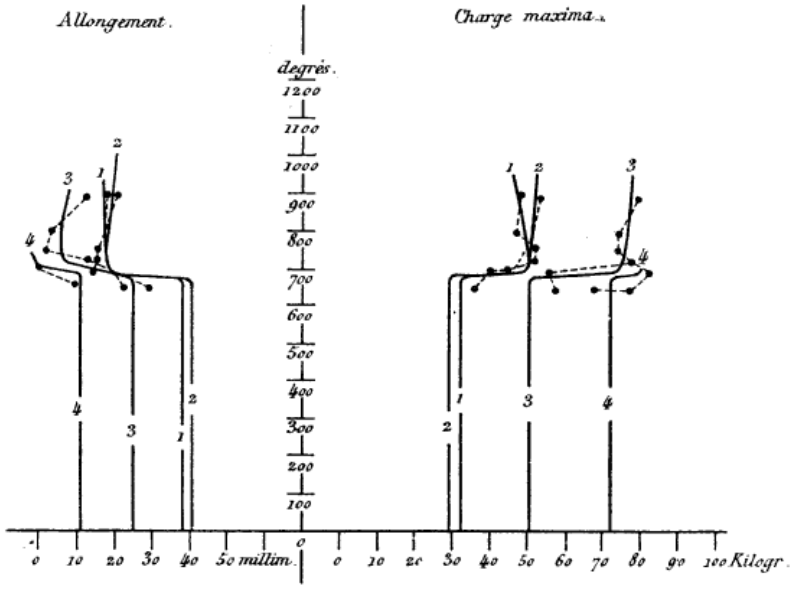


Fig. 18. — Influence de la température de trempe sur la résistance et l'allongement des aciers au creuset nos 1, 2, 3 et 4 (trempe à l'eau).

graphiquement. La figure 17 représente l'influence de la température de trempe sur les résultats de l'essai de traction pour les aciers au creuset nos 1, 2, 3, 4,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans le cas de la trempe à l'huile. On a porté en ordonnées les températures de chauffage avant trempe; en abscisses, sur la droite, les valeurs des charges maxima, et en abscisses, sur la gauche, les valeurs des allongements après rupture.

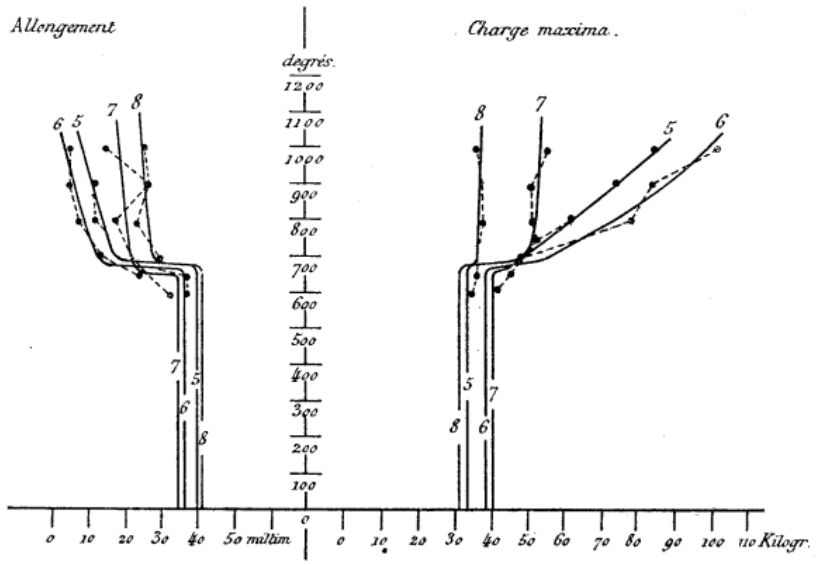


Fig. 19. — Influence de la température de trempe sur la résistance et l'allongement des aciers au creuset nos 5, 6, 7 et 8 (trempe à l'eau).

La figure 18 représente les résultats relatifs aux mêmes aciers dans le cas de la trempe à l'eau.

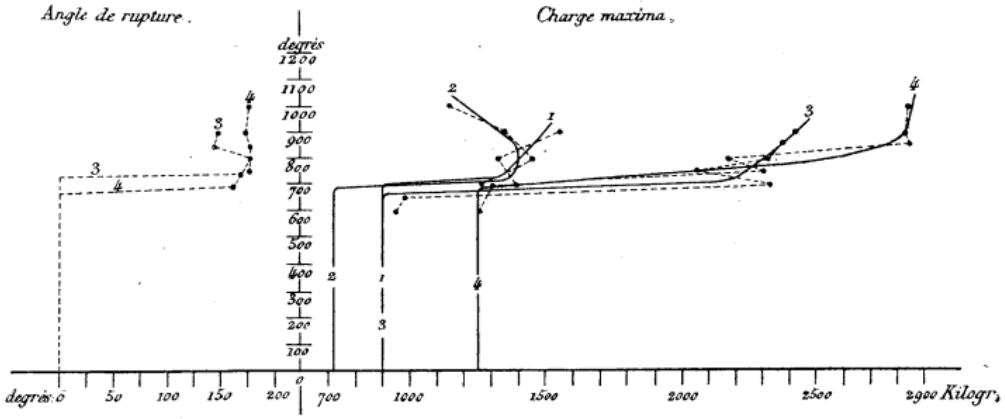


Fig. 20. — Influence des températures de trempe sur la résistance à la flexion des aciers au creuset nos 1, 2, 3 et 4 (trempe à l'eau).

La figure 19 représente les résultats relatifs à l'essai de traction pour les aciers au creuset nos 5, 6, 7, 8, dans le cas de la trempe à l'eau.

La figure 20 représente les résultats relatifs à l'essai de flexion pour les aciers

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

au creuset nos 1, 2, 3, 4, dans le cas de la trempe à l'eau. On a porté en ordonnées les températures; en abscisses, sur la droite, les charges maxima et, sur la gauche, les angles de rupture.

La figure 21 représente les diagrammes de choc relatifs aux barreaux de la série 10 dans le cas de la trempe à l'huile.

Sur la figure 22 on a réuni les différentes courbes représentant les variations des propriétés des barreaux de la série 1 trempés à diverses températures.

Les courbes 1 et 2 sont les courbes d'échauffement et de refroidissement montrant les trois points critiques a_1, a_2, a_3.

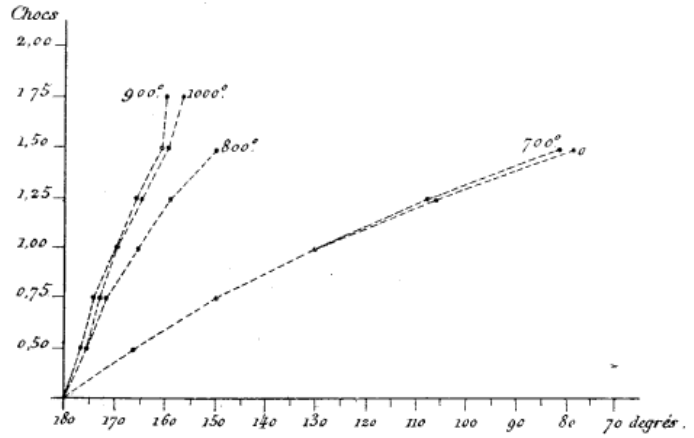


Fig. 21. — Diagrammes de choc des barreaux de la série 10 (trempe à l'huile).

Enfin la figure 23 réunit également quelques courbes relatives à l'acier au creuset n° 10.

Les nombres contenus dans les tableaux qui précèdent suggèrent un grand nombre de remarques; nous n'indiquerons ici que les plus importantes.

1° En ce qui concerne l'*influence de la température de trempe*, on arrive à un résultat remarquablement simple. Dans la majeure partie des cas, la variation des propriétés se produit presque complètement dans un étroit intervalle de température au-dessus de 700°. La trempe, après chauffage à une température inférieure à 700°, ne produit en général pas d'effet appréciable; au-dessus de 750°, ou tout au moins de 800°, on obtient les mêmes résultats, quelle que soit la température.

Pour les aciers durs cependant, la trempe aux températures élevées donne de mauvais résultats, surtout dans le cas de la trempe à l'eau; le métal se trouve détérioré par un chauffage énergique. Pour quelques aciers au contraire, certaines propriétés, notamment la résistance à la traction, augmentent d'une façon continue avec la température de trempe. Ce résultat est particulièrement marqué pour

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'acier au creuset n° 6. On peut remarquer qu'il ne se produit pas du tout dans les aciers au carbone ; il est très net au contraire dans certains aciers extra-doux

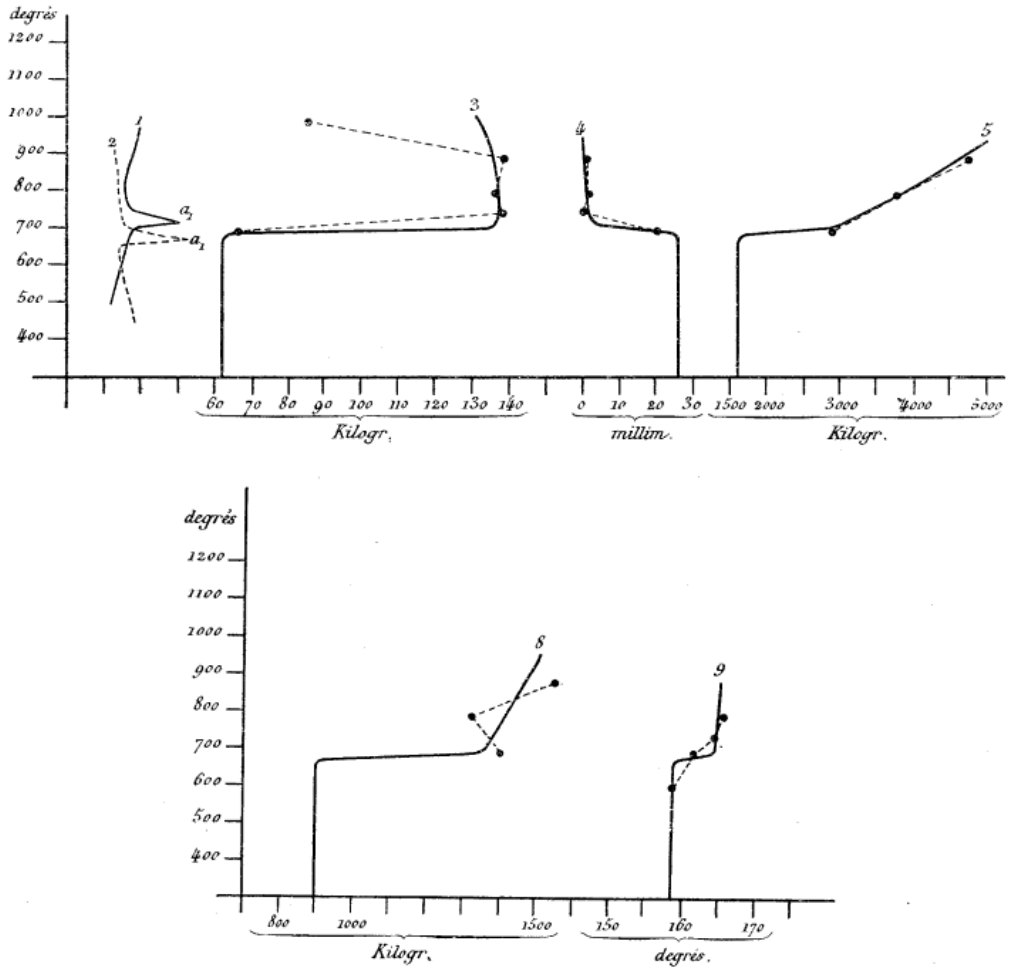


Fig. 22. — Courbes représentatives des variations des propriétés des barreaux de la série 1 trempés à différentes températures.

Courbe 3. — Variation de la charge maximum (traction).. . . . . } Trempe à l'huile.
Courbe 4. — Variation de l'allongement après rupture. . . . . }
Courbe 5. — Variation de la charge maximum (flexion). . . . . }
Courbe 6. — Variation de la charge de rupture par traction. . . . . }
Courbe 7. — Variation de l'allongement après rupture . . . . . } Trempe à l'eau.
Courbe 8. — Variation de la charge maximum (flexion). . . . . }
Courbe 9. — Variation de la raideur évaluée par l'angle de ployage au premier choc . . . . . }

contenant d'autres éléments que le fer, enfin il apparaît un peu dans les aciers contenant à la fois du carbone et d'autres éléments que le fer, mais il est masqué par la modification de 700°, qui est beaucoup plus considérable.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

A côté de la trempe de 700°, correspondant au phénomène thermique de la recalescence, et qui intervient presque seule dans tous les aciers étudiés, on voit

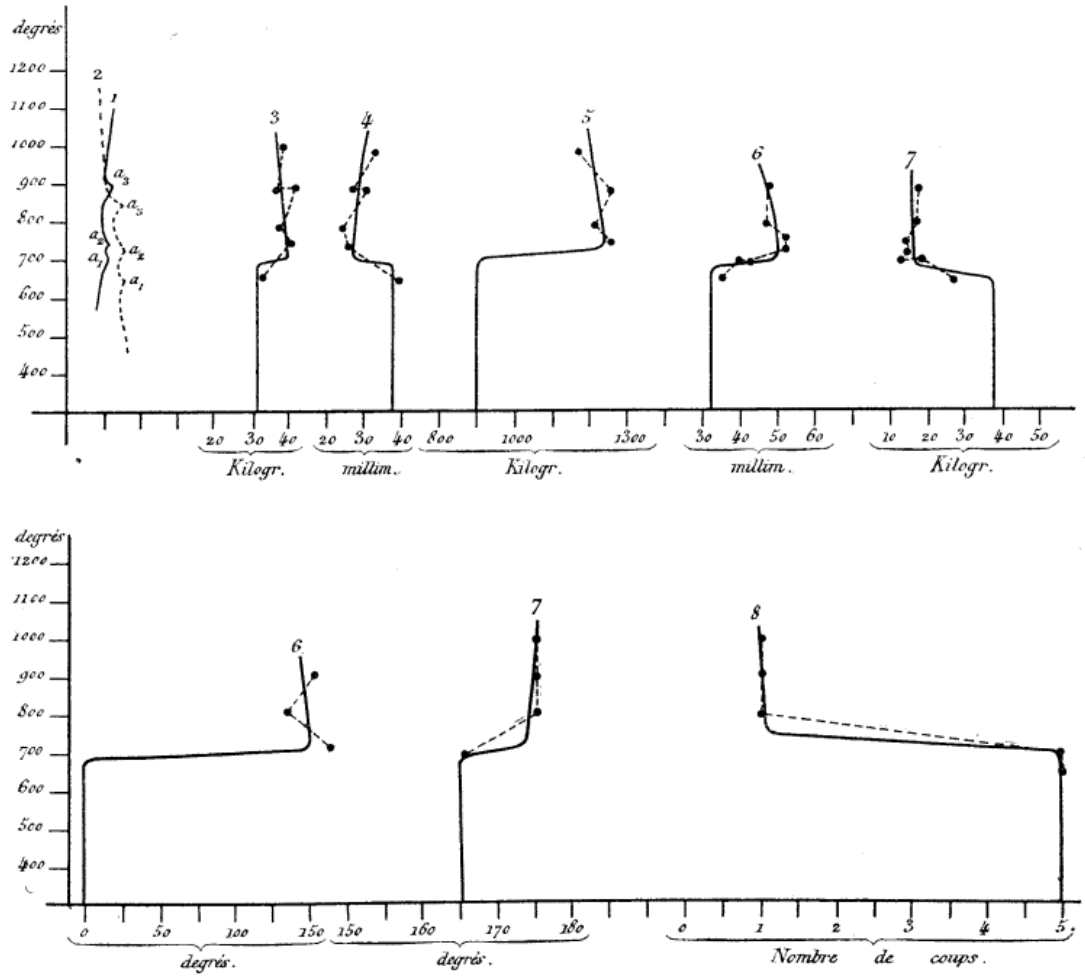


Fig. 23. — Courbes représentatives des variations des propriétés des barreaux de l'acier au creuset n° 10.

Courbes 1 et 2. — Vitesses d'échauffement et de refroidissement . . . . . } Trempe à l'huile.
Courbe 3. — Variation de la charge maximum (traction). . . . . }
Courbe 4. — Variation de l'allongement après rupture. . . . . }
Courbe 5. — Variation de la charge maximum (flexion) . . . . . }
Courbe 6. — Variation de l'angle de rupture (flexion). . . . . }
Courbe 7. — Variation de la raideur (mesurée par l'angle de ployage au premier choc) . . . . . } Trempe à l'eau.
Courbe 8. — Variation de la fragilité (mesurée par le nombre de coups de mouton supportés). . . }

donc apparaître un deuxième effet de la trempe, ne présentant plus la même localisation dans l'échelle des températures, et se produisant sur les alliages du fer avec d'autres métaux. Ce deuxième effet pourrait prendre une importance prépondérante dans les alliages à forte teneur en nickel, en manganèse, etc., que

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'on commence à employer dans l'industrie, et pour lesquels le phénomène de la trempe n'aurait plus la même allure que pour les aciers au carbone.

2° Les différents aciers employés, ainsi que les différents procédés de trempe (huile ou eau), donnent des résultats de même nature qui ne diffèrent que par leur intensité. On obtient toujours, par la trempe, une élévation de la limite élastique, de la résistance à la traction ou à la flexion, de la raideur; l'allongement après rupture diminue ainsi que la striction. Seule, la fragilité semble diminuer pour les aciers moyennement durs et augmenter pour les aciers durs. A ce propos il faut signaler l'influence bienfaisante des métaux autres que le fer (aciers 9, 10, 11, 12), qui est surtout marquée dans les résultats des essais au choc.

3° La grandeur de la variation des propriétés mécaniques produite par la trempe dépend surtout de la vitesse du refroidissement et de la composition de l'acier. L'élément le plus important à ce point de vue est le carbone. Les autres éléments considérés ne communiquent pas à l'acier la faculté de prendre la trempe en l'absence du carbone (aciers 5, 6, 7, 8), mais ces éléments exagèrent beaucoup la grandeur de la variation des propriétés que produit la trempe en présence d'une proportion modérée de carbone (aciers 9, 10, 11, 12). Les aciers contenant du nickel, du tungstène, du manganèse ou du chrome acquièrent par la trempe la même résistance que des aciers plus riches en carbone, sans devenir aussi fragiles et aussi cassants.

CHAPITRE V

ESSAIS DIVERS

a. *Influence du recuit préalable. — Trempes positives et négatives.* — Les métaux employés ont été préalablement recuits à haute température. Pour cela, les éprouvettes étaient placées dans une caisse en fer, recouvertes de chaux en poudre, et chauffées dans un fourneau à vent à une température qui atteignait environ 1 150°. On les laissait ensuite refroidir dans le fourneau même, de façon que la durée du refroidissement fût d'au moins cinq à six heures.

Quelques essais effectués avant ce traitement avaient conduit à des résultats anormaux qu'il semble important de signaler : pour les aciers durs, il est nécessaire d'opérer un recuit de ce genre si l'on veut les avoir sous un état qui ne soit pas modifié par le chauffage précédant la trempe.

Si, en effet, le métal conserve des traces d'écrouissage ou de trempe (qui se produit, pour les aciers durs, par simple refroidissement à l'air), le chauffage au-dessous du point de trempe produira l'effet d'un recuit, et on pourra observer, dans certaines conditions de trempe, une variation des propriétés inverse de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

celle qui se produit généralement. On aura donc adouci le métal, c'est-à-dire produit ce que l'on a appelé quelquefois une « trempe négative ».

Par exemple, voici les résultats observés pour l'acier au creuset n° 4 : Le métal primitif donnait à la traction 86^{kil},7 de charge de rupture, 9,2 d'allongement, et 0,833 pour la section contractée ; le même métal, trempé à l'eau après avoir été chauffé pendant 10' à 650°, donnait 70 kilos de charge maximum, 11,1 d'allongement, 0,531 de section contractée, soit les mêmes caractéristiques que l'on trouve pour le métal recuit, et que la trempe à 650° ne modifie pas sensiblement. (Voir les tableaux, chapitre IV.)

Dans l'essai à la flexion, on obtenait, pour le même métal non recuit : charge maximum 2320 kilos, angle de rupture, 147°, et après trempe à l'eau à 650°, charge maximum, 1600 kilos, angle de rupture, 90°.

Enfin, dans l'essai au choc, le métal n° 4 donnait au premier coup 175° ; au deuxième, la rupture sous un angle de 167°. Après trempe à l'huile à 600°, le métal supportait trois chocs, et cassait sous un angle de 140°. Enfin, après trempe à l'huile à 750°, le métal supportait 5 chocs, et cassait sous un angle de 138°.

Ces résultats correspondaient bien à une trempe négative, mais ces anomalies ont complètement disparu lorsqu'on eut pris la précaution de recuire les barreaux à haute température en les laissant refroidir lentement ; il en a été de même pour les autres métaux. Je crois pouvoir conclure de là *qu'il n'y a pas lieu de distinguer des trempes positives et des trempes négatives*. La trempe agit toujours dans le même sens ; quand elle semble adoucir le métal, c'est probablement parce que ce métal était primitivement écroui ou trempé partiellement, et que le chauffage, n'ayant pas atteint le point de trempe, a agi comme recuit.

b. *Essais sur le recuit.* — Je n'ai pas effectué l'étude complète du recuit ; je citerai seulement quelques expériences faites pour vérifier que l'effet de la trempe disparaît avant qu'on ait atteint la température de transformation. Les recuits étaient effectués dans le four électrique ; le refroidissement durait environ une demi-heure.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Essais de traction.

TRAITEMENT DU MÉTAL.	LIMITE ÉLASTIQUE.	CHARGE MAXIMUM.	ALLONGEMENT.	SECTION CONTRACTÉE.
ACIER AU CREUSET N° 1. — CHAUFFÉ 10′ à 800° ET TREMPÉ A L'EAU				
	kil.	kil.		
Non recuit	32,1	48,2	17,4	0,378
Recuit 10′ à 600° . . .	22,5	32,1	38	0,294
— 10′ à 700° . . .	22,5	31,0	38,3	0,294
— 30′ à 700° . . .	21,9	31,7	33	0,294
— 10′ à 750° . . .	21,8	32,1	38,3	0,294
— à 1100° (1). . .	21,8	32,3	38,4	0,295
ACIER AU CREUSET N° 2. — CHAUFFÉ 10′ A 800° ET TREMPÉ A L'EAU				
	kil.	kil.		
Non recuit	39,2	50,1	20,5	0,304
Recuit 10′ à 500° . . .	23,9	30,4	40	0,190
— 10′ à 600° . . .	23,9	29,5	40,8	0,204
— 10′ à 700° . . .	20,6	29,5	40,6	0,204
— 10′ à 800° . . .	21,7	28,6	40,3	0,260
— à 1100°	21	29,1	40,4	0,240

(1) Nous marquons ainsi les barreaux recuits au fourneau à vent et refroidis en plusieurs heures.

Essais au choc.

TRAITEMENT DU MÉTAL.	1er CHOC.	2e CHOC.	3e CHOC.	4e CHOC.	5e CHOC.
ACIER AU CREUSET N° 3. — CHAUFFÉ 10′ A 800° ET TREMPÉ A L'EAU					
	degrés.	degrés.	degrés.	degrés.	degrés.
Non recuit	170	157	142	122	98
Recuit 10′ à 450° . . .	171	158	141	119	95
— 10′ à 600° . . .	169	154	134	111	»
— 10′ à 700° . . .	164	147	124	96	»
— à 1100°	163	142	114	82	»

c. *Essais sur la double trempe.* — Différents métallurgistes ont recommandé, pour le travail de l'acier, notamment de l'acier mi-dur, le procédé que l'on désigne sous le nom de double trempe. Ce procédé consiste à tremper, d'abord en chauffant au-dessus du point de trempe, puis à réchauffer la pièce un peu au-dessous du point de trempe, à 600° environ, et à la refroidir brusquement de nouveau. *A priori*, on ne voit pas quel pourrait être l'effet de ce deuxième refroidissement,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

puisqu'il ne peut empêcher aucune transformation. J'ai fait à ce sujet quelques essais résumés dans les tableaux suivants :

Essais de traction.

TRAITEMENT DU MÉTAL.	LIMITE ÉLASTIQUE.	CHARGE MAXIMUM.	ALLONGEMENT.	SECTION CONTRACTÉE.
ACIER AU CREUSET N° 4. — CHAUFFÉ 10′ A 750° ET TREMPÉ A L'EAU				
	kilos.	kilos.		
Recuit 10′ à 600°, refroidi lentement.	68,5	80,4	12,9	0,553
— 10′ à 600°, trempé à l'eau. .	65,1	78,6	13,3	0,531
— 10′ à 650° refroidi lentement.	54,2	67,1	13,6	0,511
— 10′ à 650°, trempé à l'eau. .	55,1	69,2	12,9	0,511

Essais au choc.

TRAITEMENT DU MÉTAL.	1er CHOC.	2e CHOC.	3e CHOC.	4e CHOC.	5e CHOC.
ACIER AU CREUSET N° 4. — CHAUFFÉ 10′ A 750° ET TREMPÉ A L'EAU					
	degrés.	degrés.	degrés.	degrés.	degrés.
Recuit 10′ à 600°, refroidi lentement.	172	162	149	127	107
— 10′ à 600°, trempé à l'eau.. .	171	160	148	128	108
— 10′ à 650°, refroidi lentement.	171	159	144	125	110
— 10′ à 650°, trempé à l'eau. . .	170	158	143	122	108

D'après ces résultats, il n'y a donc aucune différence dans les résultats obtenus, soit par double trempe, soit par recuit suivi d'un refroidissement lent.

d. *Importance des transformations du fer et du carbone.* — Il est intéressant, au point de vue théorique, de chercher à savoir quelle est la part de chacune des transformations correspondant aux différents points critiques dans la modification des propriétés mécaniques de l'acier par la trempe.

L'étude des propriétés des aciers doux, après trempe à diverses températures, donne déjà des indications sur ce sujet. On voit, en effet, que la trempe est à peu près complète à 750°, c'est-à-dire que la transformation correspondant au point a_3 (860°) ne semble avoir aucune influence sur les propriétés mécaniques. Pour la transformation correspondant au point a_2, il est plus difficile de conclure, quoique l'allure de la courbe semble indiquer que la trempe est complète avant 750°. Mais la transformation de 740° étant caractérisée par le palier rectiligne du diagramme de traction, on peut chercher directement à apprécier son importance.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le véritable moyen serait de tremper de façon à produire la transformation du carbone et pas celle du fer ; mais ce résultat, qui aurait tranché définitivement entre les opinions de M. Osmond et celles de la plupart des autres métallurgistes est très difficile à obtenir. Pour avoir une certitude quelconque, il faut, en effet, non pas seulement chercher à réaliser des conditions de trempe susceptibles de produire cet effet, mais aussi constater, après l'opération, qu'on a bien réalisé le résultat cherché. Or, dans le cas des aciers doux, où les températures de transformation sont distinctes, l'essai colorimétrique Eggertz perd toute sensibilité et ne peut servir à caractériser la transformation du carbone ; et, d'autre part, dans les aciers durs, les deux transformations se produisent à la même température. J'ai cherché, dans ce dernier cas, à séparer les deux transformations en faisant varier les conditions de chauffage et de trempe, mais sans y parvenir d'une façon satisfaisante. Cependant, l'ensemble des résultats obtenus dans ces essais est assez instructif. Il est résumé dans le tableau suivant (l'acier employé était de l'acier Martin n° 4) :

TEMPÉRATURE du CHAUFFAGE.	DURÉE du CHAUFFAGE.	BAIN DE TREMPE.	CHARGE MAXIMUM.	ALLONGEMENT P. 100.	LONGUEUR DU PALIER rectiligne.	TENEUR EN CARBONE (Eggertz).
degrés.	minutes.		kilos.		centimètres.	
720	5	Eau bouillante.	70,2	17	2,2	0,63
700	30	Huile froide.	70,6	20,2	1,9	0,63
700	60	—	70,6	17,8	2,2	0,63
700	30	—	71,9	20	2	0,63
700	5	—	73,8	19,3	1,7	0,63
700	30	—	74	18,7	2	0,63
700	5	—	74,9	22,6	1	0,63
700	30	Eau bouillante.	76,	17,5	2	0,63
720	5	Huile froide.	76	17,7	1,7	0,63
700	5	Eau bouillante.	76,4	18,3	0,7	0,63
700	5	—	77	18	2	0,63
750	5	—	81,3	13	1,2	0,60
750	30	—	81,3	13,5	1,3	0,60
740	5	Huile froide.	86,4	8,3	0	0,47
720	30	—	90,3	11,5	0,5	0,47
800	5	Eau bouillante.	96,7	8,5	0	0,46
800	5	Huile froide.	98,4	0,7 M	0	0,40
750	5	—	108,1	8,9	0	0,46
750	30	—	108,1	8	0	0,46
920	5	—	108,9	7,5	0	0,39
780	5	—	114,3	9,8	0	0,39
825	5	—	117,2	7,6	0	0,39
1050	5	—	118	2,8	0	0,39
850	5	Eau froide.	126,1	0,4	0	0,35

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les barreaux ont été rangés dans l'ordre de grandeur de leurs charges de rupture. On voit que la transformation du fer correspondant à la disparition du palier se produit à peu près en même temps que la transformation du carbone. Mais cette dernière s'accentue à mesure que la charge de rupture, et, par suite, le degré de trempe augmente, tandis que la transformation du fer est complète dans tous les barreaux présentant plus de 80 kilog. de charge maximum.

Ceci conduit à conclure que la transformation du fer, qui est caractérisée par le palier rectiligne du diagramme de traction, n'a qu'une faible influence sur la résistance du métal, qui est au contraire augmentée par la transformation du carbone.

Enfin, les diagrammes contenus dans la figure 16 conduisent à la même conclusion : des aciers ne différant que par la longueur du palier, c'est-à-dire le degré de transformation du fer, présentent la même résistance à la traction. Il faut signaler cependant que cette transformation du fer, correspondant à une variation de volume, peut jouer un rôle important dans les grosses pièces incomplètement trempées en déterminant des tensions internes qui peuvent modifier considérablement les propriétés mécaniques de l'ensemble.

CONCLUSIONS

Les résultats les plus importants qui se dégagent de l'étude contenue dans ce mémoire, comparés avec les nombreux travaux auxquels avait déjà donné lieu le phénomène de la trempe, peuvent se résumer comme il suit :

Au point de vue théorique, la trempe doit être considérée comme agissant sur les propriétés mécaniques de l'acier, en empêchant certaines transformations physico-chimiques, et plaçant le métal dans un état hors d'équilibre. Les autres influences semblent négligeables vis-à-vis de celle de ces modifications.

Dans les aciers étudiés, les transformations sont probablement au nombre de trois (1). Elles se produisent à des températures distinctes dans les aciers doux, et à la même température (*recalescence*) dans les aciers durs (contenant plus de 0,4 p. 100 de carbone). Ces transformations sont :

1° La transformation du carbone de recuit en carbone de trempe, que l'on peut caractériser au moyen de l'essai colorimètre d'Eggertz, et qui semble avoir l'influence prépondérante sur la variation des propriétés mécaniques (2).

(1) Ce résultat est d'accord avec les recherches de M. Osmond. M. Arnold, dans un remarquable travail récemment publié, trouve plus de trois points critiques dans les aciers doux, mais il attribue les points autres que a_1 a_2 a_3 à la présence d'éléments tels que le soufre : il n'est donc pas étonnant que les aciers employés, qui ne contiennent que des traces de soufre, ne présentent pas ces particularités.

(2) Cette conclusion est contraire aux opinions émises par M. Osmond, et connues sous le nom de théorie du fer β. Elle est d'accord avec les idées de MM. Howe, Hadfield, Arnold, etc.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2° Une transformation que l'on peut regarder comme un changement d'état allotropique ou d'état cristallin (1) du fer, caractérisée par la présence ou l'absence d'un palier rectiligne dans les diagrammes d'essai mécanique.

Ce changement d'état ne semble pas avoir, par lui-même, d'action sensible sur la résistance mécanique, mais peut agir en développant des tensions internes par suite de la variation de volume qui lui correspond.

3° Une transformation, que l'on peut regarder comme un deuxième changement d'état allotropique du fer, et dont l'influence n'apparaît pas du tout dans les essais mécaniques ; elle se manifeste seulement par un dégagement de chaleur durant le refroidissement, et, d'après M. Curie, par une modification des propriétés magnétiques.

Les transformations inverses s'effectuent pendant le recuit à une température notablement inférieure à celle de la recalescence.

Au point de vue pratique, pour les aciers considérés, la trempe s'effectuera complètement dans un même intervalle de température assez restreint, quel que soit le procédé de refroidissement. Cette conclusion ne semble pas devoir s'étendre aux aciers spéciaux contenant une forte proportion d'éléments autres que le fer. Mais, pour les aciers au carbone et les aciers ne contenant pas plus de 1 p. 100 de métaux étrangers, on peut dire d'une manière générale que, en chauffant au-dessous de 700°, on ne trempe pas ; en chauffant au-dessus de 750°, ou tout au moins de 800°, une élévation de température ne donnera aucun bénéfice, et pourra même être nuisible dans certains cas.

Les différences entre les températures de trempe des divers aciers sont trop petites pour qu'on ait à en tenir compte pratiquement ; elles sont négligeables vis-à-vis des différences qui se produisent forcément dans le chauffage. La trempe dans différents milieux doit également être considérée comme devant se faire en partant d'une même température ; la nature du liquide de trempe ne change que la grandeur des modifications obtenues.

Toutes les propriétés mécaniques sont modifiées dans le même sens, quelles que soient les conditions de trempe, à condition que l'on parte d'un acier préalablement recuit ; les trempes négatives, que l'on a cru observer quelquefois, nous semblent être des apparences attribuables au travail antérieurement subi par le métal.

La marche si simple du phénomène de la trempe que l'on vient d'indiquer a été observée dans des expériences portant sur des barreaux d'essai de petite dimension ; les *lois indiquées correspondent au phénomène élémentaire à la trempe de pièces de dimensions négligeables*. Dans la trempe des pièces de

(1) M. Arnold déduit de ses études micrographiques que la transformation de 740° est une cristallisation du fer. Les cristaux brisés par écrouissage réapparaissent après recuit au-dessus de 750°.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dimensions notables, les résultats seront compliqués par ce fait que la transformation se propagera à partir de la surface avec une vitesse qui dépend des conditions de l'expérience. On pourrait traiter ce phénomène par le calcul, avec beaucoup de difficultés d'ailleurs et sans grand intérêt pour le moment, étant donné le nombre des grandeurs qui resteraient indéterminées. Le but que l'on doit chercher à atteindre est de tremper la pièce à cœur, c'est-à-dire de ne pas avoir des parties inégalement transformées entre lesquelles se produiraient des tensions. C'est pour atteindre ce résultat qu'il faut modifier la température de chauffage et le mode de refroidissement. La détermination de ces grandeurs, c'est-à-dire, de ce qu'on a appelé quelquefois la *formule de travail* d'un acier, doit donc être faite principalement d'après la forme et les dimensions de la pièce à tremper.

NOTE I

Four électrique pour essais de trempe.

L'appareil employé dans les expériences qui font l'objet de ce mémoire est d'une assez grande complication, mais le même principe peut être employé à réaliser des appareils plus simples quand on ne recherche pas la même précision. Voici, en particulier, un dispositif peu compliqué, susceptible d'être appliqué aux essais de trempe et à la trempe des petites pièces.

Le four comprend encore un tube en terre réfractaire de 45 à 50 centimètres de long, sur lequel est enroulé un fil de platine; le tout est enveloppé d'amiante tassée dans un large tube métallique. Le four ne peut pas tourner autour de son axe; il est simplement monté sur pivot de façon à pouvoir être placé horizontalement ou verticalement. Une feuille de cuivre double l'intérieur du tube, et facilite l'égalisation de température; des cylindres d'amiante permettent de boucher les deux extrémités pour éviter les courants d'air dans la position verticale. Une dérivation est montée sur les spires centrales du fil de platine, celles qui sont placées dans la région où la température est uniforme. Cette dérivation communique avec un volt-mètre assez sensible; dans ces conditions, si l'on connaît l'intensité du courant qui traverse le fil de platine, on a, à chaque instant, une mesure approximative de la résistance du fil de platine, résistance qui est fonction de la température. L'appareil ne comporte donc l'usage d'aucun pyromètre spécial, ce qui simplifie considérablement son emploi. On arrive facilement ainsi à évaluer la température à 15° ou 20° près (1).

Cet appareil, qui peut être manœuvré sans aucune connaissance spéciale, peut rendre des services, notamment en ce qui concerne les essais de trempe pour tôles de chaudières par exemple; il est absolument indispensable, si l'on veut que ces essais aient une signification précise, d'avoir un moyen d'évaluer numériquement la température.

(1) Cet appareil a été construit sur mes indications par M. Jobin, constructeur d'instruments de précision.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

NOTE II

Enregistreur de l'essai de traction.

L'appareil auquel nous nous sommes arrêtés, après divers essais, pour enregistrer le diagramme de l'essai de traction effectué avec la machine Maillard, comprend :

1° Des colliers servant à relier l'appareil au barreau d'essai;

2° Un amplificateur des allongements;

3° Un manomètre enregistreur.

Colliers. — Les colliers sont formés par des pièces rectangulaires, en acier, percées d'un trou à travers lequel on fait passer le barreau. Deux pointeaux, en acier trempé, viennent prendre appui sur le barreau en deux points diamétralement opposés. Le pointeau inférieur est porté par une vis; le pointeau supérieur est appuyé sur le barreau par un ressort à boudin que comprime une charnière fixée sur le collier.

La figure 27 représente l'ensemble d'un collier. Le barreau B est serré entre les deux pointeaux p et p; quand le barreau s'allonge, et diminue de section, le contact est maintenu par le ressort R, que l'on comprime au moyen de la charnière C et de la vis V.

Chaque collier porte extérieurement deux axes g et g', placés suivant le diamètre de l'ouverture circulaire qui est perpendiculaire aux pointeaux. Ces axes servent à recevoir l'appareil d'amplification. Sur l'un des colliers, c_1, ils sont vissés à demeure; sur l'autre c_2, ils pénètrent simplement dans des logements cylindriques de même diamètre, et peuvent être retirés à volonté.

Amplificateur des allongements. — L'amplificateur comprend deux pièces en bronze B_1, B_2 (fig. 24, 25 et 26), qui s'écartent l'une de l'autre d'une longueur égale à l'allongement du barreau. Pour cela, elles sont portées par quatre tiges d'acier t_1, t_1, t_2, t_2, reliées aux axes g_1, g_1, g_2, g_2. Les tiges t_2, t_2 sont invariablement liées à la pièce B_2; les tiges t_1 t_1 traversent la pièce B_1, à laquelle elles peuvent être reliées par les vis de pression v_1, v_1, et pénètrent dans des ouvertures pratiquées dans la pièce B_2. De cette façon, lorsque c_2 s'écartera de c_1, la pièce B_1 restera immobile, et B_2 suivra le mouvement de c_2 en coulissant sur les tiges t_1, t_1.

Ce dispositif, relativement compliqué, a été adopté dans le but d'obtenir un appareil suffisamment massif pour qu'on n'ait pas à craindre de déformations, et dont le mouvement, parfaitement guidé, soit relié d'une façon bien déterminée aux déformations du barreau. On voit facilement que les colliers c'_1 et c_2 restent toujours parallèles entre eux, et que, si le barreau a été centré par rapport aux deux colliers, les pièces B_1 et B_2 s'écartent d'une longueur qui est égale à l'allongement moyen des deux génératrices $P_1 P'_1$, $P_2 P'_2$. On élimine donc ainsi les erreurs qui peuvent se produire par suite d'une déformation dissymétrique du barreau, circonstance qui se présente fréquemment, comme l'a démontré M. Bauschinger.

La pièce B^1 porte une tige verticale A, qui peut tourner autour de son axe. A cette tige, se trouvent fixés deux secteurs métalliques S et S', de dimensions différentes. Le plus petit S, de $0^m,020$ de rayon, est relié à la pièce B_1 par un ruban d'acier très flexible. L'allongement du barreau produit donc, grâce à cette intermédiaire, une rotation proportionnelle de l'axe A. Le secteur S', placé à la partie supérieure, et qui a

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

$0^m,060$ de rayon, transmet cette rotation, par un fil, au cylindre du manomètre enregistreur, qui tourne ainsi autour de son axe proportionnellement à l'allongement du

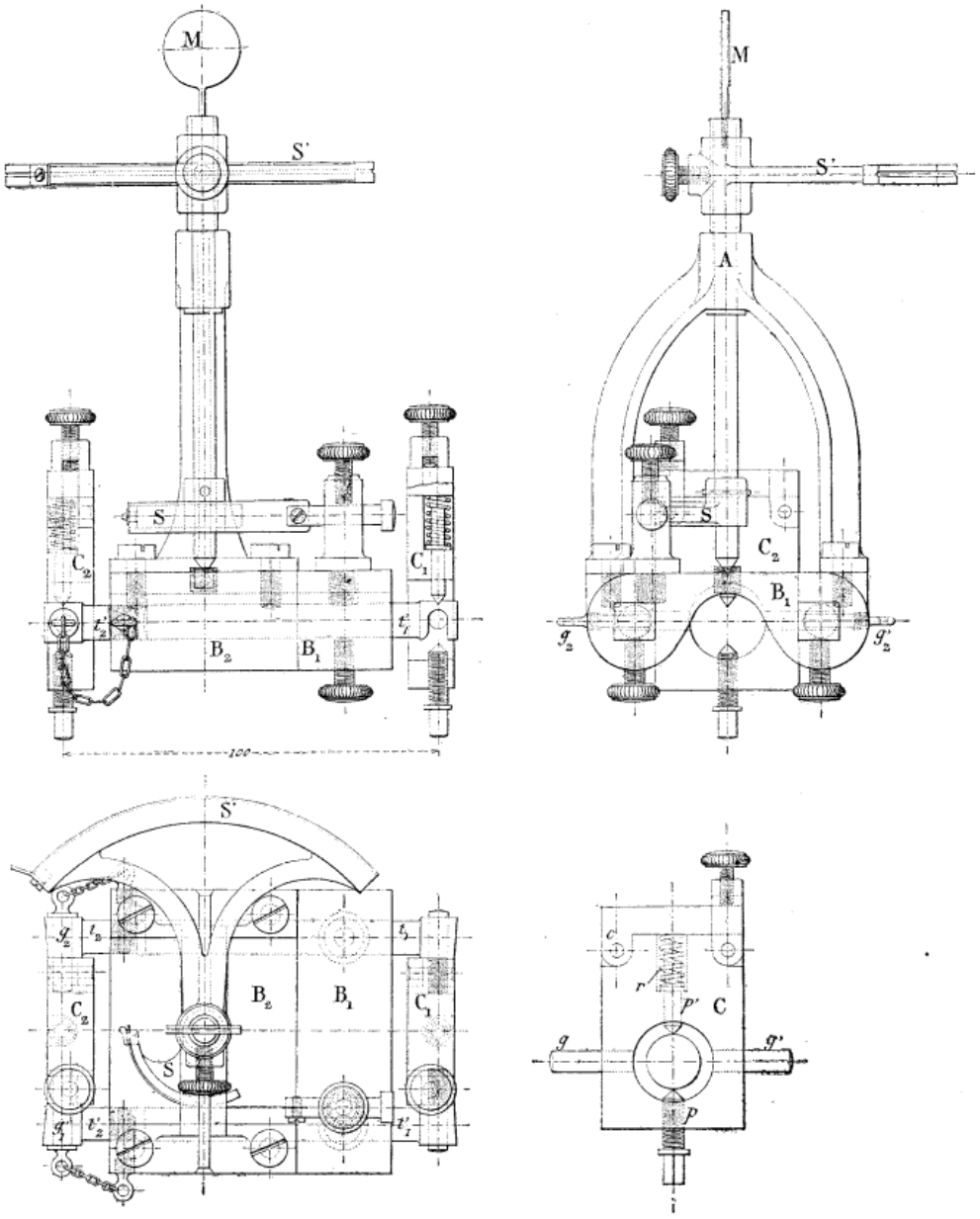


Fig. 24 à 27. — Appareil amplificateur des allongements vues de côté et par bout, plan et détail d'un collier.

barreau. Le mouvement de rotation de la tige A peut, en outre, être étudié d'une façon plus précise par la méthode optique de Poggendorf. Pour cela, un miroir M est fixé à la partie supérieure de A.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Fig. 28. — Amplificateur des allongements. Ensemble de l'appareil.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans le modèle actuellement en service au Laboratoire central de la Marine, le rayon de S est $0^m,020$, celui de S' $0^m,060$; le fil, partant de S', s'enroule sur une poulie de 12^{mm}, 3 de rayon. Le diagramme représente donc les allongements avec une amplification de 22/1.

D'autre part, si on observe la rotation de A au moyen du miroir et d'une lunette placée à 2 mètres de distance, l'amplification est de 200/1. On peut donc apprécier de cette façon le 1/500 de millimètre.

Manomètre enregistreur. — Le manomètre enregistreur est un tube Bourdon qui communique avec l'indicateur de pression de la machine Maillard par l'intermédiaire d'un robinet à pointeau. L'aiguille de ce manomètre porte une plume qui laisse une trace sur le cylindre mis en mouvement par l'amplificateur des allongements. Ce cylindre tend, d'ailleurs, à tourner sous l'influence d'un poids qui maintient constamment les différentes pièces de l'appareil en tension.

Le manomètre et son cylindre sont montés sur une plaque en fonte fixée, au moyen de deux goujons à vis, sur la tige de la presse de la machine Maillard.

La figure 28 représente l'ensemble de l'appareil; on a donné quartier au manomètre enregistreur pour en montrer le détail.

Montage et réglage de l'appareil. — Le manomètre est fixé à demeure sur la ma-

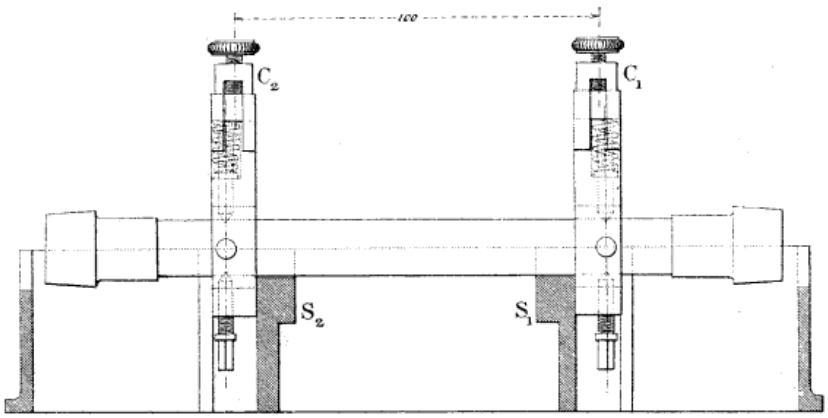


Fig. 29. — Gabarit des colliers.

chine. On le vérifie de temps en temps, par comparaison, avec le manomètre Galy-Cazalat de la machine Maillard. A chaque essai, il faut monter les colliers sur le barreau. Pour faire cette opération rapidement, et en assurant le centrage, on emploie un gabarit en bronze (fig. 29). Ce gabarit présente deux fentes, dans lesquelles on vient placer les colliers. On passe ensuite le barreau à travers les ouvertures circulaires, et on les laisse reposer sur les deux supports *s* et *s'*, qui le centrent par rapport aux colliers. Il n'y plus qu'à amener les pointeaux à vis au contact du barreau, et à fermer les charnières. Le pointeaux se trouvent exactement à $0^m,100$ l'un de l'autre, et le barreau est centré. Cette opération n'est pas plus longue que le traçage des repères à $0^m,100$ de distance, dont elle tient lieu.

Le barreau, muni de son collier, est ensuite monté sur les mordaches de la machine Maillard comme à l'ordinaire, puis on place l'amplificateur sur les colliers et l'on atta-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

che le fil du cylindre enregistreur au secteur S'. On donne quelques secousses à la machine, au moyen d'un maillet en bois, pour que toutes les pièces se mettent bien en tension, et on met le compresseur en marche.

Quand la striction commence à se produire, il est bon de fermer le robinet de communication du manomètre avec l'indicateur de pression, pour éviter la secousse due à la rupture qui, à la longue, endommagerait l'appareil. On peut aussi, à ce moment, enlever l'amplificateur des allongements, ou, tout au moins, desserrer les vis de pression.

La graduation relative aux allongements se vérifie facilement en introduisant entre les pièces B_1 et B_2 des cales d'épaisseur connue.

Il faut remarquer que les mordaches à vis de la machine Maillard ont une tendance à se dévisser pendant l'essai, et que cela fausserait complètement les indications de l'enregistreur. Cet inconvénient est facile à éviter au moyen d'une goupille qui empêche le dévissage des mordaches.

NOTE III

Sur la limite élastique.

La Commission nommée par le ministre des Travaux publics pour étudier l'unification des méthodes d'essais des matériaux de construction a longuement discuté sur la définition qu'il convenait d'adopter pour la limite élastique des métaux. Finalement, elle a adopté trois définitions différentes, savoir :

« *La limite d'élasticité* est la charge maximum, rapportée au millimètre carré de la section primitive, qui ne produit pas d'allongement permanent; c'est-à-dire que, si l'on supprime l'action de cette charge, l'éprouvette revient (en moins d'un quart d'heure) à ses dimensions primitives (à 1/1000 de millimètre près sur 200 millimètres). »

« *La limite d'élasticité proportionnelle* est la charge, rapportée au millimètre carré de la section primitive, au-dessous de laquelle les allongements sont sensiblement proportionnels aux charges (à 1/000 de millimètre près sur 200 millimètres, pour une variation de charge de 1 kilogramme par millimètre carré de la section de l'éprouvette). »

« *La limite apparente d'élasticité* est la charge, rapportée au millimètre carré de la section primitive, au delà de laquelle les allongements commencent à croître sensiblement sans augmentation de l'effort. »

Les deux premières définitions, absolument empiriques, sont inaccessibles en pratique (1); la troisième s'applique parfaitement aux métaux qui donnent un diagramme de traction à palier rectiligne, mais n'existe pas pour les autres, c'est-à-dire pour tous les métaux sauf les fers et aciers recuits.

Ce simple rappel des conventions les plus récentes et les plus autorisées sur la définition de la limite élastique suffira à justifier la réserve que j'ai observée sur ce point dans le cours de ce mémoire.

(1) Les mesures au 1/1000 de millimètre près sont déjà très difficiles à réaliser dans les laboratoires de physique, et avec toutes sortes de précautions impossibles à prendre dans la pratique des essais mécaniques.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

NOTE IV

Diagnose du mode de travail subi par un échantillon d'acier.

D'après les expériences relatives aux transformations du fer et du carbone, on a vu que la transformation du fer, caractérisée par le palier rectiligne du diagramme de traction, se produit spontanément à chaud, et peut être conservée : 1°, par la trempe au-dessus de a_2, et 2°, à froid ou à toute température inférieure au point de transformation par une déformation permanente quelconque. On sait d'ailleurs que la transformation du carbone, caractérisée par l'essai calorimétrique Eggertz, ne se produit que par la trempe, et nullement par l'écrouissage. D'après cela, on pourra avoir une idée du travail subi par une éprouvette de métal, et reconnaître si elle a supporté des manipulations destinées à masquer les véritables propriétés du métal. On procédera de la façon suivante :

On effectuera l'essais de traction avec enregistrement, puis on prélèvera sur le métal un peu de limaille pour effectuer l'essai Eggertz, et on fera un essai comparatif avec de la limaille prélevée sur un fragment du métal préalablement recuit à 700° ou 800° et refroidi lentement. Il peut se présenter trois cas :

1° Le diagramme de traction présente le palier rectiligne. Le métal recuit et le métal primitif donnent la même teneur en carbone Eggertz : le métal primitif avait été recuit et refroidi lentement.

2° Le diagramme de traction ne présente pas de palier rectiligne; les essais Eggertz indiquent la même teneur en carbone : le métal primitif a été écroui à froid, ou du moins, à une température inférieure à 700°; ce qui a pour résultat d'élever la limite élastique et la résistance.

3° Le diagramme de traction ne présente pas de palier rectiligne; le métal recuit donne une teneur plus grande en carbone Eggertz que le métal primitif : le métal primitif a été trempé.

TABLE DES MATIÈRES DES MÉMOIRES DE M. CHARPY

	Pages.	
Introduction.		661
Chapitre I. — Étude des métaux employés.	662	669
Essais chimiques..		662
Détermination des points critiques.		664
Chapitre II. — Description des appareils	669	679
1° Appareil de trempe..		669
2° Appareils d'essais mécaniques		674
Chapitre III. — Étude des transformations du fer et du carbone	679	688
Chapitre IV. — Influence de la température de trempe sur les propriétés mécaniques.	688	713
Chapitre V. — Essais divers.	713	720
a. Influence du recuit préalable. Trempes positives et négatives		713
b. Essais sur le recuit.		714
c. Esssais sur la double trempe..		715
d. Importance des transformations du fer et du carbone		716
Conclusions.		718
Note I. — Four électrique pour essais de trempe.		720
Note II. — Enregistreur de l'essai de traction.		721
Note III. — Sur la limite élastique.		725
Note IV. — Diagnose du travail subi par un échantillon d'acier.		726

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS ÉCONOMIQUES

RAPPORT *fait par M. le* GÉNÉRAL SEBERT *au nom du Comité des Arts économiques sur la* RÈGLE TOPOGRAPHIQUE DE CAMPAGNE, *de M. le capitaine* DELCROIX.

M. le capitaine Delcroix, attaché au service géographique de l'armée, a soumis à la Société d'Encouragement un instrument qu'il a dénommé Règle topographique de campagne, et qu'il a été amené à créer après avoir pris part à une expédition dans le Soudan (1).

Au cours de cette campagne, il avait été appelé à constater combien il est difficile, à un explorateur traversant à cheval une contrée inconnue, d'effectuer, avec les instruments de topographie usuels, les mesures nécessaires pour dresser la carte sommaire de l'itinéraire suivi, et recueillir les données principales indispensables pour faire un levé expédié de la contrée parcourue accompagné de croquis pittoresques ou d'indications de relèvements ou de pentes.

Il a été ainsi conduit à chercher à réaliser un instrument très portatif, pouvant être employé facilement par un voyageur en marche, et réunissant en lui les dispositifs essentiels des principaux instruments usités pour l'exécution des levés d'itinéraires et des levés expédiés, avec déterminations d'angles, d'orientations et d'inclinaisons.

Pour constituer cet instrument, M. le capitaine Delcroix a mis à profit, et il se plaît à le proclamer, les travaux antérieurs de notre regretté collègue le colonel Goulier, ainsi que ceux de M. le colonel Peigné, qui ont été ses maîtres. On retrouve, en effet, dans sa Règle topographique, des dispositions empruntées à des instruments de levé expédié créés par le colonel Goulier, et complétées par l'emploi de la boussole-rapporteur, due à M. le colonel Peigné.

La Règle topographique de campagne, lorsque les organes de visée qu'elle comporte sont repliés, se présente (fig. 1) sous la forme d'un prisme rectangulaire plat en aluminium, qui mesure au plus 14 centimètres de longueur sur 8 de largeur, et peut se placer aisément, comme un portefeuille, dans la poche de côté d'un vêtement.

1. Voir pour la description de cet appareil, *Association française pour l'avancement des sciences*, 22e session, 1893 p. 315, et *Revue d'artillerie*, 1893.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ses bords, taillés en biseau, sont gradués, et donnent des échelles pour la lecture des cartes usuelles et pour la détermination de l'écartement des courbes de niveau, pour les pentes ordinaires, à l'équidistance habituellement adoptée pour les cartes.

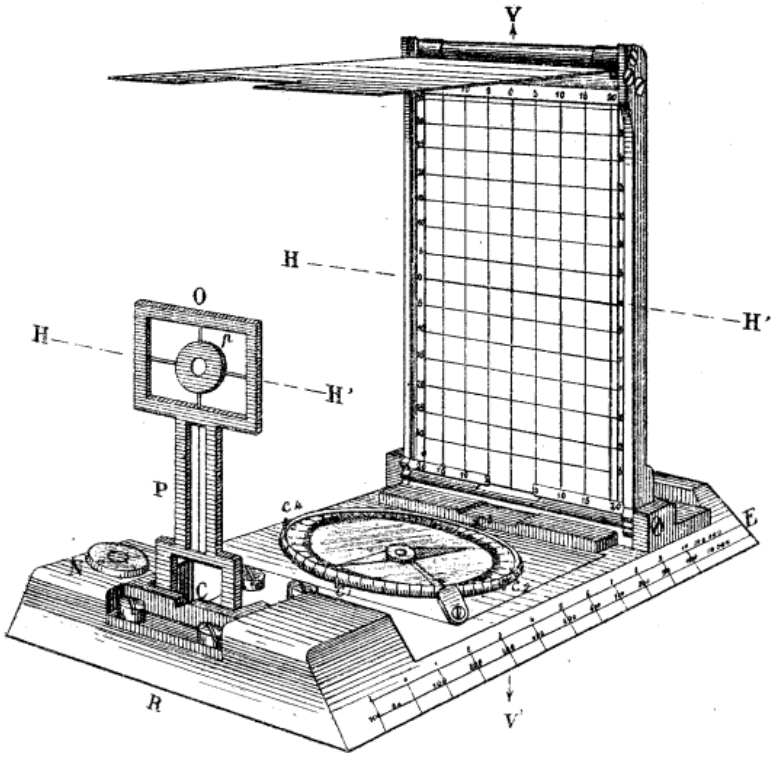


Fig. 1. — Règle topographique du capitaine Delcroix (vue perspective).

INSTRUCTION. — *Angles horizontaux :* 1° A' la boussole. Diriger une des lignes de visée en inclinant ou en levant le miroir. Lire ou enregistrer la graduation marquée par la pointe bleue ou son image, dès qu'elle est immobile. Si on veut rapporter l'angle automatiquement, couvrir le méridien ou la directrice avec l'aiguille, pointe bleue au nord, puis tracer l'angle le long du biseau, dès qu'il passe par le point considéré. 2° Au miroir. Dresser le miroir verticalement, intercaler l'image de la prunelle en cuivre par les axes du miroir perpendiculaire. Aussitôt le miroir immobile, mesurer les angles à droite ou à gauche par leur inclinaison sur la ligne de visée prise comme origine : $i = n/100$. Noter ou rapporter l'angle graphiquement. *Angles verticaux.* Intersecter l'image de la prunelle. Aussitôt le miroir immobile, lire la pente du point visé : $p = n/100$. Multiplier par la distance K pour trouver la différence de niveau $Dn = K \times n/100$. Ajouter dt, hauteur de l'œil, soit 1m,50. Cote V = cote $S + dt \pm Kn/100$. *Télémétrie.* Le miroir, stadimètre horizontal ou vertical, donne la distance du point visé : $D = B \times 100/n$, B étant la hauteur ou la largeur d'une mire, d'un homme, cavalier, bâtiment, front d'une troupe, etc. *Croquis pittoresque.* Agrandir le tableau perspectif du miroir quadrillant la nature... en centimètres par exemple. Placer les points principaux et ombrer. *Réduction des angles à l'horizon.* Reproduire les axes rectangulaires, et joindre au point de vue 10 centimètres les écartements de l'axe vertical.

Sur la partie avant de la Règle, est encastré un niveau sphérique N, à l'usage de la planchette. Sur son grand axe, sont placés (fig. 2 et 3) un cran de mire C et un guidon G, qui déterminent une ligne de visée.

Sur ce grand axe, se trouve placée également une pinnule oculaire PO, se

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

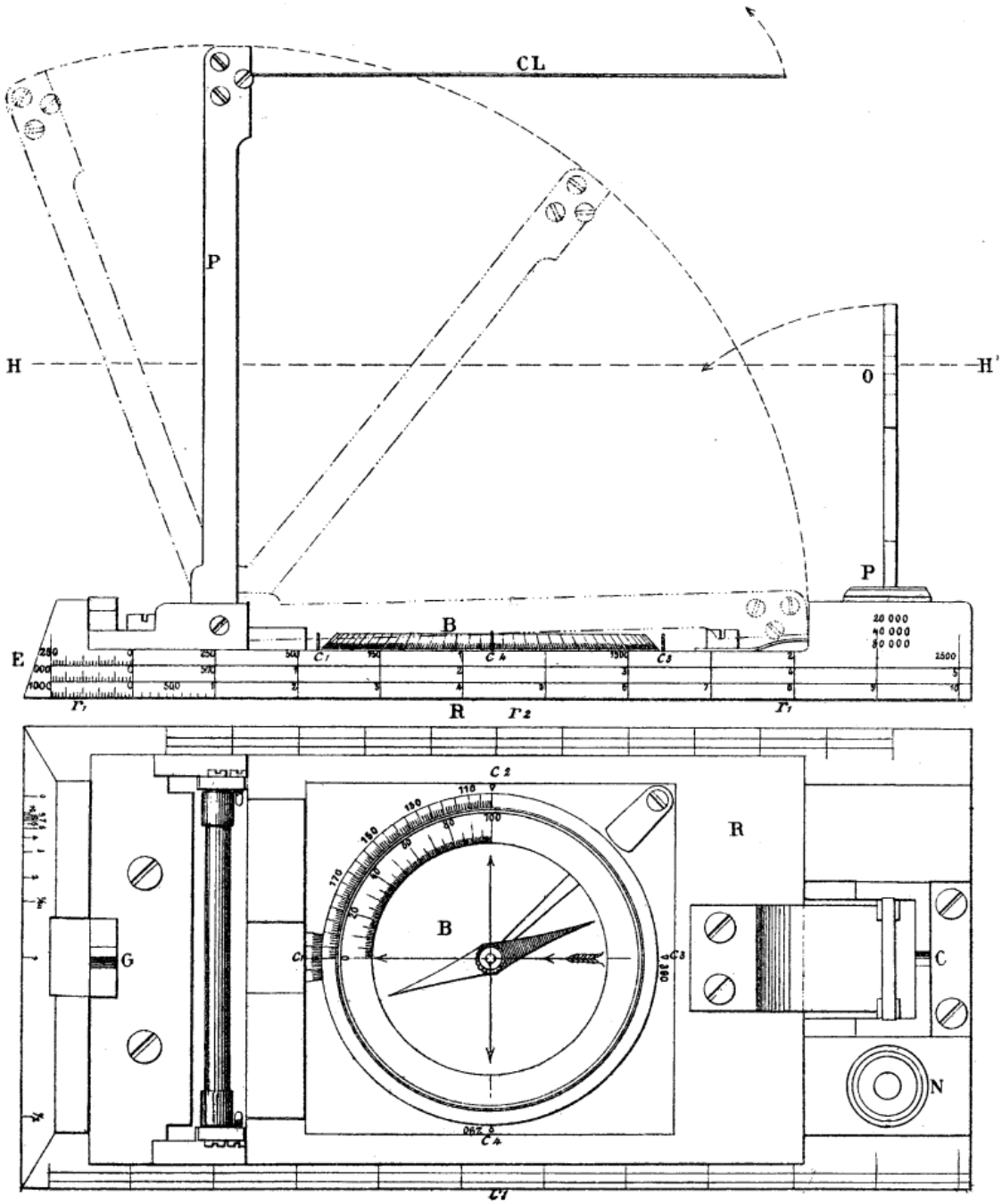


Fig. 2 et 3. — Règle topographique du capitaine Delcroix. Élévation et plan. (Grandeur d'exécution.)

ER base en aluminium, à bords gradués, avec cran de mire C, guidon G, niveau sphérique N, et boussole rapporteur amovible B, c_1, c_2 c_3, c_4; Po, pinules oculaires, avec œilleton de visée o, P', cadre à charnière, avec miroir en verre platiné quadrillé.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rabattant à charnière, et qui porte un œilleton de visée p, et, à 100 millimètres en avant de cette pinnule, est suspendu, dans un portique vertical P′, qui se rabat pour le transport, un miroir perpendiculaire translucide en verre platiné quadrillé en millimètres, sur lequel sont marqués deux axes perpendiculaires HH et VV, déterminant, avec l'œilleton de la pinnule, un plan

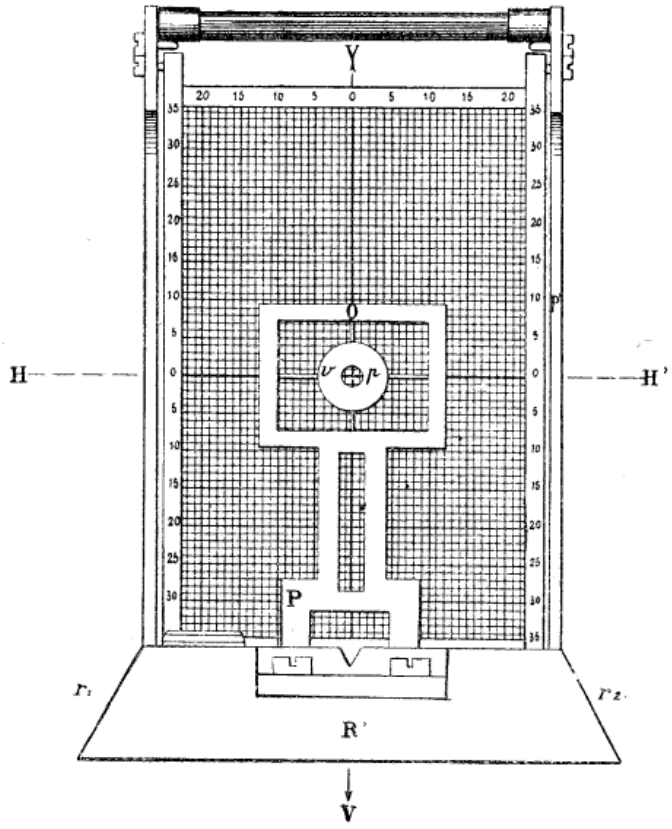


Fig. 4. — Règle topographique du capitaine Delcroix (vue arrière).

horizontal HH′. HH′, parallèle au plan inférieur de la règle, et un plan vertical médian.

Au milieu de la règle, est encastrée (fig. 1 et 2) une boussole rapporteur amovible B, c'est-à-dire, une boussole à limbe gradué rectifiable, dont l'aiguille est placée entre deux glaces transparentes, et dont la boîte présente une forme carrée $c_1c_2c_3c_4$, à côtés parallèles aux côtés de la règle topographique.

Cette disposition permet de supprimer l'emploi du rapporteur et d'effectuer avec précision le report automatique des angles par rapport à la directrice ou au méridien pris comme origine.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La boussole est graduée en grades ou degrés centésimaux, afin de simplifier les calculs. Elle peut être facilement enlevée de son encastrement, et isolée de l'appareil de manière à obtenir une boussole pratique de campagne, absolument indépendante.

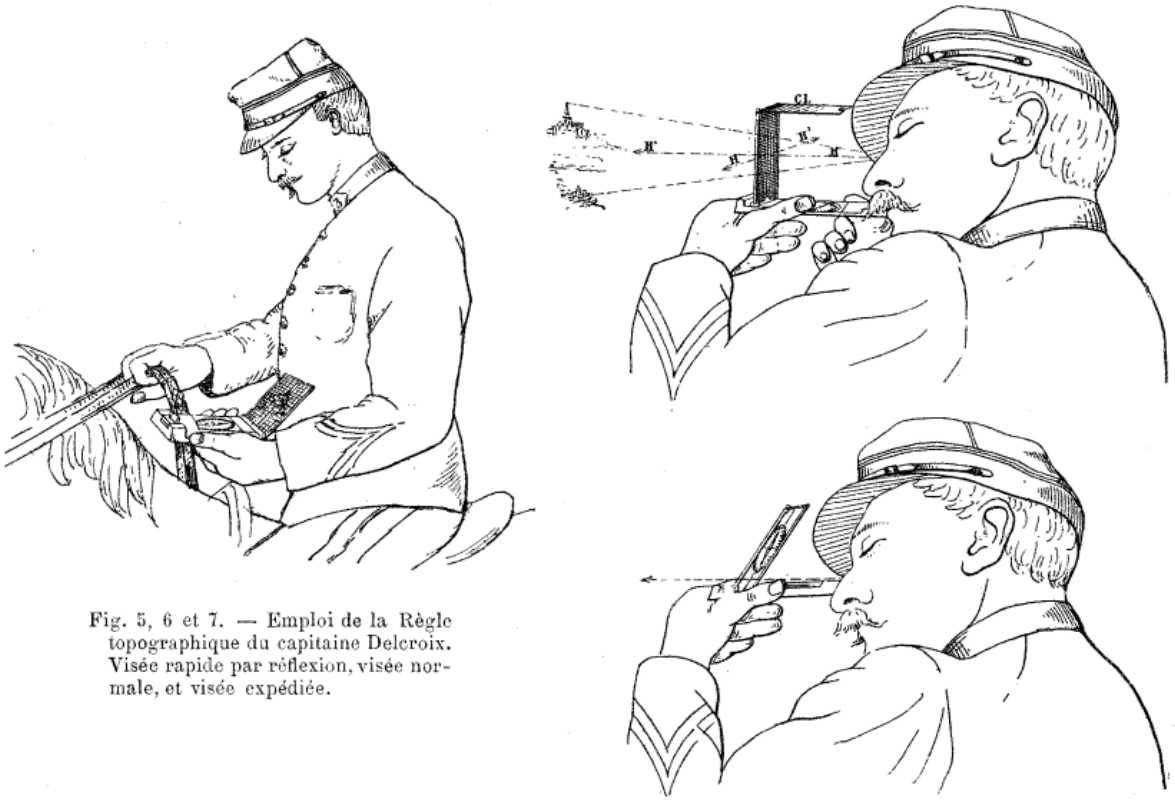


Fig. 5, 6 et 7. — Emploi de la Règle topographique du capitaine Delcroix. Visée rapide par réflexion, visée normale, et visée expédiée.

Le portique vertical qui porte le miroir platiné est monté à charnière de façon à pouvoir prendre diverses inclinaisons.

L'inclinaison en avant à 45 degrés donne une image droite et redressée de la boussole lorsque l'appareil est placée à hauteur de l'œil.

L'inclinaison variable en arrière permet de faire des visées rapides à cheval ou à pied, sans lever l'appareil à hauteur des yeux, mais en le retournant bout pour bout.

Un couvre-lumière en laiton noirci CL sert d'écran aux rayons lumineux verticaux pendant les observations, et protège la glace pendant le transport.

En le relevant de façon à voir le paysage à travers la plaque quadrillée, on obtient immédiatement un tableau de perspective plan, dont le point de vue

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

est à 10 centimètres du centre, et qu'il est facile de reporter en l'agrandissant à une échelle donnée.

On voit, par ces quelques indications et par les figures 5, 6 et 7, que la Règle topographique peut se prêter commodément aux mesures de distances et d'angles sur une carte, et peut, sur le terrain, permettre de trouver l'orientation d'une direction, de mesurer des angles horizontaux, de tracer des directions et déterminer des distances horizontales, de mesurer des angles verticaux et des hauteurs, et de faire des opérations de nivellement avec tracé de courbes de niveau, de résoudre des problèmes de télémétrie et d'appréciation des distances, de relever rapidement des croquis pittoresques et d'opérer des réductions d'angles à l'horizon.

Cet appareil s'adresse par suite aux officiers, aux ingénieurs, aux voyageurs et explorateurs, auxquels il peut rendre d'utiles services.

Il est bien conçu, d'un emploi simple et commode, et permet d'effectuer presque simultanément les diverses opérations élémentaires de topographie, sans fatigue pour l'opérateur et sans difficultés de calculs.

Il peut donc être recommandé à tous ceux qui peuvent être appelés, au cours de voyages ou d'explorations, à relever ou à utiliser des indications topographiques.

Le Comité des Arts économiques vous propose, en conséquence, d'insérer le présent rapport au Bulletin, en joignant à la description sommaire de l'appareil qu'il contient les figures nécessaires pour en montrer la disposition.

Signé : Général Sebert, *rapporteur.*

Approuvé en séance le 10 *mai* 1895.

ARTS ÉCONOMIQUES

Rapport *sur* l'Observatoire météorologique établi au Mont-Blanc *par* M. Joseph Vallot, *présenté, au nom de la Commission des Arts économiques, par* M. J. Violle.

Messieurs,

Le Mont-Blanc est la montagne sacrée de la science. Depuis de Saussure, qui, le premier, séjourna plusieurs heures sur le sommet (3 août 1787), dont il avait frayé la route, jusqu'à M. Janssen qui a eu l'heureuse audace

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de vouloir y installer un observatoire permanent (1891), combien de savants sont venus y chercher la solution de quelque important problème physique !

Aucun n'y a dépensé plus d'énergie, plus de temps, plus d'argent que M. Joseph Vallot. C'est à sa courageuse persévérance qu'est dû le premier observatoire scientifique élevé sur la montagne. « Il faut, dit-il, avoir été aveuglé par la neige, avoir senti les mille piqûres de l'électricité des orages, avoir marché jusqu'au ventre en plein été dans la neige fraîche, avoir été renversé par le vent, roulé par les avalanches, pour se rendre compte de l'intensité terrible des phénomènes météorologiques aux grandes altitudes », et, ajouterons-nous, pour se rendre compte des efforts qu'a nécessités la création de l'Observatoire des Bosses.

Malgré la demeure prolongée de de Saussure au Col du Géant (1788), malgré les stations répétées aux Grands-Mulets, malgré le séjour de Bravais et Martin au Grand-Plateau (août 1844), malgré la nuit passée par Tyndall au sommet même du Mont-Blanc (22-23 août 1859), ce sommet restait, pour les plus hardis habitants de la vallée, l'objet d'une sorte de superstition : malheur à qui voudrait y demeurer plus de quelques heures ; exténué, gelé, il s'endormirait pour ne plus se réveiller, si toutefois la tempête l'avait épargné. M. Joseph Vallot commença par démontrer l'erreur de ce préjugé en passant soixante-douze heures sous la tente au sommet du Mont-Blanc (27-28-29-30 juillet 1887). Dès lors, il put trouver des porteurs et des ouvriers, et entreprendre la construction de l'Observatoire dont il avait résolu la création.

Pénétré de l'importance des observations aux grandes altitudes, il voulait élever sur le Mont-Blanc un asile à l'intérieur duquel on put faire des études suivies, sans courir les dangers auxquels on est exposé sous la tente.

Pensant qu'il ne pouvait établir une construction immuable et définitive au sommet qui est constitué par le glacier même, M. Joseph Vallot choisit comme emplacement un rocher situé à peu de distance dans une position bien isolée, sur la Grande Bosse du Dromadaire, à 4 400 mètres d'altitude.

Un premier abri fut édifié pendant l'été de 1890 : la construction en bois, préparée à Chamonix, fut transportée à dos d'homme jusqu'aux Bosses, et dressée en quelques jours. M. Joseph Vallot et les ouvriers couchaient pendant ce temps sous une tente que la tempête brisa et emporta la première nuit où ils purent se réfugier dans leur cabane.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Depuis lors, l'Observatoire a été agrandi chaque année. Il y a deux ans qu'il est complètement terminé. C'est une solide construction en bois, à double cloison, entourée d'un épais mur de pierre, comprenant huit pièces avec lits, couvertures, poêles, fourneaux, batterie de cuisine, vaisselle, fauteuils, tables, armoires, etc., sans parler des instruments en grand nombre, mis en station ou déposés dans les deux salles servant de laboratoires.

En outre, pour éviter l'encombrement, un refuge a été construit sur un rocher voisin, où les touristes et leurs guides trouvent asile, sans gêner les savants qui veulent travailler à l'Observatoire, et à qui M. Joseph Vallot offre généreusement l'hospitalité la plus cordiale et la plus complète.

Les travaux effectués à l'Observatoire des Bosses sont déjà nombreux, et, dès 1893, le premier volume des *Annales de l'Observatoire météorologique du Mont-Blanc* (*altitude* 4 365 *mètres*) a été *publié sous la direction de M. Joseph Vallot, fondateur et directeur de l'Observatoire*.

Ce volume, extrêmement intéressant, contient : l'historique de l'Observatoire, sept mémoires de M. Joseph Vallot, et, en particulier, la première et très importante série d'observations météorologiques simultanées exécutées au sommet du Mont-Blanc, aux Grands-Mulets et à Chamonix en 1887, deux mémoires de M. Henri Vallot sur la *cartographie du massif du Mont-Blanc*, le rapport de M. Imfeld sur les travaux de sondage exécutés au Mont-Blanc en vue de l'installation de l'Observatoire du Sommet par M. Janssen, un mémoire enfin de M. Egli-Sinclair sur le *mal de montagne*.

A cette somme considérable de travaux, il faudrait ajouter une somme au moins égale d'observations non encore publiées, et qui trouvera place, avec les travaux ultérieurs, dans les volumes suivants des « *Annales de l'Observatoire météorologique du Mont-Blanc* ».

Par tous ces faits, M. Joseph Vallot s'est acquis des titres exceptionnels à la reconnaissance des savants ; et votre Commission vous propose, Messieurs, d'adresser de vifs remerciements à M. Joseph Vallot pour l'intéressante communication qu'il nous a faite de ses travaux, et d'en ordonner l'insertion au Bulletin.

Signé : J. VIOLLE, *rapporteur*.

Approuvé en séance le 10 *mai* 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

NOTE DE M. J. VALLOT

CONSTRUCTION DU PREMIER OBSERVATOIRE DU MONT-BLANC

Le Mont-Blanc, par sa grande altitude et sa situation isolée, semble avoir été prédestiné aux entreprises scientifiques. Il y a déjà plus d'un siècle, en 1787, un an après que Jacques Balmat eut découvert la route qui conduit à la cime, de Saussure entreprit à son sommet une série d'expériences qui sont restées un de ses plus beaux titres de gloire. Après avoir couché sous la tente au Grand-Plateau, à 3900 mètres d'altitude, il escalada la cime, et put y travailler pendant quatre heures. Que n'eût-il donné pour pouvoir prolonger ses expériences! Mais l'heure s'avançait, et il descendit, conservant l'espérance bien fondée d'achever sur le col du Géant ce qu'il n'avait pas pu faire « *et que vraisemblablement*, disait-il, *l'on fera jamais sur le Mont-Blanc* ».

Un demi-siècle plus tard, en 1844, trois Français, Bravais, Martins et Le Pileur, allèrent à leur tour planter leur tente au Grand-Plateau, où ils restèrent quatre jours consécutifs. Les séries scientifiques qu'ils rapportèrent servent encore aujourd'hui à l'étude de la constitution de l'atmosphère. Ils gravirent aussi le sommet du Mont-Blanc, mais ne purent y rester que quelques heures.

C'est à Tyndall qu'appartient l'idée de s'établir à la cime même de la montagne. En 1859, il y passa la nuit, sous la tente, avec neuf guides; malheureusement l'expérience fut loin d'être décisive, tout le monde fut malade, et, le lendemain matin, l'expédition redescendit sans avoir pu exécuter les expériences projetées.

Depuis lors, bien des savants ont fait des observations au Mont-Blanc, Pitschner, MM. Chauveau, Lortet, Soret, Violle, etc., mais tous sont redescendus avec le regret de ne pouvoir passer que quelques heures au sommet.

En 1886, je fis deux ascensions au Mont-Blanc, dans le but d'élucider diverses questions physiologiques. Les résultats obtenus m'amenèrent à penser, comme mes prédécesseurs, qu'un séjour prolongé dans les grandes altitudes pourrait seul donner des résultats dignes d'attention, et je formai le projet de recommencer l'expérience de Tyndall, avec l'espoir de mieux réussir dans mon entreprise.

Je me heurtai tout d'abord à de grandes difficultés, dont la principale était de trouver des guides pour séjourner avec moi. Il existait, à l'égard du Mont-Blanc, une foule de préjugés que l'échec de Tyndall n'avait fait qu'enraciner plus profondément. On prétendait, qu'au Mont-Blanc, le feu ne chauffait pas, qu'il nous serait donc impossible d'obtenir l'eau nécessaire à notre subsistance, qu'il n'était pas possible d'y travailler et qu'on ne pourrait pas dresser la tente, que le sommeil y était mortel et qu'on ne s'éveillerait plus, sinon après la première nuit, au moins après la seconde... Malgré tout, je préparai l'expédition, et, au

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

commencement de l'été de 1887, j'arrivai à Chamonix avec une série d'instruments météorologiques et physiologiques (1).

Mes guides, Alphonse Payot et Michel Savioz, n'étaient qu'à demi persuadés, lorsque je leur proposai une expérience décisive : nous fîmes l'ascension, et nous plaçâmes au sommet du Mont-Blanc un abri météorologique contenant des instruments enregistreurs. J'avais emporté un petit fourneau à pétrole pour leur montrer qu'il était possible de faire fondre la neige et d'obtenir des boissons chaudes. Mes braves compagnons n'hésitèrent plus, et, quelques jours après, nous remontâmes au Mont-Blanc, où nous séjournâmes trois jours sous la tente, avec mon ami M. F.-M. Richard.

La petite station des enregistreurs fut retrouvée intacte, et cinq ascensions que je fis au Mont-Blanc dans le courant de cette saison me permirent de la maintenir en marche pendant deux mois.

Désormais la preuve était faite, on pouvait vivre aux plus grandes altitudes de nos pays, on pouvait y séjourner et y travailler.

Les résultats scientifiques de cette expédition furent assez intéressants pour m'engager à continuer ce genre de recherches, mais ils étaient obtenus au prix de tant de souffrances et de dangers, avec une installation aussi sommaire, que je fus amené à abandonner le provisoire et à établir au Mont-Blanc une habitation définitive.

Je refis l'ascension en 1888, pour chercher l'emplacement du futur observatoire. Le sommet étant formé de neige mouvante, je ne pouvais songer à m'y établir. Je choisis les rochers des Bosses, situés à 4365 mètres d'altitude, à l'extrémité d'une arête, en un lieu assez découvert et assez éloigné de la masse du Mont-Blanc lui-même pour que les phénomènes météorologiques ne perdent rien de leur intensité.

Je passai le reste de l'été à tout organiser pour les transports. Ce fut difficile, car les guides n'étaient pas accoutumés à porter des matériaux dans ces régions élevées; on avait grand'peine à engager des porteurs et à obtenir qu'ils portassent des charges de 15 kilos. Il fallait les persuader un à un, et leur montrer le grand avantage qu'ils auraient eux-mêmes à trouver aux Bosses, dans leurs ascensions futures, le refuge que je leur promettais de construire auprès de l'observatoire.

L'année 1889 fut employée à l'étude du plan de la construction (1), du campement et de tous les détails nécessités par une installation dans des conditions aussi difficiles.

(1) M. de Saint-Arroman, chef du Bureau des Missions au ministère de l'Instruction publique, avait bien voulu me procurer toutes les recommandations administratives nécessaires.

(2) C'est grâce à la collaboration de M. Henri Vallot que la construction a pu être projetée dans les conditions de solidité nécessaires.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En 1890, tout était prêt, l'observatoire construit à Chamonix, les pièces numérotées, démontées et mises en charges de 15 kilos, le matériel emballé et prêt à être monté.

Le transport fut fait en peu de temps ; plus de cent hommes y concoururent. Tout étant prêt, je partis avec les ouvriers, et nous nous installâmes sous la tente, auprès de l'emplacement du petit édifice, à 4 365 mètres d'altitude.

Le travail fut mené rapidement, et au bout de quelques jours le petit édifice se dressait sur le rocher aplani qui lui assurait une base solide et immuable. Aussitôt le gros œuvre terminé, nous nous hâtâmes de quitter les tentes pour coucher dans notre nouvel abri. Le jour même où il fut terminé, les tentes furent brisées et emportées par un ouragan.

Le service des instruments fut commencé. Trois stations d'enregistreurs Richard furent établies, l'une à l'observatoire, l'autre aux Grands-Mulets, à 3 000 mètres d'altitude, et la troisième à Chamonix. Ces instruments furent mis en marche et ont continué à fonctionner chaque année pendant la belle saison.

Tel qu'il a été construit en 1890, l'observatoire était fort petit. Il se composait de deux chambres, dont l'une était affectée aux observations, et l'autre servait de refuge aux touristes. Il fut bientôt trouvé trop étroit, tant du côté des voyageurs, où l'on se trouva jusqu'à vingt-sept empilés dans une chambre préparée pour neuf personnes, que du côté de l'observatoire, où l'on fut tout aussi encombré lorsque M. Janssen vint y faire des expériences qui firent grand bruit.

Les travaux d'agrandissement furent entrepris en 1891. A cette époque, le nombre des chambres fut porté à six. Cette même année, M. Janssen, à qui la réussite de mon installation avait donné l'idée de créer un observatoire analogue sur le sommet du Mont-Blanc, fit monter une expédition qui, sous la direction de M. Imfeld, exécuta un sondage à la cime. Cette expédition logea à mon observatoire pendant toute la durée des travaux.

Ce n'est qu'en 1892 que l'observatoire prit sa forme définitive. Il fut encore agrandi à cette époque, et, pour que les observateurs ne fussent plus gênés par les touristes, un refuge séparé fut construit sur un rocher voisin. Ce refuge est composé de deux chambres, munies de lits de camp, matelas et couvertures; il est en bois, à doubles parois et revêtu d'un mur de pierres. Deux paratonnerres le protègent contre la foudre.

L'observatoire se compose de huit chambres, l'une servant de cuisine et d'atelier, une autre de chambre des guides, deux de chambres à coucher, une de cellier et trois de laboratoire. On y a joint des cabinets d'aisances et un tambour d'entrée empêchant l'introduction de la neige en cas de mauvais temps. La construction est en bois, à doubles parois séparées par un intervalle de dix centimètres, disposition très favorable à la conservation de la chaleur. La charpente est renforcée par des contrefiches extérieures. Les parois sont recouvertes exté-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rieurement de feutre bitumé destiné à les rendre étanches, puis entourées d'un mur en pierres sèches très épais. La neige, pénétrant entre les interstices des pierres, a formé de la glace dure qui ne fond plus et remplit l'office d'un ciment très résistant. Le toit est recouvert de forte toile goudronnée, telle que celle qu'on emploie pour les bâches de wagons; cette toile est fixée par une série de lattes de bois vissées solidement. Quatre paratonnerres à pointes multiples protègent l'édifice; ils sont reliés entre eux par des conducteurs en fil de fer galvanisé de cinq millimètres de diamètre. Ces conducteurs suivent toutes les arêtes de la construction, et viennent ensuite traîner sur le rocher, où ils forment des spirales recouvertes de pierrailles; cent mètres de conducteurs assurent ainsi l'écoulement de l'électricité autant qu'il est possible.

L'observatoire est muni de poêles et de fourneaux à pétrole, de vaisselle et d'une batterie de cuisine complète. Le mobilier se compose d'armoires, de buffets, de tables, de fauteuils pliants, de trois lits complets, de lits de camp, avec un grand nombre de couvertures et de matelas pour les guides. Des chaussons fourrés, des sabots et deux costumes en fourrures, sont à la disposition des travailleurs. Un établi et des outils de menuiserie permettent de faire les réparations et un tour et des outils à métaux peuvent avoir leur utilité pour l'installation ou la réparation des instruments.

Ces instruments sont nombreux, mais n'ont pas tous donné des résultats satisfaisants; plusieurs systèmes d'anémomètres ont été essayés sans qu'on ait pu jusqu'ici en trouver un qui marche convenablement pendant les tempêtes. Le verglas, qui couvre et bloque les instruments, est le grand ennemi de tous ceux qui sont en mouvement à l'extérieur. Le froid congèle les piles, les détériore et empêche le fonctionnement des transmissions électriques. Les baromètres à mercure et métalliques, les thermomètres et les hygromètres à cheveux donnent de très bons résultats, au moins en été; ces instruments sont enregistreurs. On y a joint un certain nombre d'appareils à lecture directe, tels que des actinomètres de divers systèmes, des instruments de physiologie, etc.

Les résultats scientifiques obtenus sont publiés dans les *Annales du Bureau central météorologique de France* et dans les *Annales de l'Observatoire météorologique du Mont-Blanc*. Le premier volume de cette dernière publication a paru en 1893; il renferme des mémoires de divers auteurs sur des questions de météorologie, de physiologie et de cartographie relatives au Mont-Blanc et aux régions élevées de l'atmosphère. Je donnerai ici une brève analyse de ce premier volume.

J. Vallot. *Première série d'observations météorologiques simultanées exécutées au sommet du Mont-Blanc, aux Grands-Mulets et à Chamonix.* — L'auteur a reproduit, à échelle réduite, les graphiques donnés par les enregistreurs maintenus pendant deux mois à ces trois stations en 1887. Ces graphiques montrent

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'allure générale des phénomènes météorologiques à ces altitudes si différentes, et font ressortir la différence de leur marche. Les chiffres et les moyennes de ces observations ont été publiés dans les *Annales du Bureau central météorologique de France*.

J. Vallot. *Étude sur la correction de température du baromètre de Fortin et des baromètres métalliques*. — L'auteur montre que l'influence de la température sur les baromètres métalliques mal compensés est régulière, et que l'erreur qu'elle cause peut être corrigée après une étude convenable des instruments.

J. Vallot. *Variation de la température, de la pression et de la vapeur d'eau au Mont-Blanc et aux stations inférieures, d'après les observations de 1887*.

Voici les résultats les plus saillants.

Pour la température de l'air, la variation diurne est d'autant plus faible que l'altitude est plus grande. Ce décroissement de la température avec l'altitude est régulier et s'est montré de 1 degré par 164 mètres en juillet-août.

La marche de l'état hygrométrique de l'air est très différente selon l'altitude. A mesure qu'on s'élève, le maximum et le minimum se déplacent; et, dans les hautes régions, la forme de la courbe paraît être complètement inversée, le maximum ayant lieu dans l'après-midi.

La variation diurne de la pression barométrique a aussi donné des résultats nouveaux. La courbe change de forme à mesure qu'on s'élève, le minimum du soir s'atténue de plus en plus et finit par disparaître, de sorte que la variation ne présente plus qu'un seul maximum et un minimum en vingt-quatre heures. L'oscillation diurne est ainsi beaucoup plus simple aux grandes altitudes, ce qui permettra d'en découvrir plus facilement les causes. Les grandes variations barométriques, observées d'un mois à l'autre, offrent une très grande intensité dans les régions supérieures. Dans les deux mois observés, elles ont été sept fois plus grandes au Mont-Blanc qu'à Genève.

J. Vallot. *Matériaux pour l'étude de l'écoulement des glaciers du Mont-Blanc*. — L'auteur donne la liste des objets et documents qu'il a déposés sur les glaciers du Mont-Blanc, dans le but d'étudier la vitesse de leur marche.

J. Vallot. *Études sur les mouvements des neiges au sommet du Mont-Blanc*. — L'épaisseur de la neige accumulée chaque année au sommet du Mont-Blanc fait l'objet de ce mémoire. D'après diverses expériences, cette épaisseur est annuellement d'un mètre environ.

Henri Vallot. *Premières études pour la carte du massif du Mont-Blanc de MM. Joseph et Henri Vallot, en cours d'exécution à l'échelle du 20.000e*. — Plan du travail, moyens d'exécution, état d'avancement des opérations.

X. Imfeld. — *Rapport sur les travaux de sondage exécutés au Mont-Blanc*. — C'est le récit de l'expédition dont le but était la recherche du rocher au sommet du Mont-Blanc.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dr Egli-Sinclair. *Sur le mal de montagne.* — L'auteur, qui faisait partie de l'expédition Imfeld, a fait à l'observatoire des expériences qui l'ont amené à cette conclusion que le mal de montagne est causé par la diminution de l'hémoglobine du sang.

J. Vallot. *Recherches scientifiques exécutées dans le tunnel du Mont-Blanc.* — L'auteur a profité du creusement de ce tunnel pour étudier la constitution de l'intérieur d'un glacier de grande altitude. Il a trouvé que la température de la neige du sommet du Mont-Blanc diminuait à mesure qu'on s'enfonçait dans le glacier, au moins jusqu'à 15 mètres au-dessous de la surface, cette température étant en été de — 15° à — 17°. Il a constaté aussi que le grain du glacier augmente insensiblement avec la profondeur, et il en a conclu que, cette augmentation se produisant sans aucune fusion de la neige, puisque la température reste constamment inférieure à — 15°, la théorie thermique soutenue par divers auteurs n'est pas exacte, et l'on doit définitivement adopter la théorie mécanique, d'après laquelle le grain du glacier s'accroît par compression.

Henri Vallot. *Note sur la compensation graphique applicable aux points trigonométriques secondaires.* — L'auteur décrit la méthode aussi simple qu'ingénieuse qu'il emploie pour la compensation des points trigonométriques de la carte du Mont-Blanc.

J. Vallot. *Étude des tempêtes au Mont-Blanc.* — Les tempêtes ont été étudiées à l'aide d'un baromètre enregistreur et d'un *statoscope*, sorte de baromètre à air à très grande marche. Il résulte de cette étude que les variations barométriques ne sont aucunement parallèles aux diverses altitudes, et qu'elles présentent, dans les grandes hauteurs, un aspect tout particulier, avec oscillations brusques atteignant jusqu'à cinq millimètres en une minute. L'étude statoscopique de ces oscillations a montré qu'elles sont dues au passage d'une série de tourbillons dont la pointe est tournée vers le bas, et dont on ne ressent que la résultante dans les régions inférieures. Cette étude paraît prouver que les tourbillons atmosphériques ont leur origine dans les hautes régions de l'atmosphère, selon les théories de M. Faye.

MÉTALLURGIE

Élimination des métaux étrangers pendant la fabrication du cuivre « Best Selected », d'après M. Allan Gibb (1).

Dans la méthode dite du pays de Galles, les premières opérations concentrent le cuivre dans une matte compacte ou régule, connue sous le nom de *White Metal* (*matte blanche*) et dont la composition chimique est, en partie du moins, celle du sous-sulfure de cuivre Cu^2S.

(1) *Institute of Mechanical Engineers*, avril 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Lorsqu'on veut produire du cuivre commercial ordinaire, la matte blanche est fondue et soumise, dans un four à réverbère, à une action fortement oxydante jusqu'à complète réduction du cuivre. Mais, pour obtenir un métal plus parfait, on peut arrêter le rôtissage après réduction d'une partie seulement du cuivre contenu dans la matte blanche. Si on coule alors le métal fondu, on obtient des saumons formés de deux parties : une couche supérieure constituée par une matte vésiculaire, dite *régule spongieux*, et une couche inférieure, constituée par du cuivre métallique plus ou moins pur et connue sous le nom de *bottoms*.

Cette réduction partielle du cuivre dans la matte blanche est caractéristique du procédé de fabrication du cuivre « Best Selected ».

Un certain nombre de métaux étrangers préexistent dans les minerais de cuivre et, parmi eux, il en est (comme l'étain, l'antimoine, le bismuth, l'arsenic, etc.) qui ont les effets les plus fâcheux sur les propriétés du métal, surtout quand il doit servir à la fabrication d'alliages destinés à être laminés en feuilles ou étirés en tubes.

Pendant la fusion, ces métaux passent plus ou moins complètement dans la matte blanche; plus tard, si, pendant le rôtissage, la totalité du cuivre est réduite, les impuretés se retrouvent en proportion notable dans le cuivre ainsi obtenu; mais, si on applique le procédé de réduction partielle ci-dessus décrit, les métaux étrangers se concentrent dans les bottoms, et les régules spongieux en sont relativement débarrassés.

Les métaux étrangers ne passent pas en totalité dans les bottoms, et cela tient à la formation, pendant la fusion, de sulfures complexes, qu'on n'a pu jusqu'ici décomposer complètement en présence d'un excès de sous-sulfure de cuivre, même par fusion, avec une forte proportion de cuivre métallique.

Dans l'étude qui va suivre, on a cherché à déterminer, pour les métaux étrangers les plus intéressants, la proportion concentrée dans les bottoms.

1. *Étain.* — La concentration de l'étain dans les bottoms cuivreux est très nettement marquée comme l'indique le tableau suivant :

100 de métal fondu donnent.	17,7 de bottoms contenant.	97,67 p. 100 de cuivre.	
		2,01 — d'étain.	
	82,3 de régule spongieux contenant.	80,02 p. 100 de cuivre.	
		0,03 — d'étain.	

Sous une autre forme, qui sera celle que j'adopterai pour les autres impuretés, on peut dire que :

Les bottoms, contenant 20,6 p. 100 du cuivre total, ont concentré 93,4 p. 100 de l'étain.

2. *Antimoine.* — L'antimoine se concentre bien dans les bottoms, mais moins complètement que l'étain; lorsque la proportion de cuivre réduit augmente, la quantité d'antimoine concentré augmente aussi; mais il semble y avoir un maximum correspondant à 47 p. 100 environ de cuivre réduit, de plus à partir de 17 à 20 p. 100 l'augmentation n'est pas très sensible.

Les bottoms contenant.	8,2 p. 100	du cuivre total ont concentré :	21 p. 100 de l'antimoine total.
	17,3 —		80,8 —
	47,5 —		93,7 —
	54,5 —		92,6 —

3. *Bismuth.* — La concentration du bismuth est bien moins complète que celle des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

deux métaux précédents et, surtout, elle n'augmente que très lentement avec la proportion de cuivre réduit existant dans les bottoms.

Les bottoms contenant.	8,2 p. 100 16 — 47,5 —	du cuivre total ont concentré :	11,1 p. 100 43,1 — 47,6 —	du bismuth total.

4. *Arsenic.* — La concentration de l'arsenic peut être plus complète que celle du bismuth, mais il faut alors réduire une proportion de cuivre plus considérable.

Les bottoms contenant :	8,2 p. 100 16 — 23,2 —	du cuivre total ont concentré :	21,5 p. 100 30,6 — 60,2 —	de l'arsenic total.

5. *Nickel.* — Lorsque le nickel existe seul, il ne se concentre qu'à peine dans les bottoms, mais lorsque le métal contient d'assez fortes proportions de nickel et d'arsenic, ils se concentrent alors ensemble et assez complètement dans les bottoms.

Les bottoms contenant 19,3 p. 100 du cuivre total, on y trouve	77,7 p. 100 de l'arsenic total. 47,9 — du nickel total.

6. *Or.* — On peut, en réduisant seulement 15 p. 100 du cuivre total, concentrer l'or dans les bottoms; les traces qui restent alors dans les régules spongieux sont trop faibles pour être pesées.

Les bottoms contenant.	8,2 p. 100 14,4 —	du cuivre total, ont concentré :	41,5 p. 100 100 —	de l'or total.

7. *Argent.* — L'argent présente le maximum de concentration pour une réduction de 20 p. 100 environ du cuivre total.

Les bottoms contenant 10 p. 100 du cuivre total ont concentré 42,9 p. 100 d'argent total.

Emploi du fer métallique comme agent de concentration. — On a étudié spécialement l'action produite par l'addition d'une quantité plus ou moins considérable de fer sur la concentration des métaux étrangers dans les bottoms.

Le fer ne décompose pas complètement les sulfures complexes, bien qu'il décompose entièrement les sulfures simples de cuivre, d'antimoine, de plomb, d'argent, etc., d'ailleurs son action sur la matte fondue diminue graduellement au fur et à mesure que la quantité de sulfure de fer formé va en augmentant.

Des bottoms obtenus avec addition de fer et contenant 35 p. 100 du cuivre total ont retenu :

74,5	p. 100	de l'argent total.
83,5	—	du plomb total.
97	—	de l'antimoine total.
92,8	—	de l'or total.

On peut remarquer que la concentration de l'antimoine et de l'argent est très notablement favorisée par l'addition de fer métallique.

R. Masse,
Ingénieur civil des mines.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS CHIMIQUES

Préparation et propriétés du molybdène pur fondu.

Note de M. Henri Moissan (1)

Dans un travail précédent (2), nous avons démontré qu'il était facile de produire une fonte de molybdène en chauffant au four électrique un mélange de charbon et de l'oxyde de ce métal ; nous donnerons aujourd'hui la suite de nos recherches sur cette question.

Rappelons d'abord que le molybdène, qui s'obtient à l'état pulvérulent par réduction du bioxyde dans l'hydrogène (3), n'a été fondu au chalumeau par Debray que sous forme de petits globules renfermant de 4 à 5 pour 100 de carbone (4).

Pour préparer le molybdène, nous sommes partis du molybdate d'ammoniaque pur, qui a été réduit en poudre, et introduit dans un creuset en terre réfractaire n° 12 qui peut en contenir 1 kilo. Le creuset muni de son couvercle est chauffé au four Perrot pendant une heure et demie. Après refroidissement, l'oxyde se présente sous forme d'une poudre dense d'un gris violacé répondant à la formule MoO^2 (5). Une chauffe fournit de 760^{gr} à 770^{gr} d'oxyde. Cet oxyde est additionné de charbon de sucre en poudre, dans les proportions suivantes :

Oxyde	300^{gr}
Charbon	30^{gr}

Dans ce mélange, le bioxyde se trouve en notable excès par rapport au carbone. La poudre est tassée dans un creuset de charbon et soumise à l'action calorifique d'un arc produit par un courant de 800 ampères et 60 volts pendant six minutes. On doit éviter de fondre complètement le métal afin de laisser une couche solide au contact du creuset, qui serait vivement attaqué par le molybdène liquide.

Dans ces conditions, on obtient un métal complètement exempt de carbone, et il est facile, en une heure, d'en préparer plus de 1 kilo.

Si cette préparation dure plus de six minutes, le molybdène obtenu se liquéfie, ronge le creuset, se carbure, et l'on obtient une fonte de couleur grise, très dure et cassante.

Fonte de molybdène. — Cette fonte possède une densité de 8,6 à 8,9, suivant sa teneur en carbone. Quand elle est saturée de charbon, elle est beaucoup plus fusible que le molybdène. Riche en carbone, elle est grise et cassante; à 2,50 p. 100 du charbon, elle devient blanche et ne peut que très difficilement être brisée sur l'enclume. Elle présente tous les caractères du molybdène étudié par Debray. Elle dissout rapidement le carbone, et, lorsqu'elle se refroidit, elle abandonne ce dernier sous forme

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 17 juin 1895.

(2) H. Moissan. *Préparation au four électrique de quelques métaux réfractaires, tungstène, molybdène, vanadium* (*Comptes rendus*, t. CXVI, p. 1225 ; 1893).

(3) Le molybdène pulvérulent se prépare en réduisant au rouge sombre le bioxyde par l'hydrogène pur, puis en chauffant le métal obtenu dans un courant de gaz acide chlorhydrique.

(4) Debray. *Recherches sur le molybdène* (*Comptes rendus*, t. XLVI, p. 1098 ; 1858).

(5) Méthode de Bucholz pour la préparation du bioxyde.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de graphite, exactement comme la fonte du fer; cependant, lorsqu'elle est saturée de carbone, elle fournit un carbure cristallisé en fines aiguilles. La fonte grise de molybdène est très dure; elle raye l'acier et le quartz. En fusion elle fournit un liquide très mobile qui peut se couler tout en donnant à l'air de vives étincelles et d'abondantes fumées d'acide molybdique. Nous avons pu fondre et couler sans difficulté des lingots de 8 kilos à 10 kilos. Ces fontes nous ont donné, à l'analyse, les chiffres suivants :

	FONTES BLANCHES.			FONTES GRISES.	
	1	2	3	4	5
Molybdène	95,83	»	»	»	92,46
Carbone combiné	3,04	3,19	2,54	4,90	5,50
Graphite	0,00	0,00	0,00	0,00	1,71
Scories	0,74	0,53	0,62	»	»

Carbure de molybdène. — On prépare ce composé en chauffant au four électrique le bioxyde de molybdène avec un excès de charbon. Les meilleures proportions à prendre sont : bioxyde 250 grammes, charbon 50 grammes. Durée de la chauffe, huit à dix minutes, avec un courant de 800 ampères et 50 volts. Lorsque l'on emploie un excès de charbon, on le retrouve dans la masse sous forme de graphite.

Le culot obtenu a une cassure cristalline d'un blanc brillant. Il se clive avec facilité. Il s'écrase rapidement sur l'enclume, et l'on peut en séparer de petits prismes allongés à cristallisation nette. Sa densité est de 8,9, et sa composition répond à la formule Mo^2C.

Analyse. — Dans les différents échantillons décrits dans ce Mémoire, le molybdène, après attaque par l'acide azotique, a été précipité sous forme de molybdate mercureux et finalement dosé à l'état de bioxyde. Lorsque le carbure ne contenait pas de graphite, le carbone était séparé par le chlore pur et sec, puis dosé, par combustion, dans l'oxygène, d'après le poids d'acide carbonique recueilli. Par cette méthode, les teneurs en carbone sont toujours un peu faibles.

Nous avons obtenu les chiffres suivants :

	6	7	8	Théorie pour Mo^2C.
Molybdène	93,82	»	»	94,12
Carbone combiné	5,62	5,53	5,48	5,88
Graphite	»	»	»	»
Scories	0,17			
	99,61			

Si le carbure renferme du graphite, son attaque est faite par l'acide azotique dans une fiole à fond plat traversée par un courant d'oxygène. Les gaz dégagés passent ensuite dans un tube rempli d'oxyde de cuivre, la vapeur d'eau est retenue par un tube à ponce sulfurique et l'acide carbonique fixé sur de la potasse. De l'augmentation de poids des tubes à potasse on déduit l'acide carbonique et le carbone. Le liquide acide du matras donne, après filtration et lavage, le graphite, et le molybdène est dosé ensuite par l'azotate mercureux.

Cette nouvelle méthode nous a donné comme résultats :

	9	10
Molybdène	92,60	91,90
Carbone combiné	5,15	5,43
Graphite	1,61	1,98

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En tenant compte du graphite, et en faisant le rapport du molybdène au carbone, on obtient les chiffres suivants :

	9	10	Théorie pour Mo^2C.
Molybdène.	94,45	91,10	94,12
Carbone combiné.	5,55	5,90	5,88

Molybdène pur fondu. — Le molybdène pur a une densité de 9,01. C'est un métal aussi malléable que le fer. Il se lime et se polit avec facilité. Il se forge à chaud. Il ne raye ni le quartz ni le verre. Bien exempt de carbone et de silicium, il ne s'oxyde guère à l'air au-dessous du rouge sombre. Il peut se conserver plusieurs jours sans altération dans l'eau ordinaire ou chargée d'acide carbonique. En présence de l'air, au-dessous du rouge sombre, il se recouvre d'une pellicule irisée comme le fait l'acier. Vers 600°, il commence à s'oxyder et donne de l'acide molybdique qui se volatilise lentement.

Un fragment de molybdène, chauffé pendant quelques heures dans un tube de porcelaine incliné sur une grille à analyse, fournit, dans la partie supérieure du tube, un feutrage de cristaux d'acide molybdique. Le métal n'est recouvert d'aucun autre oxyde, et finit même par disparaître en laissant une belle cristallisation d'acide molybdique. Chauffé au chalumeau à gaz, un fragment de molybdène émet des vapeurs d'acide molybdique en quantité notable. Chauffé au chalumeau oxhydrique, il brûle sans fondre en fournissant d'abondantes fumées d'acide molybdique et un oxyde bleu fusible. Enfin, chauffé dans un courant d'oxygène pur, il prend feu entre 500° et 600°, et, si le courant d'oxygène est rapide, la combustion peut se continuer sans l'intervention d'une source de chaleur étrangère.

Cette combustion se produit avec une vive incandescence et peut fournir une belle expérience de cours.

Le chlorate de potassium en fusion attaque le molybdène avec violence. Il suffit de fondre le chlorate et de projeter à la surface un fragment de molybdène pour voir ce dernier devenir incandescent et tournoyer sur le liquide.

La température de la réaction s'élève rapidement ; le molybdène brûle avec flamme, et il se dégage d'abondantes fumées blanches d'acide molybdique qui restent en suspension dans l'air sous forme de légers filaments blancs. Parfois, le fragment de molybdène est porté à une température assez élevée pour percer la paroi de la capsule qui est fondue au contact du métal.

L'azotate de potassium en fusion fournit dans les mêmes conditions une réaction identique quoique moins violente avec formation de molybdate alcalin.

Un mélange de molybdène et d'oxyde puce de plomb, chauffé dans un tube à essai, produit un très grand dégagement de chaleur et de lumière.

Le soufre n'agit pas à 440°, mais l'hydrogène sulfuré à 1 200° transforme le molybdène en sulfure gris bleuté, amorphe, ayant les propriétés de la molybdénite et laissant, par le frottement, une trace noire sur le papier.

Le fluor n'attaque pas à froid le molybdène en fragments ; mais lorsque ce métal est grossièrement pulvérisé, il se fait un fluorure volatil sans incandescence.

Le chlore attaque le molybdène au rouge sombre sans incandescence apparente. Avec le brome, l'action se produit au rouge cerise et sans grande intensité.

L'iode est sans action au point de ramollissement du verre.

Les fluorures d'argent, de zinc et de plomb sont décomposés, mais sans formation de fluorures volatils.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le perchlorure de phosphore, légèrement chauffé, attaque avec facilité le molybdène en fournissant un chlorure volatil, qui s'altère facilement, en présence de l'humidité de l'air, en prenant une belle coloration bleue.

Cette réaction se produit avec la plupart des composés du molybdène métal, oxydes, sulfure, acide molybdique, et molybdates. Elle peut servir à déceler rapidement le molybdène métallique ou ses composés. Elle s'exécute de la façon suivante :

Dans un petit tube à essai, on place un fragment de la substance à essayer, on l'additionne d'un peu de perchlorure de phosphore et l'on chauffe lentement. Il se forme des fumées rougeâtres de chlorure et d'oxychlorure de molybdène, qui se condensent en un anneau brun plus ou moins foncé. Lorsque la quantité de molybdène est très faible, l'anneau peut être à peine visible. Il suffira de l'abandonner quelques minutes à l'humidité pour le voir prendre une teinte bleue intense due à la formation du chlorure hydraté.

L'action des hydracides sur le molybdène pur est à peu près comparable à celle qu'ils exercent sur la fonte de molybdène. Ces expériences ont été décrites, d'ailleurs, par différents observateurs : Bucholz, Berzélius, Debray. Nous rappellerons seulement que l'acide fluorhydrique ne l'attaque pas, mais qu'il suffit d'ajouter une goutte d'acide nitrique pour que l'attaque commence et se continue ensuite avec énergie. En présence d'un mélange à parties égales des deux acides, la dissolution est complète; il reste un liquide teinté de rose qui ne donne avec le ferrocyanure qu'une coloration rouge brun intense, mais pas de précipité. La masse, quelques heures après, se prend en gelée.

Dans un courant d'azote, à la température de 1 200°, le molybdène, en fragments ou en poudre, ne donne pas d'azoture.

Le phosphore, au point de fusion du verre, ne s'y combine pas.

Le bore se combine au molybdène à la température du four électrique en donnant un culot fondu couleur gris fer, renfermant des géodes tapissées d'aiguilles prismatiques.

Dans les mêmes conditions, le silicium fournit un siliciure cristallisé, infusible au chalumeau oxhydrique.

L'action du carbone mérite de nous arrêter quelques instants. Nous avons indiqué plus haut l'action du carbone sur le molybdène liquide, nous n'y reviendrons pas.

Le molybdène pur, tel qu'il a été décrit précédemment, est un métal assez tendre, qui se lime très bien et qui ne raye même pas le verre. Si l'on vient à chauffer un fragment de molybdène pendant plusieurs heures, à une température voisine de 1 500°, au milieu d'une masse de charbon en poudre, il se cémente, prend une petite quantité de carbone (1), et sa dureté augmente. Il peut alors rayer le verre. Si maintenant on le chauffe vers 300°, puis qu'on le plonge brusquement dans l'eau froide, il se trempe, devient cassant et prend une dureté telle qu'il raye le cristal de roche.

Inversement, si nous prenons de la fonte de molybdène à 4 p. 100 de carbone, fonte très dure et cassante, et que nous en chauffions un fragment pendant plusieurs heures dans une brasque de bioxyde de molybdène, cette fonte s'affine et sa surface peut dès lors être limée et polie.

J'attribue cette décarburation de la fonte solide à une température très éloignée de

(1) Le molybdène pur chauffé dans un courant d'oxygène ne trouble pas l'eau de baryte. Lorsque ce métal a été cémenté, il donne au rouge dans un courant de gaz oxygène un dépôt blanc de carbonate de baryum.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

son point de fusion, à la facile diffusion des vapeurs d'acide molybdique au travers du métal.

J'estime que ces propriétés pourront trouver quelques applications dans la Métallurgie.

Lorsque dans un métal saturé d'oxygène, tel que celui qui s'obtient dans la première période du convertisseur Bessemer, on veut enlever cet oxygène, on ajoute du manganèse, qui s'oxyde plus facilement que le fer, puis passe dans la scorie (Troost et Hautefeuille). On a proposé aussi d'employer l'aluminium qui a donné de bons résultats parce qu'il est très combustible, c'est-à-dire parce qu'il fixe l'oxygène, mais qui a l'inconvénient de produire de l'alumine solide. J'estime que le molybdène pourrait être utilisé dans les mêmes conditions; il aurait l'avantage :

1° De fournir un oxyde volatil, l'acide molybdique, qui se dégagerait immédiatement à l'état gazeux, en brassant toute la masse ;

2° Employé en léger excès, il laisserait dans le bain un métal aussi malléable que le fer et pouvant se tremper comme lui.

La poudre de molybdène, que l'on a cherché à utiliser jusqu'ici, ne peut rendre les mêmes services, parce qu'elle brûle rapidement sur le bain, au contact de l'air, avant d'avoir produit aucune action utile.

ANALYSE DU MOLYBDÈNE PUR

	11	12	13	14
Molybdène.	99,98	99,37	99,89	99,78
Carbone.	0,00	0,01	0,00	0,00
Scories	0,13	0,28	0,08	0,17

Conclusions. — Le molybdène peut être obtenu pur et fondu au four électrique. Ce métal, à l'état de pureté, a une densité de 9,01. Il est aussi malléable que le fer ; à froid il peut se limer et, à chaud, se forger. Chauffé dans une brasque de charbon, il se cémente et, par la trempe, fournit un acier beaucoup plus dur que le molybdène pur. Inversement, la fonte de molybdène, chauffée dans une masse d'oxyde, perd son carbone, s'affine et prend les propriétés du molybdène.

En présence d'un excès de carbone, le molybdène fournit, au four électrique, un carbure défini cristalisé de formule Mo^2C.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PROCÈS-VERBAUX

Séance du 24 mai 1895.

Présidence de *M. Mascart*, président.

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

M. Egleston, président de l' « *American Society of Mechanical Engineers* » (New-York), envoie le dessin d'une nouvelle jauge américaine pour fils de fer en décimales du pouce. Il annonce la formation, le 22 avril 1895, d'une commission de la Société métrologique pour l'adoption d'une jauge métrique. Ce comité comprend le président de l'Académie nationale des États-Unis, celui de la Société métrologique, le directeur du service hydrographique des côtes à Washington, le professeur de physique de l'Université de Chicago et M. Egleston. Il considère l'adoption d'une jauge décimale comme un grand progrès, et se prépare à amener l'adoption d'une jauge métrique. En outre, la dernière Chambre des députés a institué une commission composée du Secrétaire de la trésorerie, du Directeur de la Monnaie et du Directeur actuel du Coast Survey, pour étudier l'ensemble de la question de l'adoption du système métrique aux États-Unis.

M. Gauthier-Villars envoie une circulaire pour la souscription à la statue de Lavoisier, et en demande l'encartage au *Bulletin*. Cet encartage est accordé.

Nominations de membres du Conseil. — Sont nommés membres du Conseil : au Comité des Arts mécaniques, *M. Rozé*, répétiteur d'astronomie à l'École polytechnique, et au Comité des Constructions et Beaux-Arts, *M. Bouguereau*, artiste peintre, membre de l'Institut.

M. de Castelnau, ingénieur en chef des mines, est nommé membre correspondant du Comité des Arts mécaniques.

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

MM. Buquet, administrateur délégué des anciennes Salines de l'Est; *Golschalk*, membre du Comité consultatif des chemins de fer, et *Maire*, président du conseil d'administration des anciens Établissements Cail, présentés par *MM. de Luynes* et *Aimé Girard;*

MM. Bénard, président de la Société d'agriculture de Meaux, et *Colson Blanche*, président de l'Association de la meunerie française, présentés par *MM. Tisserand et Aimé Girard.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CONFÉRENCE. — *M. Zolla*, professeur à l'École nationale d'agriculture de Grignon, fait une conférence sur « *le développement et l'avenir de l'agriculture française* ».

M. le Président remercie et félicite *M. Zolla* de sa belle conférence, qui sera publiée *in extenso* au *Bulletin*.

Séance du 14 Juin 1895.

Présidence de *M. Mascart*, président.

DÉPOUILLEMENT DE LA CORRESPONDANCE, par *MM. Collignon* et *Aimé Girard*, secrétaires.

MM. Rozé et de *Castelnau* remercient le Conseil de leurs nominations de membre et de correspondant du Comité des Arts mécaniques.

M. Moty, impasse de la Gaîté, 10, envoie une communication sur la force et la vitesse. (Renvoyée au Comité des Arts mécaniques.)

M. Roux, constructeur à Lyon. Système d'encliquetage. (Arts mécaniques.)

Compagnie des chaudières mixtes, rue Saint-Lazare, 28, prospectus de chaudière annonçant une grande économie de charbon.

M. Delprat envoie de nombreuses lettres relatives à ses recherches d'aéronautique.

NOMINATIONS DE MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ. — Sont nommés membres de la Société :

M. Greiner, directeur des Établissements Cockerill, présenté par *MM. Haton de la Goupillière* et *Le Chatelier*.

M. Rouy, ingénieur en chef des mines de Dourges, présenté par *M. Greiner*.

M. Hamelle, manufacturier, présenté par *MM. de Luynes* et *Aimé Girard*.

M. Néron, présenté par *M. Pector*.

COMMUNICATIONS. — *M. Sosnowsky* fait une communication sur les *turbines à vapeur*.

La question des turbines à vapeur revient de plus en plus souvent à l'ordre du jour; il était intéressant d'en tracer l'historique, et de marquer les points principaux du progrès accompli dans cette direction jusqu'à ce jour.

Le sujet ne se prête pas encore à de longs développements au point de vue des résultats acquis. En effet, si l'on s'occupe beaucoup de ce nouveau genre de moteurs à vapeur, tout, ou presque tout, se réduisait, jusqu'à ces derniers temps, plutôt à une série de conceptions ou tentatives plus ou moins ingénieuses qu'à des aqqareils vraiment pratiques. Elles n'en ont pas moins d'intérêt pour cela,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

car, par leurs côtés faibles, par leurs défauts, même; elles nous ont indiqué la vraie voie, où il fallait s'engager pour arriver à un résultat pratique.

L'idée d'un moteur rotatif à vapeur est, de beaucoup, plus ancienne que celle d'un moteur à piston.

La sphère tournante, connue sous le nom d'éolipyle de Héron, n'est autre chose qu'une turbine à vapeur de réaction. Si l'on n'en a pas tiré parti à l'époque où elle a été conçue, c'est que le besoin d'un moteur ne se faisait pas encore sentir. Cette première conception a été reprise vingt siècles plus tard, et a donné naissance à une série de turbines de réaction qui ont amené en dernier lieu une des plus élégantes solutions du problème posé, sous forme d'une turbine d'action.

Il y a deux moyens d'utiliser l'énergie emmagasinée dans la vapeur à l'aide de la chaleur : soit en opposant à l'expansion de celle-ci une résistance égale à sa propre pression, soit en laissant cette vapeur se détendre librement et n'utiliser que son énergie cinétique.

Le premier mode appartient surtout à des moteurs à piston, que leur mouvement soit alternatif rectiligne ou rotatif.

Le second mode ne peut être appliqué qu'à des turbines.

Avec les *moteurs à piston*, il n'y a plus grand'chose à espérer au point de vue d'amélioration de leur rendement.

Pour les turbines à vapeur, dont le rendement a déjà atteint celui des meilleures machines à piston, le chemin reste, au contraire, complètement libre et l'avenir plein de promesses.

Donc, vingt siècles après l'éolipyle de Héron, et plus de cent ans après la réalisation du premier moteur à piston, on revient à l'idée de la turbine.

Comme les turbines hydrauliques, les turbines à vapeur peuvent être divisées en deux grandes catégories : *turbines à réaction*, dans lesquelles la pression agit concurremment avec la force vive, et *turbines d'action*, dans lesquelles le travail mécanique est uniquement produit par la force vive du fluide.

Nous avons toute une série de turbines de la première catégorie dont nous allons citer les principales suivant l'ordre de leur apparition. Nous n'avons, par contre, qu'une turbine d'action — c'est la turbine de Laval.

En premier lieu, nous devons citer la turbine de *Girard*, qui ne nous est connue que par un mémoire de Foucault.

En 1884, *Parsons* réalise son turbo-générateur électrique, dont le moteur était une turbine du type Laval à circulation parallèle à l'axe de rotation.

En 1885 paraît la turbine d'*Isaac Last*. Le disque mobile, calé sur l'arbre moteur, porte des ailettes disposées en face des ailettes fixées sur l'enveloppe. La vapeur se dirige du centre à la périphérie, de la périphérie au centre, et ainsi de suite, en faisant mouvoir la ou les zones réceptrices.

Presque en même temps, paraît la turbine *Dumoulin* (1886), qui présente

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

beaucoup d'analogie avec la précédente. Ici, c'est l'enveloppe qui est calée sur l'arbre, et porte les aubes réceptrices. La vapeur passe successivement du disque fixe, qui se trouve à l'intérieur, à la couronne de l'enveloppe mobile, puis de cette couronne au disque, jusqu'à l'échappement.

En 1890, *Parsons* crée une turbine *centripète*, et, en 1891, une turbine *centrifuge*. Toutes les deux sont caractérisées par le fait que la chute de pression de la vapeur ne se fait pas d'une seule fois, mais s'opère graduellement, en passant par une série de distributeurs fixes et de roues-turbines.

La turbine *Edwards* (1892) est une turbine centrifuge. Elle se compose d'un disque mobile entre deux plateaux fixes et entraînant l'arbre de couche. Le jeu entre ce disque et les deux plateaux ne doit pas dépasser 7/100 de millimètre pour avoir un bon rendement.

La turbine *Dow* (1893) est encore une turbine centrifuge à plusieurs roues réceptrices disposées symétriquement des deux côtés d'admission.

Dans la turbine d'*Isaac Schmitt* (1893), la vapeur admise au centre suit un chemin sphéroïdal en se détendant.

La turbine *Mac Elroy* (1893) et une turbine centripète.

La turbine *à réaction* de *Parsons* (1893) est l'application directe du principe de l'éolipyle de Héron.

Dans la turbine *Hopkins* (1894), deux disques sont collés l'un contre l'autre, et fixés sur l'arbre moteur. Ils portent dans leur partie évasée les aubes réceptrices. Les distributeurs sont cylindriques, et la vapeur s'échappe par un espace annulaire.

La turbine *Wrentel* (1894) est encore une turbine de réaction.

Les turbines *Morton* sont basées sur le même principe, avec cette différence qu'elles n'ont pas de distributeurs fixes, ce qui ne paraît pas, d'ailleurs, être un avantage.

A l'exception de cette dernière, tous les appareils décrits utilisant la pression de la vapeur, exigent une parfaite étanchéité, et c'est là leur côté faible.

Au lieu d'utiliser la pression de la vapeur, *de Laval* (1889) a eu l'idée de n'utiliser que sa force vive. La détente complète s'opère dans les distributeurs. La roue réceptrice est mue par la force vive seule, ou, pour mieux dire, par la vitesse du fluide détendu, la densité de celui-ci étant très faible.

Le rendement maximum de cet appareil est obtenu lorsque la vitesse périphérique de la turbine v est liée à la vitesse w de la vapeur et à l'angle d'inclinaison des aubes distributrices a par la relation :

$$v = \frac{\omega}{2 \cos a}.$$

La vapeur s'écoulant dans l'air sans pression par un orifice de petite section, prend des vitesses considérables. Les vitesses périphériques de la roue réceptrice doivent être, par conséquent, très élevées.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Avec ces vitesses, — le nombre de tours atteint 30 000 par minute dans les petites machines — le moindre défaut de centrage du disque récepteur pourrait causer de très graves inconvénients. Cette difficulté a été éliminée par l'emploi d'un *arbre flexible*.

La *consommation* des turbines de Laval est actuellement égale à celle des meilleures machines à vapeur.

Avec des pressions aux générateurs plus élevées, on arrivera à des consommations plus réduites encore, et c'est là le grand avenir de ces machines.

Les moteurs utilisant la pression de la vapeur ne peuvent pas en dépasser une certaine limite, pour des raisons qu'il est facile de comprendre.

La turbine d'action, n'utilisant que la force vive de cette vapeur, ne connaît pas cette limite, et pourra travailler aussi bien avec 25 qu'avec 50 kilos et au-dessus.

Or, avec 50 kilos de pression d'admission, et l'échappement au condenseur sous une pression de $0^k,10$ par centimètre carré, la consommation par *cheval effectif* et par heure n'atteindra même pas 55 kilos de vapeur.

En fait d'*applications*, en dehors de toutes celles que nous connaissons déjà, nous allons citer les *turbines-pompes*, dont vous avez un modèle devant les yeux Une turbine-pompe de 5 chevaux, dont le poids total ne dépasse pas 158 kilos, peut élever, à la vitesse de 3 000 tours par minute, 54 mètres cubes d'eau à l'heure à 17 mètres de hauteur. Une turbine-pompe de 10 chevaux, et dont le poids ne dépasse pas 300 kilos, peut élever, à la vitesse de 2 400 tours à la minute, 87 mètres cubes à l'heure à 22 mètres.

Une turbine-pompe de 30 chevaux peut lancer, à la vitesse de 2 200 tours à la minute, un jet de 102 mètres cubes à l'heure à la hauteur de 60 mètres. Le groupe ne pèse que 950 kilos, et son encombrement est de $1^m,850 \times 0^m,850 \times 1^m,200$.

Le rendement de ces groupes peut dépasser 70 p. 100.

Les *avantages* du système sont trop visibles pour que nous ayons besoin d'insister, une simple inspection de l'appareil suffit pour s'en rendre compte.

M. le Président remercie *M. Sosnowski* de son intéressante communication qui sera renvoyée au Comité des Arts mécaniques.

ERRATUM

RECTIFICATION au *Bulletin* de décembre 1894, page 956 :

M. Coret n'a pas, comme il est dit à la page 956 du *Bulletin* de décembre 1894, vendu son brevet de thermomètre métallique, mais seulement des modèles de ces thermomètres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

BIBLIOGRAPHIE

Traité pratique de la construction des machines à vapeur fixes et marines, par M. **Maurice DEMOULIN**, ingénieur des arts et manufactures (1).

L'objet de cet important ouvrage n'est pas d'ajouter à la liste déjà si longue des traités de machines à vapeur un nouveau volume, en exposant de nouveau et en discutant à fond les principes généraux, mais de doter la bibliothèque des mécaniciens d'un livre où ils trouveront exposée avec méthode la pratique actuelle adoptée pour la construction, le montage et l'établissement des principaux organes de la machine à vapeur. L'ouvrage de M. Demoulin répond parfaitement à son objet, et sera d'une grande utilité pour les praticiens auxquels il prescrit, sous une forme condensée et très claire, une foule de renseignements précis et d'un grand intérêt.

Après quelques considérations clairement exposées sur l'état actuel de nos connaissances relatives à la machine à vapeur, le type à adopter en vue d'une application donnée et la détermination des dimensions générales de la machine en fonction de la puissance voulue, l'auteur entre dans le vif de son sujet par l'étude de la construction du *cylindre*, le calcul de son épaisseur, de ses conduits de vapeur, d'intéressants détails sur la fixation des chemises d'enveloppes (p. 15) et quelques mots trop écourtés sur le moulage et la fonderie, puis par une étude très intéressante des bâtis des machines fixes et marines, et même des machines de torpilleurs, représentées par un exemple qui ne paraît malheureusement pas choisi parmi les plus modernes. Le piston, ses garnitures, sa tige et ses contretiges font l'objet d'un chapitre spécial abondamment documenté. Il en est de même de celui consacré au guidage de la tige du piston : glissières, crosses, coulisseaux, etc., qui renferme (p. 224) quelques considérations intéressantes sur les *coefficients d'usure* de Widman, etc.

Les chapitres VIII et IX, consacrés à l'étude des bielles, des têtes de bielles, des arbres et des tourillons, renferment, à côté de nombreux exemples des formes les plus usuelles, quelques formules fondées en partie (pp. 266 et 274) sur l'emploi des coefficients d'usure, et, pour les arbres de machines marines (p. 272), sur des données expérimentales bien constatées. On y trouvera des descriptions intéressantes d'arbres coudés en pièces rapportées, comme, par exemple, ceux de Hall (p. 287) encore peu connus chez nous.

Les paliers et les coussinets font l'objet du chapitre X. On y trouvera, pages 301 et 303, d'intéressantes considérations sur les principales causes de leur échauffement, leur graissage et l'emploi des métaux antifriction. Le chapitre suivant, consacré aux volants, donne, avec quelques formules de leur efficacité, la description d'un grand nombre de types, dont quelques-uns empruntés à la pratique américaine. On sait que, depuis la vogue des machines rapides, les volants donnent lieu à de nombreux accidents de rupture, principalement quand ils servent en même temps de poulies motrices, de sorte que leur étude doit être faite avec le plus grand soin.

Les trois derniers chapitres de l'ouvrage étudient successivement les organes de distribution, les stuffing box, les condenseurs et les pompes à air, toujours principalement au point de vue de leur construction proprement dite.

(1) 1 vol. grand in-8, 430 pp. et 483 fig. Paris, Baudry, 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On voit, par ce trop court résumé, que l'auteur a bien réellement étudié sous tous ses aspects la construction de la machine à vapeur. Nous achèverons de recommander son ouvrage en disant qu'il est fort bien édité : ses 483 figures, toutes bien classées, sont groupées en suites rationnelles dans une série de planches ou tableaux en texte qui en rendent la lecture facile et rapide. G. R.

Cours élémentaire d'électricité. Leçons professées à l'Institut industriel du Nord de la France par M. **Bernard BRUNHES**, maître de conférences à la Faculté des sciences de Lille (1).

Cet ouvrage comprend sept chapitres, intitulés : Le *Courant*, le *Magnétisme*, l'*Électromagnétisme*, les *Mesures électriques*, l'*Induction* et les *Principes d'électrotechnique*.

Le but que s'est proposé l'auteur est d'exposer d'une façon rigoureusement scientifique, mais aussi élémentaire que possible, les notions indispensables à l'électrotechnique. Le passage suivant de la préface de M. Brunhes fera parfaitement comprendre la méthode adoptée dans cette vue par l'auteur :

Si j'ai cherché à donner un exposé des principes fondamentaux de l'électricité, qui, logiquement, se suffit à lui-même, j'ai cru pouvoir supprimer d'une manière absolue quelques-uns des développements que l'on trouve dans les Ouvrages didactiques. C'est surtout en Électrostatique que j'ai élagué. On peut faire concevoir la force électromotrice comme une grandeur physique définie et mesurable, sans supposer à ses auditeurs l'instruction mathématique nécessaire pour comprendre ce qu'est le potentiel électrostatique. Ce n'est pas que j'aie craint d'employer, quand la chose était nécessaire, comme, par exemple, dans l'étude des courants alternatifs, le langage et les notations du Calcul différentiel; — ce que je n'ai pas voulu, c'est asseoir une idée physique essentielle sur des notions mathématiques, dans des esprits chez qui elles manquent encore de stabilité...

Par les différences mêmes qu'il présente avec les excellents Traités classiques qui ne sont plus rares aujourd'hui, j'estime que ce cours peut être utile aux élèves de l'Enseignement secondaire aussi bien qu'aux élèves des Écoles industrielles. Ceux qui voudront ensuite aller plus loin sauront reconnaître, en maint endroit, les pierres d'attente que j'ai posées. Je crois être utile surtout aux personnes qui ont appris les éléments de l'Électricité à une époque déjà vieille de quelques années, et qui désirent le plus brièvement possible se rendre capables d'aborder aujourd'hui des études sérieuses d'Électrotechnique.

La Laiterie, par **A. F. POURIAN** (5e édition) 1 vol. in-18, 900 p. 423 figures. Librairie Audot-Lebroc.

Nous signalons tout particulièrement aux agriculteurs la cinquième édition de cet ouvrage qui a mérité à son auteur une médaille d'or de la Société d'Encouragement (2).

(1) 1 vol. in-8. 137 figures. Paris, Gauthier-Villars (prix, 3 fr.).
(2) Bulletin de janvier 1889, p. 79.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LIVRES ET OUVRAGES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE

EN JUIN 1895

Nouveau dictionnaire illustré, par M. Paul Guérin. 1 vol. in-18, 887 p., chez Mame, à Tours.

Annuaire de la papeterie française et étrangère, Paris, Office des fabricants de papier, 18, rue des Pyramides. 1 vol. in-18, 600 p.

L'industrie de la soude, par G. Halphen. 1 vol. in-18, 368 p., de l'*Encyclopédie de chimie industrielle*, chez J.-B. Baillière et fils.

Manuel de la métallurgie du fer, par Ledebur, traduction de B. de Langlade, vol. II. 1 vol. in-8, 700 p., 327 fig. Paris, Baudry.

Construction des machines à vapeur fixes et marines, par M. Demoulin. 1 vol. grand in-8, 430 p., 483 fig. Paris, Baudry. (Voir la Bibliographie du présent Bulletin.)

Étuvage des farines d'armement, par le Dr Carles. 1 br. in-8, 15 p. Paris, les Libraires associés, 13, rue de Buci.

Bulletin de l'Institut égyptien, janvier, février, mars, avril et mai 1894. Le Caire, Imprimerie nationale.

Bulletin du Comité des travaux historiques et scientifiques. Section des sciences économiques et sociales, année 1894 (*du ministère de l'Instruction publique et des Beaux-Arts*). 1 vol. in-8, 364 p. Imprimerie nationale.

Recueil de lois, ordonnances et décrets concernant les services dépendant du ministère des Travaux publics. 1 vol. in-8, 450 p. Paris, Imprimerie administrative, C. Jousset.

De la *Smithsonian Institution*. **Rapport annuel** pour 1893. 1 vol. in-8, 760 p. Imprimerie du Gouvernement, à Washington.

Bibliographie de l'éther acéto-acétique. 1 vol. in-8, 140 p.

Littérature du didymium. 1 broch. in-8, 20 p.

Tables géographiques Smithsoniennes. 1 vol. in-8, 182 p.

Nombreuses applications d'une construction géométrique élémentaire, par E. Collignon (*Membre du Conseil*). 1 broch. in-8. 36 p. Association française pour l'avancement des sciences, section de Caen.

Les applications mécaniques de l'énergie électrique, par J. Laffargue. 1 vol. in-18, 365 p., chez J. Fritsh.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les grands télescopes à lentilles cylindro-cruciales, par E. HEBERT. 1 broch. in-18, autographiée, chez l'auteur, 17, rue Victor-Hugo, le Havre.

Les nouvelles voitures du chemin de fer d'Orléans, par E. POLONCEAU. 1 broch. grand in-8, 20 p. et 14 planches (Extrait de la *Revue générale des chemins de fer.*)

Nécessité de l'inspection sanitaire des viandes dans les campagnes (Société vétérinaire de l'Aube). 1 broch. in-18, 54 p. Troyes, imprimerie Martelet.

Bulletin de l'Association des Industriels de France contre les accidents du travail (année 1895). 1 vol. in-18, 250 p. Au siège de l'Association, 3, rue de Lutèce.

La Laiterie, par A.-F. POURIAN; 3e édition. 1 vol. petit in-18, 900 p. Librairie Audot-Lebroc, 8, rue Garancière.

Congrès des Sociétés savantes. Discours prononcés à la séance générale du 20 avril 1895, par MM. MOISSAN et POINCARÉ. 1 broch. in-8, 32 p. Imprimerie nationale.

Du ministère de l'Instruction publique et des Beaux-Arts. — **Comité des travaux historiques et scientifiques. Liste des membres.** 1 vol. in-8, 110 p. Imprimerie nationale.

Du ministère des Travaux publics. — **Les Ports maritimes de France**, vol. VII. — **De Banyuls à Aigues-Mortes.** 1 vol. in-8, 378 p. et atlas. Imprimerie nationale.

Du ministère du Commerce. — **Rapport à M. le Président de la République sur les opérations des Caisses d'épargne ordinaires en 1893**, 1 vol. gr. in-8, 105 p. Imprimerie nationale.

L'A B C du Chauffeur, par H. MATHIEU, 1 vol. petit in-18, 268 p. Chez Baudry.

L'Alcool et l'Ouvrier, par M. Léon MALO, 1 brochure in-18, 23 p. Imprimerie du *Salut public*, Lyon.

American Rail and Tramways, et Fabrication de la fonte à bon marché dans le sud des États-Unis, par M. JEREMIAH HEAD. 1 broch. in-18, 65 et 5 p. (Extrait des mémoires de la *Cleveland Institution of Engineers.*)

Essais des courants hydrauliques, par MM. SLANGER et B. BLOUNT. 1 broch. in-18, 31 p. (Extrait des comptes rendus de la *Society of Chemical Industry de Londres.*)

Du ministère de l'Instruction publique et des Beaux-Arts. — **Bulletin de Géographie historique et descriptive** (année 1894, n° 2). 1 vol. in-18, 464 p. Chez E. Leroux, 28, rue Bonaparte.

Note sur l'emploi de l'air comprimé pour l'exécution des travaux hydrauliques, par M. H. HERSENT. 1 broch. in-8, 35 p. Imprimerie Chaix.

De M. A. DELEBECQUE, ingénieur des Ponts et Chaussées : **Atlas des lacs français.** — **Composition des eaux de la Dranse, du Chablais et du Rhône à leur entrée dans le lac de Genève.** — Les extraits suivants des *Comptes rendus de l'Académie des Sciences :* **Sur quelques lacs des Alpes, de l'Aubrac et des Pyrénées. — Sur le carbonate de chaux de l'eau des lacs. — Sur l'âge du lac du Bourget et les alluvions anciennes de Chambéry et de la vallée de l'Isère. — Sur la variation de la composition de l'eau des lacs avec la profondeur et suivant les saisons.** — Extraits de la *Bibliothèque universelle de Lausanne* : **La moraine d'Yvoire. — Les lacs du mont Cenis et du massif de Belledonne. — Les eaux du Rhône, de la Dranse et du Chablais. — Sur l'âge des**

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

alluvions anciennes du bois de la Batie de Bougy et de la Dranse, et leurs relations avec le lac de Genève.

De M. A. GIBON, membre du Conseil : **Les chefs d'usine : patronage et socialisme. — Retraites organisées par les compagnies houillières au profit des ouvriers mineurs** 2 broch. Chez Guillaumin. **Le Socialisme et l'Industrie. Les meilleures pratiques de la paix des ateliers.** (Extrait de la *Réforme sociale.*)

Bulletin de la Société industrielle de Reims (année 1894). 1 broch. in-18. Paris, librairie Lacroix.

Exposition internationale de Chicago. Rapports publiés sous la direction de M. C. KRANTZ. — **Rapports de la délégation ouvrière** (mines, métallurgie, mécanique, ameublement, céramique, verrerie, bronzes, orfèvrerie, bijouterie, horlogerie, tissage, cuirs, armes de guerre et de chasse, électricité, imprimerie, instruments de précision. **L'invention, l'employé et les syndicats ouvriers aux États-Unis.** 1 vol. in-8, 700 p. Imprimerie nationale.

American Society of Mechanical Engineers (New-York). Transactions, vol. XV (1884). 1 vol. in-8, 1 368 p.

Local agricultural Price System. Report for 1891-1893, par THOMAS ROCHFORD. 1 broch, in-8, 80 p. Chez l'auteur, à Tipperary (Irlande).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LITTÉRATURE

DES

PÉRIODIQUES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIÉTÉ

Du 15 Mai au 15 Juin 1895.

DÉSIGNATIONS ABRÉGÉES DES PUBLICATIONS CITÉES

Ag. . . . Journal de l'Agriculture.
Ac.. . . . Annales de la Construction.
Acp. . . . Annales de Chimie et de Physique.
AM. . . . Annales des Mines.
Ap. . . . Journal d'Agriculture pratique.
APC . . . Annales des Ponts et Chaussées.
At. . . . Annales télégraphiques.
Bam . . . Bulletin technologique des anciens élèves des écoles des arts et métiers.
Btp. . . . Bulletin du ministère des Travaux publics (statistiques).
Ci. . . . Chronique industrielle.
Co.. . . . Cosmos.
CN. . . . Chimical News (London).
Cs.. . . . Journal of the Chemical Society (London).
CR. . . . Comptes rendus de l'Académie des Sciences.
Dp. . . . Dingler's Polytechnisches Journal.
E. . . . . Engineering.
E'. . . . . The Engineer.
EaM. . . . Engineering and Mining Journal.
EE.. . . . Eclairage Électrique.
El.. . . . Electrician (London).
Elé. . . . L'Électricien.
Eg. . . . Journal de l'Éclairage au gaz.
Ef. . . . . Économiste français.
Es.. . . Engineers and Shipbuilders in Scotland (Proceedings).
Fi . . . . Journal of the Franklin Institute (Philadelphie).
Gc. . . . Génie civil.
IC. . . . . Ingénieurs civils de France (Bulletin.).
Ie. . . . Industrie électrique.
Im.. . . . Industrie minérale de Saint-Étienne.
IME.. . . Institutions of Mechanical Engineers (Proceedings).
In. . . . Inventions nouvelles.
Ln. . . . La Nature.
Ms. . . . Moniteur scientifique.
N. . . . Nature (anglais).
OIA.. . . Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieure und Architekten. Vereins.
Pc. . . . Journal de Pharmacie et de Chimie.
Pm . . . *Portefeuille* économique des *machines*.
Rgc.. . . Revue générale des chemins de fer.
Rgds. . . Revue générale des Sciences.
Ri. . . . Revue industrielle.
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 (Bulletin).
Sfp . . . Société française de photographie (Bulletin).
Si. . . . La Science illustrée.
Sie. . . . Société internationale des Électriciens (Bulletin).
Sg. . . . Bulletin de la Société de géographie.
Sgc . . . Bulletin de la Société de géographie commerciale.
SL. . . . Bulletin de statistique et de législation.
SuE. . . Shahl und Eisen.
USR. . . Consular Reports to the United States Government.
VDI.. . . Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

Agava Rigida (l'). Bull. de l'Inst. Egyptien, *Mai*, 231.

Avoine. Analyse de l' — (Millet). *Ag.* 25 *Mai*, 820.

— La Cécidomye de l' — (Marchal). *CR.* 10 *Juin*, 1283.

Céréales. Prix de revient du blé au Bosquet en 1894 (Joulie). *Ag.* 25 *Mai*, 815.

— Un blé sur scories (Chassant). *Ag.* 8 *Juin*, 892.

— Sarclage et enseiglage des blés (Henri). *Ap.* 23 *Mai*, 745.

Charrue Backhouse. *E.* 31 *Mai*, 715.

— *draineuse* (la). Acland. *E.* 24 *Mai*, 442.

Chanvre de Manille (Le). Bulletin du Musée colonial de Harlem. *Mars*, 1.

Engrais. Fumier de ferme et nitrate de soude (Kuhn-Grandeau). *Ap.* 30 *Mai*, 775.

— Bactéries des — (Herfeldt). *Cs.* 31 *Mai*, 449.

— Accumulation dans les sols des composés cuivriques anti-parasitaires (A. Girard). *CR.* 27 *Mai*, 1147.

— Composés cuivriques dans le sol (Sagnier). *Ag.* 8 *Juin*, 887.

— Nitrification des terrains granitiques (Claudel et Dumont). *Ag.* 25 *Mai*, 815.

Forces hydrauliques. Application des — à l'agriculture par l'électricité (Taillades, *Bam. Juin*, 517.

Fourrages. La *Sulla*. Sainfoin d'Espagne et d'Algérie (Grandeau). *Ap.* 68, 13 *Juin*) 812, 350.

— Le *pastel* comme plante fourragère (Scribaux). *Ap.* 6 *Juin*, 820.

— Culture des fourrages dans les terres calcaires des Causses (Scribaux). *Ap.* 13 *Juin*, 854.

Germination. Étude de la — (Schlœsing). *CR.* 19 *Juin*, 1278.

Hannetons. Destruction et utilisation (Pagnoul). *Ap.* 23 *Mai*, 741.

Lait. *Composition* du — (Van Slyke). *Ms. Juin*, 460.

— *Coloration* et *coagulation* par la chaleur (Cazeneuve et Hadsom). *CR.* 10 *Juin*, 1272.

— *Industrie laitière* en Belgique. *Ag.* 8 *Juin*, 905.

Mécanique agricole. Instruments aratoires de P. Fondeur. *Ag.* 25 *Mai*, 820.

Mécanique (La) au Concours régional de Clermont (Ringelmann). *Ap.* 13 *Juin*, 867.

Pommes de terre. Fixation de l'iode par l'amidon des — (Rouvier) *CR.* 7 *Mai*, 1179.

Vigne. Réfrigération des mouts de raisins. *Ag.* 15 *Juin*, 939.

Pressoir Savary, *Ci.* 16 *Juin*, 288.

CHEMINS DE FER

Accidents de Wood Green. *E.* 17, 24 *Mai*, 649, 681.

— de Marlborough. *E.* 14 *Juin*, 771.

— en France en 1893. *SL. Décembre*, 366.

— Collisions de Weshaw. *E.* 24 *Mai*, 680.

— Chute d'une locomotive dans une forme de radoub. *Rt.* 25 *Mai*, 217.

— en Angleterre (1894). *E'.* 31 *Mai*, 469.

Chemins de fer belges. *E.* 7 *Juin*, 723.

— d'intérêt local. Résultats d'exploitation en 1893 et 1894. *SL. Déc.* 348.

Essieu variable Willoughby. *E.* 24 *Mai*, 684.

— Rousseau *Bam. Mai*, 438.

Freins pour voies étroites. *E.* 7 *Juin*, 745.

— Westinghouse rapide. *E.* 30 *Juin*, 732.

Locomotives express. *ZOI.* 31 *Mai*, 311.

— Les (Aspinall). *E'.* 14 *Juin*, 504.

— Reynolds. *E.* 17 *Mai*, 656.

— Express du Great Western. *E'.* 31 *Mai*, 472.

— Pour usines. Baynal. *E.* 7 *Juin*, 741.

— Influence des tubes en fer sur la dépense de charbon (Belleroche). *Ru. Avril*, 41.

— Indicateur de vitesse (Klose). *Ri.* 15 *Juin*, 233.

— *Patinage* (des). Appareil pour empêcher le (Toussaint) *Bam, Juin*, 530.

Services. Organisation des — (Duca). *E.* 31 *Mai*, 714.

Station terminus *Union* de Saint-Louis. *E.* 17 *Mai*, 634.

Superstructure en Angleterre et en Amérique. *ZOI*, 17 *Mai*, 285.

— de l'État prussien. *VDI.* 18 *Mai*, 574.

Trains d'ouvriers (Les). *E.* 14 *Juin*, 765.

Truck pour transbordement de voie large à voie étroite (Gazzy). *Bam.* 1er *Mai*, 438.

Voiture de la Gloucester Railway Carriage Cº. *E.* 7 *Juin*, 727.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TRANSPORTS DIVERS

Bicyclette pliante. *In.* 20 *Mai*, 453.
— (Théorie de la) (Ferron). *Co.* 1er *Juin*, 272.
— (Détails de la). *Dp.* 17 *Mai*, 154.
Cablevays (Les). *Ln.* 25 *Mai*, 406.
Tramways *à air comprimé* (Barbet). *Gc.* 25 *Mai*, 1, 15 *Juin*, 54, 68, 97.
— *à contrepoids* pour rampes. *EE.* 11 *Mai*, 438.
— *à gaz* Holt. *E.* 17 *Mai*, 655. — allemands, *E.* 14 *Juin*, 506.
— *électro-funiculaire* du Burgenstock, *Pm. Juin*, 94.
— *électriques* Dawson. *E.* 24, 31 *Mai*, 7, 14. *Juin*, 661, 693, 722, 751.
Kapp. *EE.* 25 *Mai*, 371.
de Lausanne. *Ie.* 10 *Juin*, 243.
de Boston (Pelissier). *EE.* 18 *Mai*, 295
Clavel Wuillemier. *EE.* 8 *Juin*, 448.
par accumulateurs. *Ie.* 25 *Mai*, 209.
Protection des canalisations contre les courants des. — *Ie.* 10 *Juin*, 243.
Transports aux colonies (Les). *Co.* 1er *Juin*, 264.
Voitures automobiles. Course Paris-Bordeaux. *Ln.* 15 *Juin*, 42.

CHIMIE ET PHYSIQUE

Acétone. Fabrication (Squibb.). *Cs.* 31 *Mai*, 506.
Acides *sulfurique* concentré par l'électrolyse (Wacker). *Cs.* 31 *Mai*, 484.
— *perchloreux.* Préparation et application à la détermination du potassium. *American Journal of Science, Juin*, 443.
— *fluorhydrique.* Dosage acidimétrique de — (Haga), *ScP.* 28 *Mai*, 713.
— *Azotiques* et azoteux. Fabrication, procédé Valentiner (Hallwell). *Ms. Juin*, 428. Réduction par le fer ou le zinc humides et par les métaux (Sabatier de Senderens). *CR.* 27 *Mai*, 7 *Juin*, 1158, 1212.
Air liquide. Usages scientifiques de l'— (Dewar). *RSL.* 1er *Juin*, 675.
Aldéhydes. Alcools et acides. Recherches thermochimiques sur les — (Berthelot et Revals). *CR.* 20 *Mai*, 1086.
Alcools. Production en 1893-1894. *SL. Mai*, 482. *Nitrés*, formation synthétique des — (Henry). *CR.* 10 *Juin*, 1265.
— artificiels. *Ln.* 15 *Juin*, 33.
Argon. CN. 17, 24, 31 *Mai*, 235, 248, 259. *ScP.* 20 *Mai*, 5 *Juin*, 712, 774. *N.* 6, 13 *Juin*, 127, 159.
Argent. Modification moléculaire dans un amalgame d' — (Littleton). *ScP.* 20 *Mai*, 715.
Analyse des eaux (Bachman). *Cs.* 31 *Mai*, 511.
— du peroxyde de sodium (Archbutt). *Cs.* 31 *Mai*, 513.
— *spectrale* des gaz dégagés par quelques minéraux (N. Lockyer). *CR.* 20 *Mai*, 1103.
— *thermométrique* (L'). *CN.* 31 *Mai*, 259.
— *Estimation des alcalis* dans les argiles réfractaires, engrais, etc. (Cameron). *Cs.* 31 *Mai*, 427.
— du phosphore dans le fer et les minerais de fer renfermant du titane (Pattinson). *Cs.* 31 *Mai*, 443.
Azote. Dosage de l' — (Kjeldahl). *CN.* 7 *Juin*, 277.
Asphalte. La question de l' —. *Cs.* 31 *Mai*, 524.
Balance chimique. Phillips. *E.*, 14 *Juin*, 771.
Cacao et Chocolat. Pc. 15 *Juin*, 593.
Cadmium. Séparation du cuivre et du —. Analyse qualitative (Cushman). *CN.* 31 *Mai*, 262.
Calomel (Le) (Meyer). *ScP.* 20 *Mai*, 713.
Caoutchouc. Vulcanisation du — (Weber). *Cs.* 31 *Mai*, 436.
Céruse. Fabrication de la —. *Pc.* 1er *Juin*, 562.
Chaux et Ciments. Four à briques Dean et à ciments (Buggs). *E.* 24 *Mai*, 684.
— à chaux Foster. *E.* 14 *Juin*, 782.
— Ciments de laitier (Fabrication des) *Eam. Juin*, 505.
Chrome. Détermination dans les minerais (Clark). *Cs.* 31 *Mai*, 510.
Chlore. Fabrication au moyen des acides chlorhydrique et azotique (Pelet). *Ms. Juin*, 417, et par l'acide sulfurique (fabrique de Chemnitz). *Cs.* 31 *Mai*, 483.
Classification des éléments chimiques (Lecoq de Boisbaudran). *CR.* 20 *Mai* 1097.
Corps gras *Industrie des suifs* comestibles et industriels (Jean). *Rgds.* 15 *Mai*, 412.
— *Analyse des graisses* et résines (Mac Illhiney). *Ms. Juin*, 441.
— *Détermination des acides* gras, solides et liquides (Twichell). *Cs.* 31 *Mai*, 515.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Corps gras Point de congélation des acides gras Wolfbauer). *SP.* 5 *Juin*, 774.

Cyanogène (Détermination du) dans les dissolutions impures contenant du zinc (Clennell). *CN.* 7 *Juin*, 274.

Cyanure nikélo-potassique. Action des réducteurs sur le — (Moore). *ScP.* 20 *Mai*, 714.

— de potassium. Fabrication du — (Macky et Hutcheson). *Cs.* 31 *Mai*, 482.

État naissant (L') (Andrews). *ScP.* 20 *Mai*, 709.

Essences artificielles (Les). *Co.* 15 *Juin*, 338.

Explosifs *de sûreté* (Les). *E.* 24 *Mai*, 675.

— *pour mines* (Lewes). *E.* 7 *Juin*, 495.

— *Fabrication de la nitro-glycérine* (Blomen). *Cs.* 31 *Mai*, 507.

Fermentation. Organismes de la —(Petit). *Ms, Juin*, 401.

Gaz d'éclairage. *Four* Witton. *Cs.* 31 *Mai*, 471. Gaz de Londres. *E'.* 14 *Juin*, 513.

— *Cornue* rotative Yeadon. *Ri.* 25 *Mai*, 208.

Carbure de calcium (Le) (Vinable et Clarke). *Cs.* 31 *Mai*, 470, sa préparation industrielle (Moissan). *Rgds.* 15 *Juin*, 514.

— Action de la chaleur sur l'*Ethylène* (Lewes). *RsL.* 7 *Mars*, 394. *CN.* 7 *Juin*, 273.

— *Fabrication du par les huiles minérales et goudrons* (Laing). *Cs.* 31 *Mai*, 471.

— Causes de la *luminosité des flammes* d'hydro-carbures (Lewes). *RsL.* 21 *Mars*, 450.

— *Acétylène.* Production de par l'étincelle électrique (Korda). *Ms. Juin*, 409. Propriétés physiques de l'—. (Villard). *CR.* 10 *Juin*, 262. Le gaz à (Grandé). L'industria, *Juin*, 372.

— *Allumeurs automatiques* (Duke). *Cs.* 31 *Mai*, 473.

— *Synthèse industrielle des hydrocarbures* éclairants (Lewes). *Ms. Juin*, 444.

— *Mélanges explosifs.* limites des gaz comburants et de l'air. *Et.* 7 *Juin*, 496.

— *Enrichissement du* — (Stenhouse). *Cs.* 31 *Mai*, 435.

Genèse des éléments (Blanchard). *CN.* 14 *Juin*, 285.

Hélium. Rs. 24 *Mai*, 654. *N.* 6 *Juin*, 128. *CR.* 4 *Juin*, 1212. *CN.* 7, 14 *Juin*, 271, 283.

Huiles (Oxydation des). *Ri.* 1er *Juin*, 218. Recherche du savon dans les lubrifiants (Schweitrer). *Ms. Juin*, 443. Déterminat des dans les tourteaux de lin (Paton). *Cs.* 31 *Mai*, 446.

Huiles. Échauffement spontané des huiles grasses absorbées par les substances poreuses (Kessling). *Ms. Juin*, 435.

Hydrocarbures. Nouvelle classe de composés des hydrocarbures inactifs (Wanklyn et Cooper). *CN.* 24 *Mai*, 250.

Hypochlorites et *Chlorates.* Fab. par électrolyse (Oettel). *Cs.* 31 *Mai*, 492.

Mercure (Transformation isomérique des sels de) (Varet). *CR.* 20 *Mai*, 1114.

— Chlorures, bromures et iodures de. (Varet). *CR.* 14 *Mai*, 1054.

Noir animal (Décarbonisation du) (Horne). *CN.* 14 *Juin*, 289.

Opium. Détermination de la morphine (Lyman Kebler). *Cs.* 31 *Mai*, 464.

Optique. Mesure des étalons d'épaisseur (de Lepinay). *Acp. Juin*, 210. Jumelles zciss. *Co*, 15 *Juin*, 326. Les étalons de lumière. *E'* 24 *Mai*, 447. Lumenmètre Blondel. *Sic. Mai*, 211.

Oxygène. Poids atomique (Morley). *CN.* 31 *Mai*, 263.

Papier (Fabrication du) de tenture. *Si.* 1er *Juin*, 7.

— Liqueur sulfurée des *Pulp Engines* de cellulose (Ahrens). *Cs.* 31 *Mai*, 503.

Peroxyde d'azote. Action sur les sels halogènes d'antimoine (Thomas). *CR.* 20 *Mai*, 1115.

Pendule (Nouvelles études sur le). (Caspari). *Rgds.* 15 *Mai*, 401.

Pétrole. Carburateur Ormerbl. *E.* 7 *Juin*, 747.

— (Lampes à) sans mèche. *Ci.* 2 *Juin*, 255. Oxydation du naphte (Holde). *Ms. Juin*, 448. Composition des pétroles sulfurés américains (Maber). *Fi. Juin*, 401. L'oxokérite (Grosling), *id.*, 449.

— (Bec incandescent au) (Muella). *E.* 7 *Juin*, 747.

Phosphates (Production et consommation actuelle des) (Levat). *ScP.* 5 *Juin*, 623.

— *ammoniaco-manganeux* (Le) et son emploi pour le dosage volumétrique de l'acide phosphorique (Lindemann et Motten). *ScP.* 20 *Mai*, 523.

— *Soluble* (Dosage du) (Edwards). *ScP.* 20 *Mai*, 715.

Sucrerie (Emploi des électromoteurs en) *Elé.* 1er *Juin*, 346. Mouvement des sucres en France depuis vingt ans (Journal des fabricants de sucre, 12 *Juin*).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Sucrerie. Action des acides chlorhydriques et acétiques sur le sucre. *Cs.* 31 *Mai*, 498
— Synthèses dans le groupe des sucres (Fischer) *ScP.* 20 *Mai*, 767.
— La sucrerie de betteraves en 1893 et 1894. *Dp.* 17 *Mai*, 163. Laminoir pour sucre de cannes (Chapman). *E.* 7 *Juin*, 748.

Séchage. Emploi de l'air chaud (Cook). *Cs.* 31 *Mai*, 421.

Sels (Volume des) dans les dissolutions aqueuses (Lecoq de Boisbaudran). *CR.* 4 *Juin*, 1190.

Savons Méthode Twitchell pour la recherche des corps gras dans les. *Ms. Juin*, 431.
— Fabrication des savons au pétrole (Weygang). *Cs.* 31 *Mai*, 493.
— Dosage des alcalis dans les (Wilson). *CN.* 14 *Juin*, 285.

Sodium (Presse à) (Beckmann). *ScP.* 20 *Mai*, 714.
— (Bisulfure de). *CN.* 24 *Mai*, 248.

Soufre (Détermination microchimique du). (Emich). *Pc.* 1er *Juin*, 564.

(*Tannerie* : emploi du Quebrachon en) *SA.* 7 *Juin*, 699.

Teinturerie. Les *fuschines* acides (Prudhomme). *ScP.* 10 *Mai*, 581.
— Purification de quelques couleurs rouges (Perkin). *Cs.* 31 *Mai*, 461.
— Constitution des *Safranines*. *Cs.* 31 *Mai*, 476.
— *Mordancage* de la laine par le chrome (Hummel et Gardner). *Cs.* 31 *Mai*, 452.
— Expériences sur la coloration brune produite par le développement du noir d'aniline sur le coton. *Cs.* 31 *Mai*, 434.
— Procédé d'*enlevage aux chlorates et prussiates* (Jacommais). Bulletin de l'Ass. ind. de Mulhouse, *Mai*, 134. Détermination des matières colorantes naturelles et artificielle sur la fibre. *Cs.* 31 *Mai*, 517.
— Procédé *d'impression de la cérulèine* et du bleu d'alizarine sur rouge turc (Binder), *id.* 136. Nouvelle formation des couleurs azoïques (Pokorny), *id.* 137.
— Moyen d'éviter la décoloration des pigments (Abney). *SA.* 17 *Mai*, 597.
— Brevets divers. *Cs.* 31 *Mai*, 477.

Teinturerie. Le mordant de glucyne (Prudhomme). *Ms. Juin*, 411.
— *Noirs* en teinture de coton (Les). *Ms. Juin*, 413.

Températures d'ébullition correspondantes (Généralités sur la loi des) (Duhring). *ScP.* 20 *Mai*, 706.

Thermochimie. Formation thermique des sels rapportés à l'état solide (Berthelot). *Acp. Juin*, 145.
— Formation des sels solides par l'union des composants gazeux et par la combinaison des anhydrides (Berthelot). *Juin*, *Acp.* 185, 194.
— Relation thermochimique entre les états du glucose ordinaire. *CR.* 13 *Mai*, 1019.

Thermométrie. Mesure de températures par couples thermo-électriques. *EE.* 25 *Mai*, 375.

Vapeurs (Propriétés thermiques des) (Batelli). *Acp. Juin*, 256.

Vins. Composition du vin de Samos. *Pc.* 15 *Juin*, 585.

Zinc (Détermination du) (Shirner). *Cs.* 31 *Mai*, 510.

COMMERCE ET ÉCONOMIE POLITIQUE

Angleterre (Formation sociale d'). *RSo.* 16 *Juin*, 902.

Assistance publique obligatoire dans les campagnes. *Ef.* 25 *Mai*, 663.
— (Lois de l') (Gibbon). *Gc.* 18 *Mai*, 42. *Ef.* 1er *Juin*, 701.

Assurances ouvrières et socialisme d'État (Gigot). *RSo. Juin*, 830.

Concurrence étrangère (La). *E.* 17 *Mai*, 639. Les intérêts américains à Rouen. *USR. Mai*, 144.

Congrès international des mineurs (Le) et la réglementation de la production du charbon. *Ef.* 8 *Juin*, 733.

Contrat de travail (Le) (Gibbon). *Gc.* 1er *Juin*, 77.

Éducation commerciale en Belgique (Arven Roberts). *JA.* 7 *Juin*, 690.

Grèves (Les) en 1894. *Ef.* 15 *Juin*, 772.

Habitations à bon marché (Les). *Ef.* 8 *Juin*, 739.

Institutions patronales (Les) (Corbon). *Gc.* 15 *Juin*, 109.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Musée social (Le) et la fondation de Chambrun (Gruner). *IC. Avril.* 594.
Secours publics en France et à l'étranger (Cacheux). *IC. Avril,* 580.
Socialisme agraire (Le) (Lavollée). *Rso. Juin,* 864 (Zolla). *RSo.* 16 *Juin,* 919.
Soie. Commerce et industrie en 1893. *Ef.* 15 *Juin,* 777.

CONSTRUCTIONS ET TRAVAUX PUBLICS

Architecture (Évolution moderne de l') (Sorel). *Rs.* 25 *Mai,* 641.
Charpentes métalliques (Les). *Ci.* 19 *Mai,* 229.
— en fer et en bois. (Moreau). *Bam. Juin,* 501.
Constructions démontables Espitalier-Wehrlin. *Rc.* 8 *Juin,* 685.
Maçonneries dans les travaux d'irrigation tropicaux. *E.* 31 *Mai,* 469.
Ponts *articulés* américains. *Sue.* 1er *Juin,* 521.
— *à une travée* se posant librement sur 2 appuis. Calcul des (Gascougnolle). *Bam. Juin,* 457.
— *métalliques* des chemins de fer de l'État allemand. *ZOI.* 24 *Mai,* 306.
— *de la Tamise. E.* 17, 24, 31 *Mai,* 7, 14 *Juin,* 625, 673, 695, 736, 754.
— *suspendu* sur l'Hudson. *Gc.* 25 *Mai,* 58.
— *de Bone et Beuel. VDI.* 8 *Juin,* 685.
— (*Mesure de la déformation* des arcs des) (Landa). *ZOI.* 31 *Mai.*
— *Calcul de la résistance des câbles* des ponts suspendus (Godard). *Apc. Avril,* 456.
Encastrement des arcs paraboliques et circulaires (Belliard). *Apc. Avril,* 375.
Tour de Blackpool. E. 24 *Mai,* 658.
Tunnel du port de Glascow. *E.* 31 *Mai,* 14 *Juin,* 691, 737.

ÉLECTRICITÉ

Accouplements Crompton. *E.* 14 *Juin,* 781.
Accumulateurs Griffin. *EE.* 1er *Juin,* 417.
— Sur une classe d'—. (Poincarré). *EE.* 11 *Mai,* 241.
Aimants industriels. Coefficient d'aimantation (Hospitalier). *Ic.* 10 *Juin,* 233.
Applications mécaniques de l'électricité (G. Richard). *EE.* 11 *Mai,* 243.
Bobine d'induction. Rendement (Piérard). *At. Janvier,* 72.
Cables. Siemens et Dieshorst. *EE.* 1er *Juin,* 419.
— Sous-marins (Utchinson). *Elé.* 31 *Mai,* 161.
— Inductions dans les cables armés (Guye). *EE.* 19 *Mai,* 308.
Chauffage, cuisine et éclairage à l'électricité. Ri. 18 *Mai,* 197. *EE.* 15 *Juin* 514.
Distributions. Monocyclique Steinmetz. (Boistel). *EE.* 11 *Mai,* 1er *Juin,* 259, 337.
Dynamos sans noyau en fer. *Elé.* 8 *Juin,* 360. Ferranti. *E.* 14 *Juin,* 781.
— *alternateurs* (les) (Picou). *EE.* 15 *Juin,* 506.
— *bipolaires diphasées* (Hanape). *EE.* 1er *Juin,* 385.
— *continues* et Manchester. Calcul et construction. *EE.* 31 *Mai,* 15 *Juin,* 255, 481.
— Réaction de l'induit et étincelles. *Elé.* 1er *Juin,* 347.
— (*Armatures des*). Ventilation Rjan. *Elé.* 31 *Mai,* 163.
— Recherche d'un défaut. *Elé.* 1er *Juin,* 341.
Dynamoteurs *Morday. E.* 7 *Juin,* 174.
— *synchrones.* Théorie de Blondel (Guilbert). *EE.* 8 *Juin,* 436.
— monophasé (Fonctionnement d'un). *EE.* 18 *Mai,* 324.
— *Mise en train* (Ravenshaw). *E.* 7 *Juin,* 747.
— *Accouplement* Siemens. *E.* 7 *Juin,* 747.
Éclairage de Lille. *Ri.* 18 *Mai,* 194.
— de Bruxelles. *Ie,* 25 *Mai,* 212.
— de la gare de Leicester. *Rt.* 25 *Mai,* 224.
— des trains. *Elé.* 8, 15 *Juin,* 362, 371.
— *à arc.* Les charbons et la puissance des arcs (Roux). *Ie.* 10 *Juin.* 238. Observation sur l'arc Nodon. *Elé.* 15 *Juin,* 369.
— *à incandescence.* Température des filaments. *EE.* 1er *Juin,* 420.
— Théorie de la lampe (Weber). *Elé.* 25 *Mai,* 329.
Électrochimie (Progrès de l'). *VDI.* 1er *Juin,* 637.
Électrolyse. Électrolyseur domestique Hermite. *EE.* 1er *Juin,* 418.
— Rendement des appareils (Hurter). *Cs.* 31 *Mai,* 429.
— Circulation dans les appareils (Schoop). *Cs.* 31 *Mai,* 491.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Électrolyse des sels fondus Andreoli. *Elé.* 1er *Juin*, 342, du chlore, prix de revient. *Dp.* 24 *Mai*, 189.

Électrolyseur Hargreaves. *EE.* 15 *Juin* 512.

Électrothermie. Système hydro-électrothermique Hoho-Lagrange. *EE.* 10 *Juin*, 1259. Burton. *Elé.* 15 *Juin*, 373.

Électromètre capillaire (Capacité de l') (Bouty). *At. Janvier*, 72.

— Thomson. *EE.* 25 *Mai*, 364.

Explorateur sous-marin Mac Evoy. *EE.* 19 *Mai*, 323.

Fours électriques (Étude spectrale des charbons des) Deslandes. *CR.* 10 *Juin*, 1259. Application des — à la transformation du charbon en graphite (Strect). *Sie. Mai*, 246.

Galvanomètre extrasensible Weiss. *EE.* 1er *Juin*, 424.

Galvanisation (Progrès de la). *E'.* 7 *Juin*, 494. Colas et Walker. *EE.* 15 *Juin*, 513.

Interrupteur pour hautes fréquences (Drude). *EE.* 11 *Mai*, 281.

Histérésis dans les tôles de fer (Ewing). *EE.* 1er *Juin*, 427.

Magnétisme. Miroirs de (Thomson). *EE.* 15 *Juin*, 524.

Mesure *des potentiels.* (Elevés Abraham et Lemoine). *EE.* 8 *Juin*, 433.

— *Appareils de* lord Kelvin. *At. Janvier*, 5.

— *du champ magnétique* et phénomène de Hall (Van Aubel). *EE.* 1er *Juin*, 398.

— Étalons de laboratoires électro-chimiques (Armagnat). *Ie.* 10 *Juin*, 225.

Microphones de Lalande. *EE.* 25 *Mai*, 358. *Elé.* 8 *Juin*, 355.

Ondes électriques (Vitesse des) Trowbridge. *EE.* 1er *Juin*, 424. Influence des sur la résistance des conducteurs (Branly). *EE.* 25 *Mai*, 360.

Parafoudres (Les) (Wurtz). *Fi. Juin*, 439.

Pile Schœnmel et Platt. *EE.* 1er *Juin*, 419.

Résistivité et coefficients de température des alliages. *Cu-Zn.* (Haas). *Ie.* 10 *Juin*, 242.

Stations centrales. Baltimore. *EE.* 15 *Juin*, 518. Darmstadt. *Ie.* 10 *Juin*, 239. Vienne. *ZOI.* 7 *Juin*, 317.

Télégraphie sous-marine Muirhead. *EE.* 15 *Juin*, 516. Poteaux tubulaires (Piedbœuf). *Elé.* 8 *Juin*, 363. Multiple Baudot. *At. Janvier*, 28.

Téléphonie Muirhead et Green. *EE. Juin*, 511. Commutateur de la Compagnie d'Anvers. *EE.* 25 *Mai*, 366. Hayes et Spencer. *EE.* 19 *Mai*, 321.

Téléphonie. Batteries d'appel, hôtel des téléphones de Paris (Montillot). *Elé.* 25 *Mai*, 321.

Transmission de la force dans les ateliers (Brunshwick). *EE.* 8, 15 *Juin*, 440, 492. Brasserie de Zepf. *Elé.* 15 *Juin*, 376.

— aux ateliers Weyer et Richemond (Hess). *EE.* 25 *Mai*, 337. (*Pertes* dans les) et stations centrales (Henrick). *EE.* 8 *Juin*, 455. (*Préservation contre l'incendie* dans les). (Société électrotechnique de Berlin). *Elé.* 25 *Mai*, 332.

Transformateurs. Prédétermination de la chute de potentiel. *EE.* 1er *Juin*, 421. (Rendement des). *Ie.* 10 *Mai*, 249. Rendement industriel d'une transformation d'un courant alternatif et continu. *Ie.* 10 *Juin*, 237.

Voltmètre Harrison. *EE.* 25 *Mai*, 365.

GÉOGRAPHIE

Birmanie (J. Wehenger). *Sgc. Mai*, 440.

États-Unis. Le développement du Sud. *Ef.* 8, 15 *Juin*, 737, 774.

Madagascar au point de vue agricole. *Sgc. Mai*, 429.

Soudan français. Rgds. 15 *Juin*, 506.

Thibet et sud de la Chine. Ef. 7 *Juin*, 741.

Transvaal. Situation industrielle et commerciale. *Gc.* 1er *Juin*, 75.

GUERRE

Canons Noble et Murray. *E.* 17 *Mai*, 14 *Juin*, 655, 781.

— pneumatiques aux États-Unis. *Rs.* 15 *Juin*, 764.

Fusées d'obus anglaises. *E.* 7 *Juin*, 487.

Génie russe (Transformation du). *Revue du génie militaire. Mars*, 159.

Pistolet à répétition Borchart. *E.* 24 *Mai*, 667.

Transformation du matériel militaire (Fix). *Rt.* 25 *Mai*, 233.

HYDRAULIQUE

Barrage *de Bouzay. E.* 17 *Mai*, 645. *Gc.* 25 *Mai*, 62.

— *non façonnés* à feutrages élastiques Decœur. *Cc.* 18 *Mai*, 45.

— *Étude sur les murs de réservoirs. ZOI.* 17 *Mai*, 292.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Barrage. Sur les *barrages réservoirs* (Dumas). *Gc.* 15 *Juin*, 73, 106.
Bélier Ruhault. *Ci.* 2 *Juin*, 257.
Chutes (Utilisation des grandes) (Foris). *Gc.* 18 *Mai*, 36.
Distribution d'eau de Reimsheid. *VDI.* 1, 8 *Juin*, 639, 665.
Plans inclinés pour bateaux, *ZOI*, 17 *Mai*, 295.
Machine à colonne d'eau Davey, *E.* 17 *Mai*, 655.
Pompes à vapeur nouvelles (Freytag). *Dp.* 17, 24 *Mai*, 14 *Juin*, 146, 175, 217, 240.
— *centrifuges* (Les) (R. Mollier). Bulletin de la Société d'Encouragement de Berlin. *Mai*, 211.
Régulateur à frein pour moteur hydraulique. *Ri.* 1er *Juin*, 213.
Rivières (Déformation du lit des) à fond mobile (Clavel). *Apc. Avril*, 369.
Travaux hydrauliques en Asie centrale. Nouveaux procédés (Poklewski). *Ic. Avril*, 600.

HYGIÈNE

Assainissement de Bizerte. *Ac. Juin*, 82.
Crémation (la) à Paris. *Cc.* 25 *Mai*, 59.
Eaux. Purification, procédé Howatson (Langumier). *Bam.*, *Mai*, 378.
— de Londres (Les) (Crookes et Dewar). *CN.* 24 *Mai*, 250.
— Irrigation de la presqu'île de Gennevilliers en *Janvier-Février* 1893 (Audra). *Gc.* 15 *Juin*, 110.
Humidification des salles de filature. (Concour d'). Bulletin de la Société ind. d'Amiens. *Janvier*. 105. Ventilation des (Pichon). Bulletin de la Société ind. de Mulhouse. *Mai*, 140.
Logements surpeuplés des grandes villes (Les). *Ef.* 25 *Mai*, 672.
Substances alimentaires (Teinture des) par matières organiques (Kroupsky). *Pc.* 1er *Juin*, 574.

MARINE. NAVIGATION

Accident de la *Gascogne*. *Ic. Avril*, 570.
Allemagne (La construction navale en). Bateaux à deux hélices Williking et Willehad. Croiseurs Palabra et Patria pour le transport des viandes et des bêtes sur pied. *VDI*, 18, 25 *Mai*, et 8, 4, *Juin*, 580, 605, 650, 674, 699.
Bateaux *de rivières* et ferry-boats aux États-Unis (Demoulin). *Gc.* 25 *Mai*, 1er *Juin*, 49, 65.
— Bouée de sauvetage Galibert. *Ci.* 26 *Mai*, 241.
— *Citernes* (Stabilité des) (Hota). *E.* 17 *Mai*, 652.
— *pneumatique*, Layman. *Ln.* 8 *Juin*, 31.
— *électriques*. *E.* 14 *Juin*, 518.
Canal de Kiel. *E.* 31 *Mai*, 7, 14 *Juin*, 685, 725, 749. *Gc.* 15 *Juin*, 100. *Rt.* 10 *Juin*, 247.
— du Nicaragua. *Fi. Juin*, 425.
Cargo-boat Priestman. *E.* 24 *Mai*, 684.
Compas (Déviation du) (Reynold). *EE.* 8 *Juin*, 467.
Couverture en bois et cuivre de coques d'acier (White). *E'.* 14 *Juin*, 506. *E.* 14 *Juin*, 769.
Cloisons étanches (Portes pour). (Mac Elroy). *E.* 17 *Mai*, 635.
Cuirassés et croiseurs. Revue des Deux Mondes, 15 *Juin*.
— Comparaison des sections (des). *E.* 14 *Juin*, 773.
Gouvernail du *Salisbury*. *E'.* 7 *Juin*, 483.
Hélices variables (Les). *Dp.* 24 *Mai*, 179.
Marine de guerre. La cuirasse et le canon. *Ln.* 8 *Juin*, 17. Revue annuelle des progrès de la (Croneau). *Rgds.* 31 *Mai*, 451.
— Développement de l'artillerie. *E.* 17 *Mai*, 641. Arsenal de Rochefort. *Ef.* 15 *Juin*, 779.
— Fonctionnement des appareils hydrauliques des canons de 340 mill. (Le Breton). *Rmc. Avril*, 38.
— Défense des côtes et forces navales de la France (Fix). *Rs.* 24 *Mai*, 646.
— Croiseur anglais le *Terrible*. *E'.* 24 *Mai*, 442. *E.* 24, 31 *Mai*, 7 *Juin*, 665, 695, 717.
— Contre-torpilleurs (Les). *E'.* 24 *Mai*, 440. *E.* 24 *Mai*, 671. Instabilité des navires de guerre. *E'.* 7 *Juin*, 491.
— Torpilleurs nouveaux des États-Unis. *Gc.* 25 *Mai*, 54.
— La guerre maritime (amiral de Colomb). *Rmc. Avril*, 5.
Machines marines (Équilibre des). *E.* 17 *Mai*, 648.
— de la marine de guerre anglaise. (Durston). *Pm. Juin*, 86.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Machines marines. Vibrations des — *E.* 24 *Mai*, 676.
— Avaries (des) à la mer (Welbury). *E'.* 31 *Mai*, 7, 14 *Juin*, 475, 498, 516.
— *Navires insubmersibles* (Les) (Labrousse). *Rs.* 15 *Juin*, 746.
Paquebot le *Bulluwayo*. *E'.* 31 *Mai*, 465.
Phares du cap Charles. *Gc.* 18 *Mai*, 41. Communications électriques des — avec les bouées. *E.* 14 *Juin*. 770.
— *Vagues*. Bombe à huile Behrman pour calmer les —. *Rmc. Mai*, 414.
Pêcheries maritimes à l'Exposition de Chicago. *Rmc. Avril*, 129.
— *Roulis* des navires (Bertin). *E.* 14 *Juin*, 769.
Propulseur électrique Michaut. *Elé*, 8 *Juin*, 354.
— *Traction des bateaux* sur les canaux (Wheeler). *E.* 7 *Juin*, 481.

MÉCANIQUE

Aérostation. Ballons à voile. André. l'Aéronaute. *Juin*, 125.
— *Exploration du pôle*. *Rt.* 10 *Juin*, 252.
Broyeurs Wegener. *E.* 31 *Mai*, 715.
— de ramilles Kohn. *Rc.* 18 *Mai* 192.
Chaudières (les). *Dp.* 7, 14 *Juin*, 224, 248.
— *domestiques*. (Explosion des). *E.* 17 *Mai*, 647.
— *mixte*. Solignac. *Rt.* 10 *Juin*, 255.
— *tubulaire* Harman. *E.* 17 *Mai*, 656.
— *tubulées* Munford. *E.* 7 *Juin*, 486. Purves, *E.* 31 *Mai*. 716. Rorer. *Pm. Juin*, 82. *Au pétrole*. *Ln.* 15 *Juin*, 35. Explosion à Fairfield. *E.* 24 *Mai*, 681. (Sécurité des). (Walkenaer). *Apc. Avril*, 422.
— *Chauffe*. (Détermination des surfaces de). (Wittenberg), 201. 31 *Mai*, 389.
— *Foyers* Conway. *E.* 7 *Juin*, 748. Fumivores (Williams). *Cs.* 31 *Mai*, 501. Pour gadoues. *Gc.* 18 *Mai*. 38.
— *Injecteur* Holden et Brockie. *E.* 24 *Mai*, 443.
— *Cheminée* en tôle d'acier de la Maryland Steel C°. *Gc.* 25 *Mai*, 56.
— *Réchauffeur d'alimentation*. Klein. *R.* 15 *Juin*, 238.
— *Régulateur d'alimentation* Lelorrain. *Ci.* 9 *Juin*, 269.
Chaudières *Filtre d'alimentation* Reeves. *E.* 14 *Juin*, 509. Sentinel. *E.* 14 *Juin*, 776.
— *Niveau d'eau*. Hutchinson. *E.* 24 *Mai*, 684.
— *purgeur* Prévot. *Ci.* 10 *Juin*, 285.
— *Soupape de sûreté* Keiht, pour chaudières domestiques. *E.* 14 *Juin*, 777.
— *Tuyauteries de vapeur*. *E.* 24 *Mai*, 677.
Compteur de tours. May. *Ie.* 10 *Juin* 248.
Coton (Emballage du). *USR. Mai*. 1.
— (Mercissage du). (Scheurer). Bulletin de la Société ind. de Mulhouse. *Mai*, 125.
Coussinets (Échauffement des). (Riemer). *VDI*, 1er *Juin*, 654.
Culbuteur hydraulique pour wagons. *Gc.* 25 *Mai*, 5.
Diagrammes. Géométrie des (Baills). *Rmc. Avril-Mai*, 179-216.
Cylindres à gaz comprimé Hesketh. *E.* 31 *Mai*, 715.
Embrayages pour machines marines. *E.* 17 *Mai*, 631.
Essoreuse électrique Buffaud et Robatel. *Elé.* 15 *Juin*, 379.
Engrenage ogivaux, Desgoffes et Georges. *Ri.* 8 *Juin*, 222.
Graisseurs Kahle. *E.* 7 *Juin*, 748. Ottewel, *E'*, 7 *Juin*, 495. *E.* 24 *Mai*, 678.
— de têtes de bielles. *E'.* 24 *Mai*, 453.
— Influence de l'huile minérale verte sur le graissage (Belleroche). *Ru. Avril*, 41.
Imprimerie. Machines à composer. *Dp.* 24 *Mai*, 183.
Indicateur. Wayne. *Ri.* 25 *Mai*, 201.
— électrique Lane. *EE.* 11 *Mai*, 251.
Jacquard électrique Siemens et Halske. *EE.* 11 *Mai*, 252.
Levage. *Frein automatique* Such. pour treuils. *E.* 7 *Juin*, 748.
— *Monte-charge électrique*. Perret. *Rt* 25 *Mai*, 236.
— Appareils de sûreté pour élévateurs. *E'.* 14 *Juin*, 510.
— *Grues électriques* (Les). *ZOI.* 24 *Mai*, 301.
— du Havre (Delachanal). *IC. Avril*, 320.
— *Ascenseurs électriques*. Greiger Lutz. Parkins. *EE.* 11 *Mai*, 249, 250.
— *Pont roulant* électrique. Shaw *EE.* 11 *Mai*, 346.
— *Verrin universel* Auriol. *Ci.* 26 *Mai*, 246.
Machine à diviser de l'Université Cornell. *Pt.* 10 *Juin*, 244.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Machines-outils *Filières.* (Calcul des). (Poney). *At. Janvier*, 26.
— *Étau.* Case et Kain. *E.* 17 *Mai*, 656.
— *Fraise* géométrie de la (Prégel). *Dp.* 14 *Juin*, 254.
— *Mortaiseuses.* Sharp Stewart. *Ri.* 8 *Juin*, 223. Ravasse, *Ri.* 18 *Mai*, 194.
— *Poinçonneuse.* Keats. *E.* 7 *Juin*, 748.
— *Raboteuse* Richards. *E.* 17 *Mai*, 655.
— à fabriquer les boîtes de conserves. *Ci.* 9 *Juin*, 265.
— *Perceuse* portative. Kodolitch. *E.* 24 *Mai*, 666.
— *Mandrineur.* Astbury. *E.* 14 *Juin*, 781.
— *Affuteuse* de fraises. Huard. *Rt.* 25 *Mai*, 235.
— *Cisaille électrique.* F. Henrion. *E.* 25 *Mai*, 237.
— *Trieuse de billes.* Cleveland Screw C°. *E.* 14 *Juin*, 782.
— *Pinces à étau.* Wootton. *E.* 31 *Mai*, 715.
— *Rivetage hydraulique* du pont sur l'Oignon (Geoffroy). *Apc. Avril*, 349.
— *Tour épicycloïdal* Beddow. *E'.* 14 *Juin*, 516.
— à faire les récipients emboutis. Hislop et Durham. *E.* 31 *Mai*, 716.
— *Porte-outil* pour filetage Dolo. *Bam. Mai*, 420
Mélangeur automatique. Rt. 10 *Juin*, 254.
Minoterie. (Nouveautés de la). *Dp.* 17, 24 *Mai.* 159, 170.
Monte-courroies. Armanni. *E.* 14 *Juin*, 508.
Mouvement du centre de gravité d'une masse montée sur un arbre flexible (Brunet). *Bam. Juin*, 506.
Moteurs *à gaz* Charon, 30 chevaux. *Ri.* 1er *Juin*, 214.
— *à pétrole.* Essais de Hartmann. *VDI.* 18, 25 *Mai.* 586-616.
— (Les) au concours d'Arles. *Ag.* 1er *Juin*, 933.
— *à vapeur* compound rapide Demerliac. *Ri.* 8 *Juin*, 221. *Bam. Mai.* 413.
— Tood. *E'.* 24, 31 *Mai*, 445, 462.
— Willans. *E.* 31 *Mai*, 14 *Juin*, 703, 772. *Elé.* 31 *Mai*, 151, 158.
— Travail de la vapeur. *E'.* 24 *Mai*, 7 *Juin*, 491, 448.
— *Distribution* Marschall. *E'.* 31 *Mai*, 468.
— à soupapes Halot. *Ci.* 19 *Mai*, 236.
Planimètre compensateur Amsler. *Rt* 10 *Juin*, 261.
Poulies Dymond. *E.* 17 *Mai*, 655.
Régulateurs Nordberg. *Ri.* 25 *Mai*, 204.
Retoucheur électrique Savage. *EE.* 11 *Mai*, 252.
Régleuse-quadrilleuse Bussard. *Gc.* 18 *Mai*, 33.
Téletypeuse électrique Cox. *EE.* 11 *Mai*, 253.
Transporteur de matières Kreiss. *Ri.* 8 *Juin*, 229.
Tubes Mannesmann (Application des). *Sue.* 1er *Juin*, 526.
— *métalliques* flexibles Levasseur. *Gc.* 2 *Juin*, 260.
Tuyaux nouvelle jonction (Verrier). *Bam. Juin*, 515.
Vent (Vitesse et pression du). *VDI.* 18 *Mai*, 577.
Ventilateurs (Études sur les). *VDI.* 25 *Mai*, 611.

MÉTALLURGIE

Alliages. Combinaisons définies des alliages. Cu. Al. Le Chatelier. *CR.* 16 *Mai*, 1050.
— Rapport du Comité des Mechanical Engineers (Roberts Austen). *E.* 7, 14 *Juin*, 742, 778.
— Analyse des alliages Cu, Zn, (Warden). *SfP.* 5 *Juin*, 781.
Altération des métaux dans l'eau de mer : rôle des microbes. *RS.* 24 *Mai*, 657.
Aluminium. Action de l'eau et de l'alcool sur l'aluminium du commerce (Hugounenq). *Pc.* 1er *Juin*, 537.
Cuivre. Élimination des impuretés pendant la fabrication du best sélected. *Eam.* 1er *Juin*, 512.
Essais des métaux à la meule. *Ln.* 1er *Juin*, 13.
Fer et Acier. Forges des Glasgow Iron and Steel Works, Wishaw *E.* 17 *Mai*, 14 *Juin*, 623, 755.
— Recherches sur la métallurgie du fer. (Wedding). *Sue.* 1er *Juin*, 506.
— Réchauffage du vent des hauts-fourneaux (Ledebur). *Sue.* 1er *Juin.* 509.
— Arsenic dans l'acier Stead. *E.* 17 *Mai*, 633. *Cs.* 31 *Mai*, 444.
— Dosage du soufre dans les fers, fontes et aciers (Camprenon). *CR.* 16 *Mai*, 101.
— Effet de la température sur la résistance du fer. *E.* 17-24 *Mai*, 644, 672.
— Essais des aciers, fers et fontes par l'analyse chimique (A. Carnot). *ScP.* 20 *Mai*, 583.
— Laminoir Knobel. *E.* 31 *Mai*, 715. —
— Fabrication de la fonte en Écosse. *Eam.* 5 *Juin*, 536.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Fer et Acier Machine de laminoir Galloway. *E'.* 24 *Mai*, 453.
— Acier au nickel. Validité des brevets. *Eam.* 25 *Mai*, 486.
— Les plaques de blindage harveyées. *E.* 24 *Mai*, 678.
— Mélangeurs des aciéries du North-Eastern Ry. (Cooper). *E.* 24 *Mai*, 682.
— Progrès de la sidérurgie dans la Moselle. (Jung) *VDI.* 8 *Juin* 5, 679, 705.
Fer blanc. Fabrication à l'étranger. *USR. Mai* 59.
— aux États-Unis. *E'.* 24-31 *Mai*, 438, 459.
Fonderie moderne (La) *E.* 25 *Mai*, 657.
— Cubilot Bradley. *E.* 24 *Mai*, 693.
Forge portative Lelorain. *Gc.* 2 *Juin*, 253.
Four de réduction Bonchield. *E.* 17 *Mai*, 656.
Nickel (Métallurgie du) (Charleton). *SA.* 24 *Mai*, 609.
Or. Procédé au cyanure. *E'.* 24 *Mai*, 452. *Eam.* 8 *Juin*, 531-533, au bromo-cyanure. *Eam.* 1er *Juin*, 512.
— Cyanure et chloruration. *Eam.* 18 *Mai*, 461.
— Traitement à Pestarena, Italie (Charleton). *E'.* 7 *Juin*, 495.
— Pertes de mercure à l'amalgamation. *Eam.* 18 *mai*, 461.
Plomb. Réactions du sulfure de plomb (Lodin). *CR.* 27 *Mai*, 1164.

MINES

Aérage. Ventilateur Rateau. *E'.* 24 *Mai*, 451
Canada. Les mines de la province de Québec. (Bulletin des anciens élèves de l'École des mines de Paris. *Avril*, 50).
Charbons trieur de Hardy (Vibromotor). *E'.* 14 *Juin*, 508. Laveur Elliott. *Rc.* 1er *Juin*, 215.
Diamant. Mines d'Agua-Sufa, Brésil. *Ln.* 1er *Juin*, 1.
États-Unis. Production minérale en 1893-94. *Eam.* 1er *Juin*, 506.
Fer. Mines de l'Ariège. *Am. Mai*, 560.
— du Dundarsland. *Ru. Avril*, 94.
Houillières du pays de Galles. *Gc.* 18 *Mai*, 39. *Rt.* 25 *Mai*, 225.
Haveuse de la Rand Drill Co *Eam.* 8 *Juin*, 534.
Lampes Dubrulle. *In.* 5 *Juin*, 491.
Législation anglaise. *E'.* 25 *Mai*, 457.
Or. Etat de l'industrie des mines. *In.* 5 *Juin*, 481. Gisement de pyrite aurifère en Maine-et-Loire (Burth). *Am. Mai*, 521.
— dans l'Afrique du Sud (Démaret). *Ru. Avril*, 1. Production au Transvaal. *Eam.* 25 *Mai*, 483.
Poussières. Question des — en Angleterre (Aguillon). *Am. Mai*, 535. *Ru. Avril*, 45.
Recettes. Appareil de fermeture des —. dans le Pas-de-Calais. *Am. Mai*, 515.
Roulage. Traction électrique dans les mines de la Bermind White Co. *Eam.* 1er *Juin*, 508.
Rubis du Burmah (Le) (Brown et Judd). *RsL.* 7 *Mars*, 387.
Russie. (Développement de l'industrie minérale dans le sud de la) *SA.* 24 *Mai*, 663.
Sautage des mines dans les carrières belges. *Gc.* 25 *Mai*, 62.
Théodolite de mines Breitchaupt. *Rt.* 25 *Mai*,

PHOTOGRAPHIE

Appréciation des distances au moyen d'une seule photographie et des projections sténographiques (Niewenglowski). *Sfp.* 15 *Mai*, 254.
Appareil photogrammétrique du commandant Legros. *Sfp.* 1er *Juin*, 269.
Action de l'encre ordinaire sur les surfaces sensibles aux sels d'argent (Colson). *Sfp.* 15 *Mai*, 256.
Chassis en carton. *Co.* 15 *Juin*, 344, Presse Deflou. *Sfp.* 1er *Juin*, 265.
Objectifs Zeiss. *Co.* 15 *Juin*, 330
Photo-viseur. *In.* 20 *Mai*, 451.
Photomètre négatif dit le « Temps de pose ». Richard. *Sfp.* 1er *Juin*, 273.
Photocellographie simplifiée. *Co.* 25 *Mai*, 228.
Photographie automatique Ferrez. *Ln.* 25 *Mai*, 404.

Le Gérant : Gustave Richard.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Fig. 1. — Coupe longitudinale.

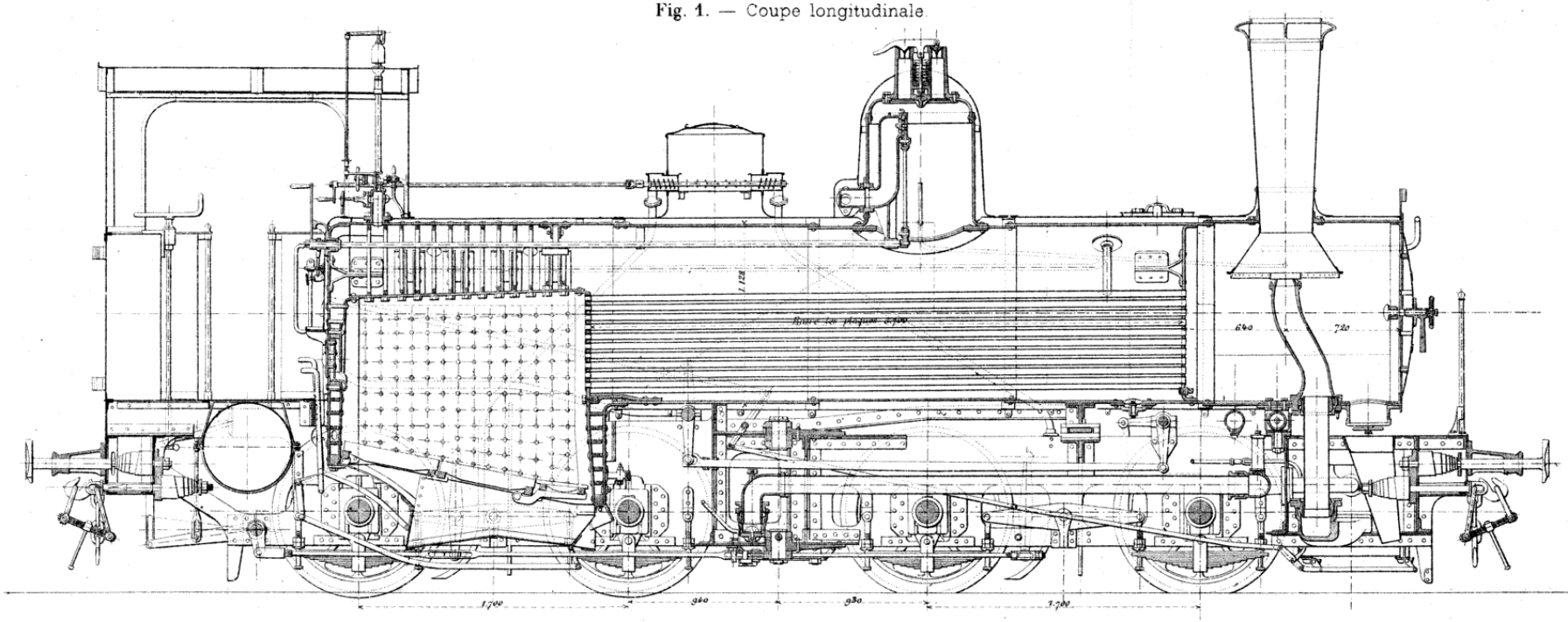
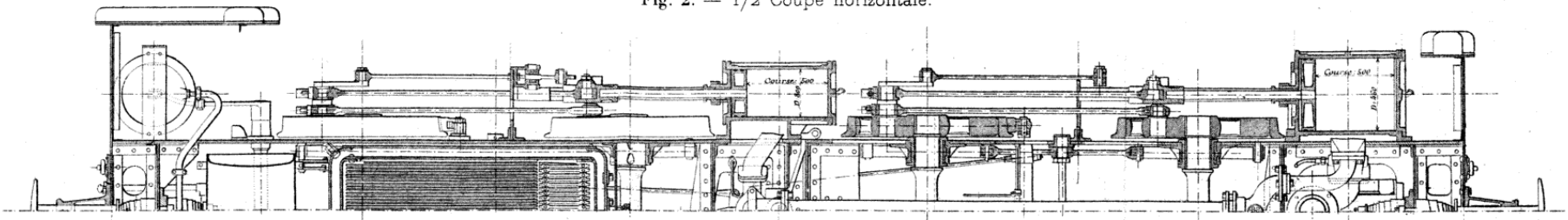


Fig. 2. — 1/2 Coupe horizontale.



Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.

LOCOMOTIVE COMPOUND ARTICULÉE, SYSTÈME MALLET, POUR LE RÉSEAU BRETON DE LA Cie DES CHEMINS DE FER DE L'OUEST.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

94e ANNÉE. Quatrième Série, Tome X. JUILLET 1895

BULLETIN
DE
LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT
POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

SÉANCE GÉNÉRALE DU 28 JUIN 1895

PRÉSIDENCE DE M. MASCART
PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ

La Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale a procédé, le 28 juin 1895, en séance générale, à la distribution des récompenses instituées par elle : prix et médailles.

Le fauteuil de la présidence était occupé par M. Mascart, président de la Société. A ses côtés siégeaient : MM. Appert, Carnot et Cheysson, vice-présidents de la Société, et M. Collignon, secrétaire.

MM. Laussedat, vice-président, et Aimé Girard, secrétaire, se sont excusés de ne pouvoir assister à la séance.

M. Lippmann, membre de l'Institut, lauréat du grand prix de la Société pour 1895, est invité à prendre place au bureau, à côté du Président.

Les récompenses sont ensuite décernées.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

DISCOURS DU PRÉSIDENT

DISCOURS DE M. MASCART, PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ

MESDAMES, MES CHERS COLLÈGUES, MESSIEURS,

Une pieuse coutume donne au président, dans cette cérémonie, la mission de rendre un dernier hommage à nos collègues disparus dans le cours de l'année. Ce décompte de forces et d'amitiés évanouies forme malheureusement une liste plus longue que de coutume, et je regrette de ne pouvoir y consacrer le temps qui conviendrait.

Au lendemain de la dernière séance générale, notre collègue, M. *Lemonnier*, succombait à une longue et douloureuse maladie. Quoique membre du Comité des Arts mécaniques depuis 1889, les circonstances ont empêché M. Lemonnier de paraître souvent à nos réunions, et c'est ailleurs qu'il a été possible de l'apprécier. La notice si touchante qui lui a été consacrée par M. Brühl (1) montre le rôle important de M. Lemonnier dans les progrès d'une industrie dont les origines remontent à Fresnel, les qualités de l'homme et les cruelles épreuves privées qu'il eut à subir. Un peu découragé vers la fin de sa vie, il avait essayé de trouver un soulagement à ses chagrins et quelques années de repos en se retirant à la campagne pour mener l'existence des champs et consacrer à l'agriculture toutes ses facultés; ce dernier espoir devait aussi lui échapper.

Dès les premières relations avec M. Lemonnier, on était frappé par sa bonté et par la droiture de son caractère. A la Société des Électriciens, l'estime dont il était entouré lui valut d'être appelé le premier, par un sentiment unanime, à titre d'industriel, au fauteuil de la présidence.

Après avoir apporté dans ces fonctions, qu'il considérait comme le couronnement de sa carrière, le dévouement et les qualités d'un homme d'affaires, il reconnut qu'il y avait là une œuvre utile à encourager, et quand il fut question de créer une institution appelée à rendre de réels services à l'industrie, il s'inscrivit en tête de la souscription, presque avec modestie, pour une somme qui dépassait toutes nos prévisions. Ayant vécu longtemps au milieu de ses ouvriers, qu'il aimait comme une famille, à défaut de ceux que la mort lui avait ravis, il voulut aussi leur laisser, en témoignage de son affection, une donation importante qui devait être distribuée par une

(1) *Bulletin* d'octobre 1894, p. 634.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sage proportion à ceux de ses anciens collaborateurs qui avaient le mieux contribué au développement de son industrie.

Vous m'excuserez si je me laisse entraîner par mes impressions personnelles au sujet de M. Lemonnier, un des caractères les plus nobles et une des natures les plus sympathiques qu'il m'ait été donné de rencontrer.

M. *Rousselle*, membre du Comité des Arts économiques depuis 1876, s'est éteint à l'âge de soixante-seize ans. M. Cheysson nous a tracé (1), avec l'émotion d'un disciple, le tableau de la belle carrière remplie par notre collègue, carrière presque uniforme par le sentiment continu du devoir à remplir et par la recherche incessante des améliorations que l'on pouvait apporter dans les différents services dont il eut la direction, alors même que, par sa mise à la retraite, il n'y avait plus d'autre intérêt que le désir du progrès. Dans les réunions du Comité, auxquelles il était l'un des plus assidus, sa longue expérience lui donnait une autorité particulière, et nous écoutions ses avis avec une véritable déférence.

Le Comité des Beaux-Arts a éprouvé, à court intervalle, deux pertes également imprévues, M. *Armand Dumaresq* et M. *Plon*.

M. Armand Dumaresq représentait parmi nous une des branches les plus brillantes de l'art, celle de la peinture. Ses débuts très remarqués dans des tableaux de sainteté le placèrent à la tête des artistes d'avenir, puis il abandonna cette voie pour la peinture militaire, à laquelle il dut une longue série de succès. En relation de famille et d'amitié avec un de nos plus illustres présidents, il nous a laissé de M. Dumas un portrait digne du modèle, et qui se trouve ainsi être un double souvenir pour la Société. M. Dumaresq assistait encore à nos séances de décembre, et sa nature robuste permettait d'espérer qu'il resterait longtemps des nôtres; il est mort le 6 mars, à l'âge de soixante-neuf ans, regretté de tous ceux qui ont pu apprécier l'aménité de ses relations.

Dans les premiers mois de l'année, je recevais à chaque séance une lettre par laquelle notre collègue, M. Eugène Plon, m'écrivait, ou me faisait écrire quand il lui fut impossible de le faire lui-même, pour excuser son absence motivée par une indisposition qu'il espérait momentanée. J'étais très touché de cette attention et de l'estime particulière qu'il voulait bien exprimer au Président, mais il était loin de ma pensée de songer que nous ne devions plus le revoir. Il succombait peu de temps après, en pleine activité, à cette maladie insidieuse qui trahit les efforts de la médecine et devient brusque-

(1) *Bulletin* de mai 1895, p. 465.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment fatale, alors qu'elle ne semble plus devoir inspirer aucune inquiétude. Héritier d'un nom illustre depuis quatre siècles dans l'histoire de l'imprimerie, M. Plon s'était préparé à suivre cette tradition par de fortes études et par des voyages à l'étranger. Ses travaux personnels, les progrès qu'il a apportés dans sa noble profession, sa manière de vivre au milieu de ses ouvriers, sa dignité commerciale et ses vertus privées appellent une étude plus complète, que l'un des membres autorisés du Comité des Beaux-Arts voudra bien, j'espère, nous donner prochainemant.

Parmi les membres de la Société dont nous avons à regretter la perte, je dois citer d'abord, avec un sentiment de profond respect, le nom de M. *Adolphe d'Eichthal*, dont on retrouve la main généreuse et l'initiative bienfaisante dans toutes les sociétés qui ont pour objet d'aider les humbles, de soulager les misères, de parer aux chances de l'avenir par une sage prévoyance, d'encourager les efforts individuels, de contribuer sous une forme quelconque au progrès matériel et moral de ceux à qui l'existence est plus lourde; il était par excellence l'homme de bien.

M. *Nicolas*, inspecteur d'agriculture, a donné l'exemple de la pratique unie à la science par l'exploitation d'un grand domaine en Algérie et par des travaux intéressants relatifs au développement de l'agriculture dans notre colonie. Sa carte agronomique de l'Algérie lui valut une récompense à l'Exposition de 1889. M. Nicolas est mort sur son champ de bataille, assassiné dans le domaine créé par son père dans la province de Constantine.

Ancien élève de l'École centrale des Arts et Manufactures, M. *Levainville*, associé à son beau-frère M. Rambaud, contribua à maintenir à l'ancienne maison Gautier-Bouchard sa juste renommée. Chargé particulièrement de la direction technique des usines, M. Levainville avait apporté de nombreux perfectionnements à la fabrication de la céruse, des couleurs minérales et des vernis; de justes récompenses aux diverses expositions ont consacré les mérites de la maison Levainville et Rambaud.

M. *Gatellier*, ancien élève de l'École polytechnique, s'était d'abord destiné à l'industrie métallurgique; mais, peu de temps après sa sortie de l'École des mines, ses goûts, ses relations de famille le ramenèrent à l'industrie agricole et à l'agriculture. Propriétaire des moulins de Coudetz, près la Ferté-sous-Jouarre, il a été l'un des premiers à adopter les procédés perfectionnés de la mouture moderne, en même temps que, sur sa ferme de Suzancy, il développait les méthodes de l'agriculture intensive, et contribuait à les répandre autour de lui.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pendant de longues années, M. *Hache* a été le chef principal et le directeur actif de la fabrique de porcelaine Hache et Pépin-Lehalleur, à Vierzon. Sous son impulsion, tous les perfectionnements modernes ont successivement pris pied dans ce grand établissement. Laissant ensuite à ses enfants le soin de poursuivre son œuvre céramique, M. Hache appliqua ses hautes facultés au perfectionnement de l'agriculture du Berry, et, là encore, ses efforts furent couronnés de succès éclatants.

M. le comte *Didier* (*Jean*), correspondant du Comité des Arts chimiques pour l'Alsace-Lorraine, sorti de l'École Centrale en 1858, fut appelé en 1862 à diriger les cristalleries de Saint-Louis. Sous son impulsion, l'usine, un instant compromise, devint rapidement prospère, au point d'employer aujourd'hui 3 000 ouvriers. Savant distingué et verrier très habile, M. le comte Didier parvint le premier à fabriquer le cristal à pots découverts dans les fours Siemens chauffés à la houille. Grand philanthrope, il fut victime de son dévouement, car il prit le germe d'une pneumonie infectieuse au chevet d'un des vieux serviteurs de l'usine qu'il avait recueilli dans sa propre demeure pour lui donner des soins personnels.

Je citerai encore, avec le témoignage de nos regrets, M. *Roret*, éditeur de l'encyclopédie si connue, dans laquelle on trouve tant de traités excellents; M. *Louis Holtzer*, fils du créateur de l'usine d'Unieux, célèbre par ses aciers fondus au creuset, à laquelle il s'était lui-même consacré; M. *Rosel*, ingénieur de la maison Muller et Roger, mort très jeune, avant d'avoir pu donner toute sa mesure.

L'an dernier, M. Tisserand nous a rappelé les termes éloquents par lesquels de Gérando exposait, il y a bientôt un siècle, dans la séance d'inauguration de la Société d'Encouragement, le programme de ses travaux et du rôle protecteur qu'elle devait prendre dans le développement de l'industrie française.

Nous devons, à notre tour, répondre à la pensée des fondateurs sous la forme la mieux appropriée aux conditions actuelles, où le groupement des intérêts particuliers dans des associations spéciales a singulièrement modifié les habitudes de l'industrie.

Je ne puis mieux faire que de reproduire ici ce qu'écrivait J.-B. Dumas en 1867 :

« La Société d'Encouragement, dit-il, fondée en conformation des vues du siècle dernier et en prévision des besoins du siècle nouveau, n'a pas eu à modifier sa constitution, malgré les changements considérables que les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sciences, les arts, les industries et le commerce ont éprouvés depuis soixante-quinze ans. Le laboureur, l'ouvrier, le savant, l'artiste, l'administrateur, le commerçant y ont toujours trouvé la juste appréciation de leurs travaux. La main qui façonne, la pensée qui invente, la science qui étudie la matière et les forces, l'art qui répand le sentiment du beau, les idées économiques saines qui président à la production et à la consommation, le commerce dont les entreprises embrassent le monde entier, toutes ces formes de l'activité étaient représentées dès son origine dans le Conseil de la Société.

« C'est pour demeurer fidèle à cette première pensée que le Conseil actuel maintient avec respect et fortifie sans cesse le système de publicité et de récompenses qui fait la base de notre institution. »

Et ailleurs, après avoir énuméré les prix et les récompenses décernés par la Société, Dumas ajoutait :

« Son bulletin contient :

« Les procès-verbaux des séances du Conseil, les mémoires et rapports adoptés dans ces réunions, des extraits des communications écrites ou imprimées de la correspondance ;

« Des articles de fond sur des sujets scientifiques et techniques utiles à l'industrie ;

« Des chroniques et revues scientifiques et industrielles exposant les découvertes nouvelles qui intéressent le commerce et les arts. »

Vous reconnaissez là l'ensemble complet des réformes que la commission du *Bulletin* met en pratique, et dont vous avez pu apprécier les premiers résultats. Le zèle et la compétence dont notre agent général, M. Richard, apporte le concours à MM. les secrétaires nous sont un sûr garant que la Société trouvera, dans le développement de son *Bulletin*, un nouvel élément de prospérité.

J'ajouterai encore que Dumas inaugura à la Société des *Conférences exceptionnelles* pour faire connaître la transformation des industries et des procédés de fabrication, les progrès accomplis dans les différentes branches de l'activité humaine, les applications nouvelles des découvertes de la science. Ces communications plus étendues et plus directes avec le public élargissent le cercle de notre influence, et le succès des premières tentatives conduisit Dumas à l'organisation d'un service spécial de conférences, dont il ne put suivre le développement; c'est une tâche nouvelle qu'il laissait à ses successeurs le soin d'accomplir.

Le Conseil a pensé enfin qu'il y avait une autre initiative à prendre. Entre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la science qui fait les découvertes et l'industrie qui les applique, il est nécessaire d'établir un lien qui permette d'appeler l'attention des savants sur les recherches de nature spéciale dont l'industriel a besoin, et que le souci des affaires ou le défaut de ressources scientifiques ne lui permet pas d'aborder. C'est à notre Société qu'il appartient de les prendre sous son patronage.

La proposition, faite par la Société d'encouragement : d'une méthode uniforme pour les *filetages et les jauges* a reçu dans le monde industriel un accueil qui témoigne de l'autorité attachée à nos travaux ; l'adoption officielle de ce système d'unification par la marine de l'État et par les grandes Compagnies en assure l'extension générale dans notre pays, et constitue la meilleure préparation à un projet peut-être réalisable d'une entente internationale.

De même que les belles recherches de M. *Malher,* provoquées par notre Société, ont fourni à l'industrie une méthode pratique et rigoureuse pour déterminer le pouvoir calorifique des combustibles, notre initiative fut également heureuse dans les travaux relatifs à la constitution des aciers. Nous devons à M. *Osmond* une communication magistrale sur l'analyse micrographique des métaux, et à M. *Charpy* une étude remarquable sur les propriétés mécaniques que la trempe communique aux aciers. Les mémoires de MM. Osmond et Charpy, qui viennent de paraître dans notre *Bulletin* (1), seront hautement appréciés dans l'industrie métallurgique. Les méthodes d'observation y sont décrites avec tout le soin nécessaire pour en répandre l'usage, et les résultats obtenus ont une haute portée scientifique.

L'idée de consacrer ainsi une partie de nos ressources à *provoquer des travaux scientifiques en vue de leur application directe à l'industrie* a donc été féconde dès le début; assurés de faire une œuvre utile, nous devions persévérer dans la même voie. Sur la proposition de quelques-uns de nos collègues, le Conseil a constitué une commission spéciale chargée de diriger des recherches d'ensemble sur la *constitution et les propriétés des alliages.* La compétence de nos collègues et le choix éclairé de leurs collaborateurs donnent toute confiance dans les résultats de cette entreprise, dont l'importance industrielle est telle que les Compagnies de chemins de fer et plusieurs grandes maisons de constructions françaises nous ont déjà assuré leur concours par des subventions importantes et par la fourniture des matériaux nécessaires à nos études.

Nous avons à décerner cette année le *grand Prix* fondé par la Société

(1) Mai et juin 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pour l'auteur de la découverte la plus utile au perfectionnement de l'industrie française. Sur la proposition du Comité des Constructions et des Beaux-Arts, ce prix a été attribué à M. *Lippmann*, membre de l'Institut, pour sa découverte de la photographie des couleurs.

Dans un beau rapport que vous allez entendre, rapport qui est une page d'histoire et que je ne voudrais pas déflorer, M. *Davanne*, avec sa haute compétence, a rappelé que la photographie est née en France et que la découverte de M. Lippmann vient comme une suite naturelle des créations dues au génie de ses devanciers. Notre Société est fière de pouvoir ainsi donner à M. Lippmann un témoignage de son admiration, comme elle l'avait fait pour Niepce et Daguerre, et, plus récemment, pour MM. Pasteur, Faucon et Benjamin Normand.

M. Lippmann s'était fait déjà une réputation méritée par des travaux de premier ordre en électricité. La photographie en couleurs, qui permet de reproduire les scènes de la nature avec la richesse des tons qui leur conserve le sentiment de la vie, a répandu son nom dans le monde entier. C'est rendre un véritable service à l'humanité que d'augmenter les jouissances intellectuelles de millions de créatures civilisées.

C'est au Comité du Commerce qu'il appartenait de décerner l'une des grandes médailles par lesquelles notre Société récompense tous les ans les travaux qui ont exercé la plus grande influence sur les progrès de l'industrie française. La nécessité d'une expansion coloniale s'impose à l'attention de tous ceux qui ont souci de l'avenir de notre pays, et c'est pour nous un devoir de seconder ceux qui se sont attachés avec dévouement et sans aucun intérêt personnel au progrès de cette œuvre nationale; aussi sommes-nous heureux de décerner notre grande médaille du Commerce au *Comité de l'Afrique française*, qui, fondé il y a quelques années à peine, a su rendre, en si peu de temps, les services les plus signalés à la cause de notre colonisation africaine.

Le général d'Aboville a légué à notre Société une somme de 10000 francs pour être distribuée à ceux qui auront employé à leur service des ouvriers estropiés, amputés ou aveugles, et les auront ainsi soustraits à la mendicité. Nous avons décerné le reliquat de cette somme à une œuvre dont il est superflu de faire ici l'éloge, car elle est connue de tous comme l'une des plus intelligentes manifestations de la charité chrétienne, c'est l'asile des *Frères de Saint-Jean-de-Dieu* de la rue Lecourbe.

La *purification des eaux potables* est une question dont l'importance

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

s'accroît de jour en jour, mais qui devient aussi de plus en plus difficile et complexe à mesure que nos grandes villes se développent avec une rapidité souvent inquiétante. C'est, en effet, principalement par les eaux impures que naissent et surtout se propagent la plupart des maladies contagieuses, contre lesquelles le remède préventif le plus efficace est la purification même de ces eaux. Désireux de contribuer à la solution de ce difficile problème, le Comité des Arts économiques avait mis au concours un prix de 2000 francs pour la *purification des eaux potables*. De nombreux candidats se sont présentés, avec des titres sérieux et des plus recommandables. Malgré la réelle valeur de ces différents mémoires, aucune solution n'a paru entièrement satisfaisante. Mais la Commission a voulu reconnaître le mérite des concurrents en distribuant la valeur du prix sous forme d'encouragements : à M. *Tellier*, inventeur fécond et des plus ingénieux, qui, bien souvent, a devancé son époque, et fait ainsi bénéficier le domaine public d'idées que d'autres plus habiles ont su mieux exploiter; à MM. *Lacroix*, *Maignen et Schlumberger*, dont les travaux marquent un progrès important dans la question.

Les applications si nombreuses de l'électricité font naître à chaque instant de nouveaux besoins ; il serait utile, en particulier, de posséder un appareil ou une méthode véritablement pratique pour évaluer l'*isolement des différentes parties d'une installation électrique en activité*. Le programme proposé par le Comité des Arts économiques n'a pas encore été rempli sans réserve, mais les deux concurrents ont fait preuve d'une grande expérience comme ingénieurs électriciens. Aussi, la Commission s'est empressée d'accorder à MM. *Lartigue et Roux* deux encouragements, pour reconnaître la valeur de leur travaux, avec l'espoir qu'ils poursuivront une étude si bien abordée.

L'agriculture, qui sera longtemps encore la principale source de richesse de notre pays, traverse des crises difficiles, dans lesquelles le concours de la science est nécessaire pour maintenir sa prospérité. Depuis plusieurs années, votre Comité d'agriculture attribue des prix aux auteurs de la *meilleure étude agricole d'une province de la France*. Le prix a été divisé cette année entre trois lauréats : M. *Guerrier*, à qui est décerné un encouragement de 1000 francs pour son excellente étude sur l'agriculture de la Marche : MM. *Allard et Martin*, qui reçoivent chacun un encouragement de 500 francs pour leurs travaux sur l'agriculture de la Haute-Saône et de la Corrèze.

Dans le domaine si étendu de la *construction et des beaux-arts*, nous

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nous réjouissons de pouvoir décerner, cette année, deux encouragements importants : l'un de 2 000 francs, à M. *Tessier*, pour son procédé de peinture à la détrempe qui semble, comme vous l'exposera bientôt M. Rossigneux, appelé à résoudre l'un des problèmes les plus importants de l'art industriel ; puis un encouragement de 1 000 francs à M. *Jamin*, qui, simple artisan, a consacré les modestes ressources que lui fournissait son travail de chaque jour à la publication d'un *Traité de la Menuiserie*, dont l'achèvement permettra au public de profiter de l'expérience si péniblement acquise et si libéralement offerte par M. Jamin.

La Société d'Encouragement n'a jamais oublié que l'industrie a besoin d'autres auxiliaires qui, pour n'avoir ni l'éclat, ni parfois même la gloire des savants, des artistes et des ingénieurs, font preuve de qualités professionnelles et d'un long dévouement. Le travail manuel des ouvriers, obscur et pénible, doit être honoré par nous comme il le mérite en toute équité. C'est dans cet esprit de justice et de véritable fraternité que les exposants de la classe 47, à l'Exposition de 1878, ont fondé, sur l'initiative de M. Fourcade, un prix grâce auquel nous pouvons chaque année décerner au simple ouvrier ayant passé le plus grand nombre d'années dans une manufacture de produits chimiques un témoignage de notre vive et sincère sympathie. Le prix est donné cette année à M. *Joseph Detrez*, entré à dix-neuf ans à la Soudière de Chauny, et resté au service de la même Compagnie pendant cinquante et un ans. Il me sera permis d'ajouter que, si cette longue carrière fait l'éloge de notre lauréat, elle est aussi celui de la Compagnie qui sait conserver de pareils serviteurs.

C'est à ces mêmes sentiments que notre Société obéit lorsque, chaque année, elle décerne ses médailles aux contremaîtres et ouvriers qui lui ont été signalés comme des plus méritants. C'est par là que se terminent nos séances solennelles, et je ne sais vraiment quel meilleur souvenir on pourrait en emporter que celui de la joie de ces braves gens à qui nous donnons de grand cœur ce témoignage de sympathie pour leur existence toute de probité, de travail, de résignation et de fidélité au devoir social.

L'éclat de nos séances est dû, pour la meilleure part, aux conférenciers qui ont bien voulu nous apporter les concours de leur expérience et de leur talent; les conférences de cette année ont été particulièrement brillantes, et ont attiré dans cette salle un public si nombreux qu'il a paru nécessaire d'en élargir l'enceinte. Comme témoignage de nos remerciements et de notre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

reconnaissance, nous sommes heureux d'offrir une médaille de la Société à MM. *Abdank-Abakanowitch*, *Bonvalot*, *Charpy*, *Delebecque*, *Dybowsky*, *Hillairet*, *Lezé*, *Lumière*, *Maumené* et *Zolla* qui nous ont successivement entretenus des grandes industries du vélocipède et de la photographie, de l'agriculture française, du lait concentré, de leurs travaux de métallurgie, de chimie et de géologie, et de leurs explorations lointaines.

Il me reste un devoir agréable à remplir. L'importance des capitaux dont nous avons l'administration exige une comptabilité très complexe, et il a paru nécessaire de l'organiser sur une base nouvelle, qui permît de connaître à chaque instant l'état général de nos finances et la situation particulière des fonds appartenant aux legs qui ont une destination spéciale. La Commission des fonds, sur l'initiative de son président, M. *Bordet*, a bien voulu entreprendre ce travail et diriger ce service important.

En outre, notre trésorier, M. *Goupil de Préfeln*, a pris la peine de passer en revue et de mettre en ordre, pour la constitution d'un répertoire, l'amas considérable des titres qui représentent notre fortune actuelle.

Qu'il me soit permis de remercier ici, au nom de la Société, M. Goupil de Préfeln pour les soins dévoués qu'il consacre à l'administration de cette fortune. C'est chez lui comme une tradition de famille. Son arrière-grand-père, M. Laroche, fut notre premier trésorier en 1804; M. de Préfeln remplaça ensuite son beau-père, M. Le Tavernier, et depuis lors, c'est-à-dire depuis plus de trente ans, il n'a pas cessé d'apporter à une tâche ingrate la plus minutieuse exactitude et un dévouement absolu. Il est juste de reconnaître que nous devons à M. de Préfeln la prospérité de nos finances, dont il suit le détail, les rentrées et les transformations avec une sollicitude véritablement paternelle.

J'espère, mes chers collègues, que cet aperçu rapide de nos travaux, des recherches provoquées par le conseil, des communications si intéressantes dont vous avez été témoins et des encouragements que nous avons pu décerner au mérite, sous toutes ses formes, est de nature à vous donner confiance dans l'avenir de la Société.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

COMITÉ DES CONSTRUCTIONS ET DES BEAUX-ARTS

RAPPORT *fait par* M. DAVANNE, *au nom du Comité des Constructions et des Beaux-Arts, sur les titres de* M. LIPPMANN *au grand prix de la Société.*

Prix de 12 000 francs.

MESSIEURS,

Tous les six ans, la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale décerne, s'il y a lieu, un grand prix de 12 000 francs, alternant avec le grand prix de même valeur fondé par le marquis d'Argenteuil, et destiné à l'auteur de quelque grande découverte, de quelque grand travail jugé digne de cette haute récompense.

La Société, sur la présentation de son Comité des Constructions et des Beaux-Arts, et après la décision unanime de son Conseil, décerne son grand prix de 1895 à M. Lippmann, membre de l'Institut, professeur à la Faculté des Sciences de Paris.

M. Lippmann, appliquant les lois optiques des interférences, a fait connaître une méthode qui permet à la photographie de fixer d'une manière durable les couleurs de la nature, il a déterminé les principes de cette méthode, et obtenu des épreuves qui en démontrent la rigoureuse exactitude.

Dès le début de la photographie, aussitôt que l'emploi d'instruments appropriés permit de voir nettement et facilement sur la glace dépolie de la chambre noire le sujet dont on désirait fixer l'image, ce sujet, comme une miniature absolument belle, apparut si brillant dans ses pures colorations diverses, qu'immédiatement, il sembla que le but final de la photographie fût d'obtenir cette image dans toute sa beauté.

En effet, la photographie, considérée dans la perfection idéale à laquelle nous devons nous efforcer de la faire parvenir, ne peut-elle être définie : « la vérité par la lumière » ? c'est-à-dire la reproduction parfaite de ce qui est, tel que la lumière le montre à nos yeux, avec l'exactitude rigoureuse des contours, des lignes et des couleurs ; plus nous approcherons de cette perfection, plus nombreuses, plus utiles et plus belles seront les applications de toutes sortes qui découleront de la photographie, et viendront s'ajouter à toutes celles qui en dérivent déjà.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le problème de la reproduction des couleurs par la seule action des rayons lumineux se posait donc dès le début, et des prix de grande valeur furent proposés pour parvenir à ce résultat.

Longtemps, la Société d'Encouragement maintint sur son programme annuel, comme sujet de concours, la reproduction directe et durable des couleurs par la photographie; mais les concurrents ne se présentant pas, le problème paraissant insoluble, le prix fut retiré, et pourtant quelques remarques, quelques recherches antérieures montraient que la solution ne devait pas être impossible.

Nicéphore Niepce, en 1829 (1), dans une communication faite à Daguerre, mentionne que quelques-unes de ses épreuves, obtenues au bitume de Judée, paraissaient affecter les couleurs locales de certains objets; il se borne à dire : « En méditant sur ce fait remarquable, j'ai cru pouvoir en tirer des inductions qui paraîtraient se rattacher à la théorie de Newton sur le phénomène des anneaux colorés »; puis il ajoute : « Il suffirait, pour cela, de supposer que tel rayon prismatique, le rayon vert, par exemple, en agissant sur la substance vernie, en se combinant avec elle, lui donne le degré de solubilité nécessaire pour que la couche qui en résulte, après la double opération du dissolvant et du lavage, réfléchisse la couleur verte. »

Depuis, presque tous les opérateurs photographes ont pu constater, dans diverses circonstances, des phénomènes d'irisation dus seulement à la minceur des couches, et donnant au hasard quelques colorations non cherchées.

Bien avant Nicéphore Niepce, Scheele avait observé que le chlorure d'argent prend une teinte rouge brique dans la partie rouge du spectre (2), et déjà, en 1810, Seebeck obtenait des couleurs du spectre solaire sur du papier sensibilisé au chlorure d'argent (3); Herschel (4) et Hunt (5) ont vu également que le chlorure d'argent présentait une teinte rougeâtre dans la partie rouge du spectre; mais ce n'étaient que des constatations scientifiques non suivies de tentatives pour obtenir la reproduction des couleurs naturelles.

(1) Fouque, *la Vérité sur la Photographie*. Librairie Ferrou, Chalon-sur-Saône, 1867, pages 172-173.

(2) *Bulletin de la Société française de Photographie*, 1858, page 7. (Communication de M. Ed. Becquerel.)

(3) *Forschritte der Photographie*, 1868, page 20.

(4) *Bibliothèque universelle de Genève*, 1839, tome XXIII, page 185.

(5) *Ibid.*, tome XXVI, page 407.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ce fut seulement en 1848 (1) qu'Ed. Becquerel fit des recherches suivies de réels résultats; sur une plaque daguerrienne, il préparait, par divers procédés, une couche mince de sous-chlorure d'argent violet, sur laquelle le spectre solaire imprimait toutes ses couleurs, et il put photographier de même divers sujets colorés; l'impression demandait toujours des poses très longues.

Ce procédé d'Ed. Becquerel fut repris par Niepce de Saint-Victor, amélioré peut-être; les spécimens obtenus par cet habile opérateur présentaient des couleurs très vives; puis Poitevin proposa avec quelque succès d'abandonner la plaque argentée et de préparer le sous-chlorure d'argent violet sur papier; ce procédé fut essayé, modifié, amélioré en France par M. Chardon et par M. de Saint-Florent, et l'on produisit ainsi des spécimens assurément remarquables; mais tous ces résultats étaient frappés de la même tare originelle : les couleurs disparaissaient sous l'influence de la lumière ambiante; l'action partielle de chaque rayon coloré s'anéantissait sous la lumière générale. Dès que, par une méthode quelconque, on essayait de détruire la sensibilité des sels d'argent et de fixer l'image colorée, celle-ci disparaissait immédiatement.

Donc, si la possibilité de reproduire les couleurs par la photographie au moyen de préparations chimiques était démontrée, on se heurtait à l'impossibilité de conserver l'image obtenue.

D'autres essais, dans une voie différente, furent faits non plus pour fixer les couleurs de la nature, mais pour localiser photographiquement des matières colorantes ajoutées aux préparations sensibles; ces procédés, basés sur les travaux de Poitevin, repris, modifiés, mis en œuvre par MM. Ducos du Hauron, Cros, Léon Vidal, Lumière frères, etc., ont produit et produiront certainement des résultats remarquables, mais c'est de la chromographie photographique, de la photographie en couleurs, ce n'est pas la photographie des couleurs. D'autre part, lord Rayleigh, en Angleterre, avait fait quelques tentatives non suivies de succès pour obtenir la reproduction des couleurs par les méthodes physiques.

Tel était l'état de la question lorsqu'il y a quatre ans, à la séance de l'Académie des Sciences, le 2 février 1891, on apprit, par une communication tout à fait inattendue, que le problème de la reproduction inaltérable des couleurs était résolu par M. Lippmann, un de nos plus éminents professeurs de physique.

(1) *Annales de chimie et physique*, 3e série, tome XXII, page 451.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Abandonnant complètement la voie suivie par ses prédécesseurs auxquels les réactions chimiques avaient été impuissantes à donner satisfaction, M. Lippmann chercha et trouva la solution dans les lois physiques qui régissent la marche des rayons lumineux.

Il faudrait une voix autrement autorisée que celle du membre du Comité des Constructions et des Beaux-Arts qui vous parle actuellement pour vous expliquer clairement et brièvement le phénomène assez compliqué de la reproduction des couleurs par la méthode interférentielle.

Nous sommes en présence d'une de ces découvertes basées entièrement sur la théorie et sur le calcul, et qui n'est pas sans analogie avec celle que fit Leverrier quand, par la seule puissance du calcul et sans consulter la voûte du ciel, il marqua la place d'une planète inconnue.

Dans un ordre d'idées moins grandiose peut-être, mais plus facile à saisir par tous, M. Lippmann, par l'étude de la loi des interférences, fixa théoriquement les conditions dans lesquelles les couleurs devaient se reproduire sur la plaque photographique, et l'expérience a prouvé l'exactitude de la théorie.

Lorsque les ondes lumineuses viennent frapper une surface réfléchissante, elles retournent sur elles-mêmes, coupant à des intervalles égaux celles à l'encontre desquelles elles marchent. Là où ces ondes lumineuses se coupent, elles s'annulent, ce sont les nœuds ou points nodaux; là où leurs sommets sont opposés, l'action lumineuse est à son maximum, ce sont les centres.

Si ces ondes lumineuses traversent à l'aller et au retour, à l'incidence et à la réflexion, une couche sensible formée par un sel d'argent englobé dans un milieu colloïde tel que la gélatine, l'albumine, le collodion, etc., et si elles sont réfléchies par une surface très pure, comme celle du mercure mis en contact immédiat avec la couche sensible, celle-ci sera impressionnée dans son épaisseur, mais seulement aux places constituant les centres, là où l'action lumineuse est à son maximum; elle ne le sera pas aux points nodaux, où cette action est annulée; le révélateur va donc produire une stratification de lamelles d'argent réduit, séparées entre elles par le milieu colloïde, dont le bain fixateur enlèvera le sel sensible non impressionné.

La distance entre ces lamelles, par le mécanisme même de leur formation, est précisément égale à l'épaisseur que devrait avoir une lame mince transparente pour que la lumière blanche réfléchie sur ses deux faces donne à l'œil qui la reçoit la sensation de la couleur primitive, ainsi qu'on le voit couramment pour les bulles de savon.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Quelques chiffres nous feront apprécier l'infinie délicatesse du travail de la lumière. Cette distance entre les lamelles est égale à une demi-longueur d'onde soit, pour le rouge, six dix-millièmes de millimètre, cinq dix-millièmes pour le jaune, quatre dix-millièmes de millimètre pour le violet. Si on cherche à rendre plus compréhensible l'exiguïté de semblables dimensions, il suffira de dire, qu'approximativement, on pourrait, dans l'épaisseur moyenne d'une feuille de papier à cigarettes, superposer en nombres ronds trois cent trente de ces demi-longueurs d'onde pour la couleur rouge, quatre cents pour la lumière jaune, et cinq cents pour la lumière violette. Cette perfection idéale des manifestations que peut donner la photographie n'ouvre-t-elle pas des horizons sans bornes à ses applications; et, si la photographie doit à la physique une conquête de plus, celle-ci ne lui doit-elle pas la plus évidente et la plus élégante constatation de la loi des interférences?

La plaque photographique enregistre les vibrations lumineuses comme le phonographe enregistre les vibrations sonores, et, sa sensibilité étant annulée, l'image se conservera pendant un temps indéfini.

Les essais pratiques ont sanctionné la théorie; certes, ces essais ont été longs et délicats, mais la science tient toutes ses promesses pour le savant qui poursuit et applique rigoureusement ses lois. M. Lippmann a su communiquer sa foi à des collaborateurs qui ont mis à sa disposition leur habileté scientifique et technique, et, après quelques premières épreuves longuement posées, n'ayant pas encore tout l'éclat désirable, nous avons vu des spectres solaires complets, des épreuves de paysages d'après nature, même des portraits obtenus en quelques minutes, toutes épreuves parfaitement fixées et inaltérables à la lumière.

Les manipulations photographiques nécessaires pour obtenir ces images ne diffèrent en rien des procédés ordinaires; seule, la couche sensible préparée à la gélatine, au collodion ou à l'albumine doit être dans les conditions physiques nécessaires, c'est-à-dire, être absolument transparente, puisque rien ne doit gêner la marche régulière des ondes lumineuses; elle doit être en outre aussi orthochromatique que possible, c'est-à-dire, se rapprocher d'une même sensibilité pour les diverses colorations lumineuses, puisqu'il faut les obtenir dans un seul temps de pose. MM. Lumière frères se sont fait un honneur de mettre à la disposition de M. Lippmann des plaques préparées dans ces conditions. Après la pose, on exécute le développement, le fixage, le lavage, le séchage exactement comme pour les procédés courants, et c'est seulement lorsque la plaque est sèche que les couleurs apparaissent,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

car, tant que les lamelles d'argent réduit sont noyées dans un milieu non desséché, leur écartement ne correspond plus à aucune longueur d'onde : l'effet est donc annulé.

L'épreuve obtenue est unique ; elle ne peut, quant à présent, servir de type pour en reproduire de semblables, elle est miroitante, et doit être regardée sous un angle convenable, c'est en la projetant sur un écran qu'on peut en apprécier toute la valeur; par un singulier retour, le procédé de M. Lippmann semble nous ramener vers l'époque daguerrienne, mais avec cet immense progrès : que le principe de la fixation des couleurs est désormais établi.

Nicéphore Niepce a posé le principe de la reproduction de l'image de la chambre noire, Daguerre, celui de l'existence et du développement de l'image latente, nous devons à Fox Talbot le type négatif permettant de reproduire un nombre quelconque d'épreuves positives, à Poitevin le principe des photographies aux encres grasses et aux poudres inaltérables, M. Lippmann a établi le principe de la photographie des couleurs fixées et inaltérables.

Les principes doivent toujours primer les plus belles applications auxquelles ils donnent naissance. Qu'il soit permis à votre rapporteur de se rappeler les conseils qu'il a reçus à ce sujet du savant chimiste et physicien Regnault, lorsque celui-ci lui confia la rédaction du rapport décernant le prix de 10 000 francs mis au concours par le duc Albert de Luynes pour la photographie aux encres grasses, ceux que lui donna notre illustre et vénéré maître Dumas, en le chargeant du rapport à la suite duquel la Société d'Encouragement décerna à Poitevin le grand prix du marquis d'Argenteuil. C'est à des principes féconds que la Société d'Encouragement réserve ses plus belles récompenses.

C'est dans cet ordre d'idées que, précédemment, elle avait décerné son grand prix à M. Pasteur, lorsque ses savantes recherches sur l'existence et l'action des microbes n'intéressaient encore que les industries agricoles; nous n'avons pas besoin de rappeler quelle extension, quel développement fécond ont pris les applications de ces principes pour le bien de l'humanité tout entière.

Chaque jour, de nouvelles recherches apportent à l'industrie des éléments d'extension et de profit; la découverte du principe de la reproduction des couleurs, depuis longtemps désirée et provoquée, est venue donner satisfaction aux *desiderata* les plus osés de la photographie; l'auteur, M. Lippmann,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

n'en veut retenir que la gloire scientifique; il laisse ses recherches dans le domaine public, abandonnant à l'industrie tous les fruits que pourra produire l'invention qu'il a fait éclore.

La Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, appréciant toute la valeur de la savante découverte de M. Lippmann et des principes qu'il a posés, lui décerne le grand prix de 12 000 francs, dont elle a la disposition pour l'année 1895.

Signé : A. DAVANNE, *rapporteur.*

GRANDE MÉDAILLE DU COMMERCE

RAPPORT *fait par* M. E. CHEYSSON, *au nom du Comité du Commerce, sur les titres du* COMITÉ DE L'AFRIQUE FRANÇAISE *à la grande médaille à l'effigie de Chaptal.*

MESSIEURS,

La Société décerne chaque année, sur la proposition de l'un des six Comités du Conseil, une grande médaille en or destinée à récompenser « les travaux qui ont exercé la plus grande influence sur les progrès de l'industrie française ». Le tour de chaque Comité revient ainsi tous les six ans. Cette année, c'est au Comité du Commerce qu'il appartient de faire des propositions pour l'attribution de la grande médaille portant l'effigie de Chaptal.

Placé, il y a six ans, en face du même devoir, ce Comité s'était décidé en faveur d'une institution qui incarnât à ses yeux les efforts tendant à l'expansion coloniale de la France, et son choix, ratifié par le Conseil, s'était porté sur la Société de Géographie commerciale.

« Ce n'est pas tout de fabriquer, il faut vendre, répétions-nous en 1889 après M. Gustave Roy; il faut écouler ses produits. » — « Cette question de débouchés, ajoutions-nous, prend de nos jours d'autant plus d'importance que la surproduction se généralise davantage avec la grande industrie, que la concurrence devient plus acharnée et plus universelle, enfin que tous les pays, comme à l'envi, se hérissent de barrières douanières, toujours plus hautes, pour se réserver leur marché national. Les peuples producteurs étouffent chez eux et cherchent à se répandre au dehors. Partout ils se heurtent à des portes qui ne veulent pas s'ouvrir et à des compétitions ardentes. De là, cette poussée vers les pays neufs et, en particulier, cette curée de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'Afrique, dont chacun veut avoir sa part, ne serait-ce que pour empêcher le voisin de se l'approprier. »

Pour M. Paul Leroy-Beaulieu, « le premier des peuples sera celui qui colonisera le plus, » et, plus énergiquement encore, Prevost-Paradol disait à la France en 1869 : « Colonise ou tu périras. »

Telles étaient les considérations et telles les préoccupations qui ont inspiré, il y a six ans, le Comité du Commerce dans l'attribution de la médaille Chaptal. Ce sont encore celles qui l'ont guidé cette année dans son choix.

Depuis lors, en effet, la situation que nous indiquions en 1889 n'a fait que s'accentuer encore davantage dans le sens de la crise industrielle, de l'isolement économique des peuples, de leur recherche des débouchés, de leur fièvre coloniale.

Notre pays, en particulier, n'a pas perdu son temps, et peut citer avec orgueil les noms des explorateurs, qui, au cours de ces dernières années si bien remplies, ont su affronter les dangers que leur opposaient une nature indomptée et des hommes plus redoutables encore, pour nous révéler des contrées nouvelles et pour y frayer la voie à notre influence et à nos produits. Nous ne saurons jamais honorer assez ces héros, qui sont trop souvent des martyrs.

Cette fois encore, dans l'embarras où nous étions de distinguer l'un d'eux à l'exclusion de ses frères d'armes, il nous a semblé que le meilleur parti était de rendre hommage à la fois à tous ces mérites, en décernant la récompense dont nous disposions, non pas à tel ou tel d'entre eux, mais à une collectivité qui en fût la personnification.

« Les progrès accomplis dans l'intérêt du commerce, disait M. Charles Lavollée, en 1882, ne représentent pas au même degré que ceux de la science ou de l'industrie le succès d'un effort individuel; ils résultent souvent d'un effort collectif, du concours intelligent des volontés et des ressources qui se rencontrent dans les associations. »

Parmi les collectivités qui se sont dévouées à notre expansion coloniale et prêtent leur patronage à nos missionnaires scientifiques et commerciaux, aucune ne nous a semblé l'avoir fait avec tant de zèle, d'ampleur et de succès, que le *Comité de l'Afrique française*.

Ce Comité a été fondé en 1891 par des hommes presque tous considérables, et dont les noms présentent les plus amples garanties de science, de désintéressement et de patriotisme. Dans la déclaration qui l'annonçait au

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

public, le Comité se donnait pour tâche « de développer l'influence et le commerce français dans l'Afrique de l'Ouest, du Centre et du Nord »; il assurait que, « constitué dans une pensée purement patriotique, en dehors de tous les partis, il était absolument désintéressé et étranger à toute préoccupation d'affaires »; quant à ses moyens d'actions, il se proposait « d'organiser des missions d'explorations dans les régions africaines soumises ou à soumettre à notre influence; d'aider aux missions organisées par d'autres; d'encourager les travaux scientifiques relatifs à ces régions; de poursuivre les études et recherches destinées à préparer ou à appuyer les établissements privés fondés par nos nationaux; de faire connaître les faits concernant l'Afrique, spécialement au point de vue de l'action des nations européennes colonisatrices. »

Ce programme a été ponctuellement suivi. Avant même d'avoir formé le Comité, les hommes qui le composent avaient envoyé à leurs frais en Afrique la mission Crampel, dont le but était, comme on le sait, d'explorer la région comprise entre le Congo et le lac Tchad et d'y conclure des traités, puis de revenir, s'il le pouvait, par le Nord. Les mêmes personnes avaient favorisé d'autres expéditions, entre autres celles du lieutenant de vaisseau Mizon. Aussitôt constitué, le Comité s'est empressé de grouper des adhérents autour de lui. Grâce au *Bulletin* qu'il a publié dès le premier mois de mai 1891, grâce à la propagande active de ses membres, le public a fait un chaleureux accueil à l'œuvre nouvelle, dont il comprenait toute la portée patriotique et qui venait à son heure. Les souscriptions ont afflué de toutes parts et la mission Dybowski a pu être immédiatement envoyée pour appuyer Crampel.

La mort de cet héroïque explorateur n'a pas arrêté les tentatives du Comité dans la direction du lac Tchad. A ses frais encore, il a organisé la mission de M. Maistre qui, partie du Congo français, est revenue par la Benoué et le Niger, après avoir conclu sur son passage des traités d'alliance et de commerce, qui faisaient entrer dans notre sphère d'influence le sud du Baguirmi et nous donnaient accès au Chari et, par là, au lac Tchad et au Soudan central.

A côté de ses expéditions personnelles, le Comité soutenait et subventionnait celles qu'envoyait le gouvernement, comme la mission Mizon, dont on sait la grande importance au point de vue géographique et politique, la mission Decœur, qui a ouvert de vastes territoires à notre influence dans la région nord du Dahomey, la mission Clozel, qui, en ce moment même, s'efforce d'arriver au lac Tchad par la Sangha.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En même temps que son action s'exerçait en Afrique par les explorations, elle se traduisait en France par la propagande en faveur de notre expansion dans le continent noir.

Tel est le principal objet de son Bulletin, qui présente les questions africaines sous la forme la plus attrayante et avec une remarquable compétence. Dans le même but, le Comité organise des conférences destinées à agir sur l'opinion publique et à démontrer l'importance des intérêts que met en jeu notre empire africain.

C'est ainsi que le Comité s'est conformé aux divers articles de son beau programme, et il en a été récompensé par le succès, qui a dépassé l'attente de ses fondateurs. Il groupe autour de lui plus de 3 000 adhérents et il a réuni en quatre ans, depuis ses débuts, près de 400 000 francs de souscriptions, qu'il a employés à l'extension de notre domaine colonial, à la surveillance de nos intérêts en Afrique, enfin à la vulgarisation de ces questions africaines, dont la solution doit si gravement influer sur l'avenir politique et commercial de notre pays.

En résumé, l'idée qui a présidé à la fondation du Comité de l'Afrique française, l'œuvre accomplie et les résultats obtenus, nous paraissent répondre de tous points à l'institution de notre grande médaille. Aussi proposons-nous de décerner cette médaille, portant l'effigie de Chaptal, au Comité de l'Afrique française, comme un haut témoignage d'estime pour les services qu'il a déjà rendus à notre commerce et comme un encouragement pour ceux qu'il est appelé à lui rendre dans l'avenir.

Signé : E. Cheysson, *rapporteur.*

PRIX D'ABOVILLE

Rapport *fait par* M. Charles Lavollée, *au nom du Comité du Commerce, sur le concours pour le prix d'Aboville.*

Prix de 3 300 francs.

Messieurs,

La Société d'Encouragement procède, en 1895, à la quatrième et dernière distribution du prix fondé par le général d'Aboville en faveur de « tel manufacturier qui aura employé à son service, pendant une période déterminée, des ouvriers amputés, estropiés ou aveugles, et qui, par ce moyen, les aura soustraits à la mendicité ».

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nous avons signalé, dans nos précédents rapports, la difficulté que nous avons éprouvée à rencontrer des manufacturiers employant à un travail régulier des ouvriers invalides, et nous nous sommes conformés à la pensée charitable de l'honorable testateur en répartissant le montant du legs entre des établissements ou des œuvres qui se proposent de rendre facile et productive la main-d'œuvre des invalides du travail, de ceux surtout qu'une infirmité native condamnerait à la mendicité si la charité ne leur venait en aide.

Ces établissements et ces œuvres sont heureusement en grand nombre, grâce aux efforts de la charité privée s'ajoutant à l'assistance publique, qui est et sera toujours insuffisante.

Parmi les établissements qui remplissent les conditions fixées par le legs d'Aboville, nous avons distingué l'asile fondé à Paris en 1859, rue Lecourbe, par les Frères de Saint-Jean-de-Dieu. Cet asile, successivement agrandi, compte aujourd'hui 400 pensionnaires. Au début, ce n'était que la maison de santé des pauvres; aujourd'hui, ce n'est plus seulement l'hospice où sont admis les enfants aveugles, sourds, muets, estropiés, scrofuleux, nés avec des infirmités incurables, c'est également un grand atelier, où une partie de ces enfants, devenus adultes, apprennent et exercent les métiers qui leur sont accessibles. Il y a, dans la maison, des ateliers de tailleurs, de cordonniers, de relieurs, d'imprimerie à l'usage des aveugles, une école de musique, et quand, après un complet apprentissage, ils peuvent sortir de l'asile et gagner leur vie dans les ateliers parisiens, la sollicitude des Frères les accompagne et continue à veiller à leur santé comme à leur moralité. La maison de la rue Lecourbe est bien connue; elle a été souvent décrite (1), elle figure avec honneur dans les annales de la charité dévouée, intelligente et efficace; elle est populaire. Devant cette accumulation de misères humaines, en présence de cette colonie d'êtres disgraciés par la nature et invalides jusqu'à la difformité, si les yeux sont instinctivement tentés de se fermer, le cœur s'ouvre à l'immense pitié qu'inspire un tel spectacle et en même temps au sentiment de reconnaissance que méritent les médecins de ces corps et aussi de ces âmes, voués sans eux à la plus profonde détresse. Mais nous ne devons insister ici que sur le caractère particulier de cette institution. La charité n'y est pas seule : elle se double du travail. Nous voyons là des ouvriers infirmes soustraits à la mendicité, suivant le vœu du

(1) Dans son livre sur la *Charité privée à Paris*, Maxime du Camp a consacré un chapitre spécial aux Hospitaliers de Saint-Jean-de-Dieu.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

legs d'Aboville, c'est pourquoi nous n'hésitons pas à disposer des 3300 francs qui restent du legs en faveur de l'asile de la rue Lecourbe, en exprimant notre respect à son vénérable supérieur, le Frère Gaëtan, qui le dirige depuis de longues années.

Si flexible que soit le mécanisme de la charité, l'assistance par le travail est encore le plus sûr moyen d'être utilement charitable. Nous devons donc applaudir, partout où elle se rencontre, à l'application de cette idée qui est juste et qui peut être féconde en résultats dans la lutte engagée contre la misère. L'œuvre de l'*Hospitalité du travail*, récemment fondée sous la présidence de M. Louis Lefebvre, mérite à cet égard une mention très honorable. Il s'agit de procurer aux ouvriers en chômage involontaire un asile momentané, une hospitalité laborieuse, qui leur permet d'attendre qu'ils aient trouvé, avec l'assistance active de l'œuvre, un emploi régulier. Le legs d'Aboville ne concernant que les ouvriers invalides, nous n'avons pu comprendre cette œuvre si méritoire dans la répartition des fonds dont la gestion nous a été confiée.

Le legs de 10000 francs nous a procuré, avec l'addition des intérêts composés, une somme de 13300 francs, dont la totalité a été répartie suivant les vœux exprimés par le testateur. Notre Société ne saurait prononcer la clôture de ce concours sans rendre un nouvel hommage à la mémoire de celui qui a bien voulu nous charger d'exécuter ses libérales et nobles volontés. Que le général d'Aboville soit remercié pour le bien qu'il nous a permis de faire en son nom !

Signé : C. Lavollée, *rapporteur.*

PRIX FOURCADE, 1895

Rapport *fait par* M. Aimé Girard, *au nom du Comité des Arts chimiques*, sur le prix Fourcade, fondé, par les exposants de la classe 47 a l'Exposition universelle de 1878, pour les ouvriers des fabriques de produits chimiques.

Prix de 1 000 francs.

M. Detrez (Joseph), auquel la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale décerne aujourd'hui le prix Fourcade, peut être considéré comme le type parfait des ouvriers que les exposants de la classe 47, à l'Exposition de 1878, ont entendu récompenser en fondant ce prix.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

C'est un travailleur émérite, un de ceux qui n'ont pas d'histoire, ou dont l'histoire, tout au moins, se résume dans l'accomplissement incessant du devoir.

Il a soixante-dix ans aujourd'hui, et, depuis cinquante et un ans, il compte parmi les ouvriers les meilleurs et les plus estimés de la Compagnie de Saint-Gobain, Chauny et Cirey.

En 1844, il avait alors dix-neuf ans, il entrait à Chauny, à la Soudière, et, pendant quatre années, y restait attaché, comme aide au service des fours à sels caustiques, c'est-à-dire, des fours dans lesquels le carbonate de soude est en partie caustiqué.

Dès le début, il s'y fit remarquer par sa bonne conduite, son activité et aussi son adresse, car le travail des sels caustiques était alors tout particulier et exigeait certains tours de main que beaucoup ne savaient acquérir.

Aussi, en 1848, était-il nommé chef d'équipe aux mêmes fours, où il continuait son excellent service jusqu'en 1887, c'est-à-dire pendant près de quarante ans. Mais l'âge était venu, M. Detrez avait alors dépassé la soixantaine, et c'est un service très dur que celui des fours à sels caustiques.

Il fallait songer à la retraite, ou obtenir un service exigeant moins de force physique. La Compagnie avait, depuis longtemps, trop bien apprécié les mérites de M. Detrez pour ne pas chercher à diminuer sa peine. Les habitudes de régularité et de précision qu'il avait toujours apportées dans l'exécution des ordres qu'il recevait le désignaient pour un poste de confiance : en 1887, il fut placé comme contrôleur à la bascule des superphosphates ; c'est là, qu'aujourd'hui encore, après cinquante et un ans de service, on le trouve chaque jour, apportant à la vérification des pesées le zèle scrupuleux dont il n'a cessé de faire preuve pendant sa longue carrière.

A ces mérites industriels, viennent s'ajouter, chez M. Detrez, les qualités du père de famille : ses cinq enfants ont été élevés par lui avec sollicitude.

D'une conduite exemplaire, d'un caractère excellent, M. Detrez est aussi estimé de ses camarades que de ses chefs.

La Société est heureuse de récompenser en lui un travailleur honnête et laborieux, que la Compagnie de Saint-Gobain, Chauny et Cirey peut, à bon droit, citer comme un modèle.

Signé : Aimé Girard, *rapporteur.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PRIX POUR LE PERFECTIONNEMENT DE L'INDUSTRIE COTONNIÈRE (FONDATION ROY)

RAPPORT *fait par* M. IMBS *au nom du Comité des Arts mécaniques.*

Sur la proposition de son Comité des Arts mécaniques, la Société d'Encouragement décerne à M. Delessart, ingénieur à Lardy (Seine-et-Oise), une médaille d'argent et un prix de 500 francs prélevé sur la fondation Roy.

Cette médaille et ce prix sont décernés à M. Delessart pour les services rendus à l'industrie cotonnière par son excellent ouvrage : *la Filature du Coton par les machines modernes,* dans lequel les progrès de toutes sortes réalisés dans ces derniers temps par cette importante industrie trouvent leur description remarquablement bien faite au double point de vue technologique et pratique.

Signé : J. IMBS, *rapporteur.*

PRIX DES ARTS CHIMIQUES

RAPPORT *fait par* M. S. JORDAN, *au nom du Comité des Arts chimiques, sur le* PRIX PROPOSÉ POUR L'ÉTUDE DES PROPRIÉTÉS PHYSIQUES OU MÉCANIQUES D'UN OU PLUSIEURS MÉTAUX OU ALLIAGES D'USAGE COURANT.

Prix de 2 000 francs.

La Société d'Encouragement a entendu, dans sa séance du 23 novembre 1894, l'intéressante et savante communication qui lui a été faite par M. F. Osmond sur la métallographie microscopique de l'acier au carbone, communication qui, maintenant imprimée dans son *Bulletin*, et accompagnée de très remarquables reproductions des photomicrographies présentées à la séance, attire l'attention de tous les métallurgistes praticiens. M. Osmond a étudié lui-même, et leur fournit le moyen d'étudier, l'influence du forgeage, du recuit, de divers modes de chauffage et de trempe, et du revenu sur la structure moléculaire et les états d'association du fer et du carbone dans diverses sortes d'acier; il montre que les diverses circonstances du traitement calorifique de ces aciers, c'est-à-dire : la température de chauffage, la température de trempe, la vitesse du refroidissement, par

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

exemple, s'inscrivent dans les variations de la structure avec une précision telle que celles-ci peuvent déjà servir de guide aux fabricants dans diverses usines françaises ou étrangères.

Les résultats obtenus par M. Osmond, et communiqués par lui à la Société, sont le résultat de travaux tout à fait personnels, poursuivis par le savant ingénieur avec ses propres ressources. Il n'est pas un inconnu pour la Société, qui lui a alloué déjà, en 1888, un prix pour ses recherches sur les transformations du fer et du carbone dans les fontes, fers et aciers, en l'encourageant à persévérer dans la voie féconde où il était engagé. Aussi, votre Comité des Arts chimiques a été unanime à vous proposer de décerner à M. F. Osmond le prix de 2000 francs pour la longue série de recherches dont il fait bénéficier l'industrie des aciers, et que son mémoire permet à tous de continuer.

Signé : S. JORDAN, *rapporteur*.

ARTS CHIMIQUES

RAPPORT *fait par* M. DE LUYNES, *au nom du Comité des Arts chimiques, sur un ouvrage présenté par* M. JULES GARCON *sur* L'INDUSTRIE DE LA TEINTURE.

Le grand nombre des matières colorantes que l'industrie chimique met à la disposition du teinturier, de l'imprimeur sur tissus et de l'apprêteur, et la nécessité d'obtenir des résultats meilleurs en économisant les frais de main-d'œuvre ont obligé les fabricants à remplacer le plus possible la main de l'homme par des machines, dont l'emploi s'est considérablement développé depuis un certain nombre d'années.

La plupart des appareils actuellement en usage n'ont été décrits, jusqu'à présent, qu'accessoirement dans divers traités de teinture, ou dans les bulletins des sociétés industrielles. Mais aucun travail d'ensemble n'avait encore paru à ce sujet. M. Jules Garcon a cherché à combler cette lacune en publiant l'ouvrage qu'il a soumis à l'examen de votre Comité des Arts chimiques. Dans les deux volumes remis à la Société, M. Jules Garcon fait l'exposé des machines employées dans les opérations du blanchiment et de la teinture des fibres, dans tous les états où elles se présentent : en laine, en rubans, en bobines, en cannettes, en écheveaux ou en tissus. Toutes les descriptions qu'il donne sont claires, et les figures qui accompagnent le texte les rendent plus faciles encore à saisir. Chaque chapitre spécial se ter-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mine par une bibliographie complète des matières qui y sont traitées. A côté de la partie pratique, l'auteur expose, dans des appendices, ce qui se rapporte aux théories de la teinture et du blanchiment et à la théorie physique des couleurs. L'ouvrage, malgré sa forme concise, est donc complet, et peut être consulté également par les praticiens et par tous ceux qui s'intéressent aux applications des matières colorantes.

Votre Comité vous propose de remercier M. Jules Garcon de la présentation de son ouvrage et de lui accorder un prix de 500 francs.

Signé : De Luynes, *rapporteur.*

PRIX DES ARTS ÉCONOMIQUES

PRIX POUR L'ÉPURATION DES EAUX

Rapport *fait par* M. H. Fontaine *au nom du Comité des Arts économiques.*

La Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, qui ne pouvait rester étrangère à la très intéressante question de la stérilisation des eaux, a fondé un prix destiné à l'auteur de recherches d'ordre physique, chimique ou autre, qui l'auront amené à découvrir et à appliquer, dans la pratique générale et domestique, le meilleur procédé de purification des eaux potables.

Huit concurrents ont envoyé des mémoires, mais aucun d'eux n'a satisfaits d'une manière complète au programme reproduit *in extenso* ci-dessus. Les uns ont décrit des moyens déjà connus et depuis longtemps jugés insuffisants; d'autres ont émis de véritables théories, mais sans relater aucune application; tous ont négligé un ou plusieurs termes importants du problème à résoudre.

Dans ces conditions, le prix ne peut être décerné. L'importance considérable du sujet, que le récent appel fait aux inventeurs par la Ville de Paris vient de remettre à l'ordre du jour, et la valeur réelle de plusieurs solutions partielles nous ont amené à laisser au concours la question d'épuration des eaux, en reculant de quelques années la date où le prix pourra être décerné, et à accorder divers encouragements aux concurrents actuels.

Parmi les mémoires envoyés à la Société, il en est plusieurs qui ont attiré l'attention du Comité des Arts économiques, et qui paraissent, en effet, mériter non seulement une mention élogieuse, mais encore un encouragement effectif.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En première ligne, nous devons citer les travaux de *M. Tellier*, relatifs à l'épuration des eaux par la chaleur et sous pression, non que cet ingénieur soit parvenu à rendre réellement industrielle cette idée, mais il en a été le promoteur, et en a fait profiter de suite le domaine public. On peut lire en effet, sous sa signature, dans le *Journal d'Hygiène* du 8 septembre 1881, la description d'un appareil pour stériliser l'eau par la chaleur se terminant ainsi : « Cette communication n'est couverte par aucun brevet; elle reste, de la manière la plus complète, à la disposition de tous ceux qui, dans un but de santé publique, voudraient employer cet appareil. »

L'idée a fait son chemin : des ingénieurs d'un incontestable mérite (qui n'ont pas cru devoir prendre part au présent concours) l'ont étudiée avec soin, sous toutes ses faces et dans tous ses détails, et ont réussi à la rendre industriellement pratique. Leurs remarquables travaux ont eu le succès qu'ils méritaient, en donnant naissance à une excellente industrie. Ce n'est pas une raison pour laisser dans l'oubli l'initiative de M. Tellier, et le noble abandon fait par lui au domaine public en 1881. C'est pourquoi la Société lui accorde un encouragement de 1 000 francs.

C'est dans une voie toute différente que *M. Lacroix* a cherché les moyens de stériliser l'eau, et il croit les avoir trouvés en faisant intervenir, avant le filtrage, cette forme si puissante et encore si mystérieuse de l'énergie qu'on nomme l'électricité.

Dans son procédé, le courant décompose un peu d'eau, libère de l'hydrogène et donne naissance à une certaine quantité d'ozone et d'oxygène électrolytique, qui brûlent toutes les matières organiques contenues dans l'eau à traiter. L'addition de sulfate d'alumine neutre pour rendre le bain conducteur, l'emploi d'anodes fixes en platine et de cathodes mobiles en aluminium, et, en général, les dispositions de détail prises par l'inventeur paraissent judicieuses et susceptibles de donner un bon résultat. M. Lacroix n'ayant fait aucune application de son procédé, la Société lui conseille de continuer ses travaux, et lui accorde un encouragement de 500 francs.

M. Schlumberger a traité la question par la chimie. Il fait passer l'eau sur de la pierre ponce imprégnée de benzoate d'alumine, puis sur du charbon enrobé de bioxyde de manganèse. Avec ce double filtrage, la majeure partie des matières organiques et presque toutes les bactéries sont détruites. Souvent même, l'eau est absolument stérilisée.

Les applications prévues au programme font défaut ici comme dans les deux cas précédents, mais le système de M. Schlumberger a paru à la Société

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

intéressant à signaler; elle le récompense par un encouragement de 500 francs.

Le dernier procédé ayant attiré notre attention est celui de *M. Meignen*. Il rentre bien dans le programme, puisqu'il a donné lieu à des recherches d'ordre physique et chimique, et qu'il est appliqué dans la pratique générale et domestique. Mais son efficacité n'est pas absolue dans tous les cas, ni en tout temps. Il ne détruit pas toutes les matières organiques ni toutes les bactéries. C'est un excellent système pour clarifier l'eau ; ce n'est pas un moyen infaillible pour la débarrasser de tous les germes de maladie. Sous le bénéfice de ces observations, la Société accorde à M. Meignen un encouragement de 500 francs.

En résumé, la Société ne décerne pas le prix cette année, et elle accorde quatre encouragements, d'une valeur totale de 2500 francs, aux meilleurs mémoires envoyés pour le concours de l'épuration des eaux potables.

Cette somme sera ainsi répartie :

MM.	Tellier.	1000 francs.
	Lacroix.	500 —
	Schlumberger. . . .	500 —
	Meignen.	500 —

Le concours reste ouvert; le prix de 3000 francs pourra être décerné en 1898.

Signé : Hippolyte Fontaine, *rapporteur.*

PRIX DE 2000 FRANCS

POUR UN APPAREIL OU UN PROCÉDÉ INDUSTRIEL QUI PERMETTE DE MESURER OU D'ÉVALUER RAPIDEMENT L'ISOLEMENT DES DIVERSES PARTIES D'UNE INSTALLATION ÉLECTRIQUE EN ACTIVITÉ. (M. Carpentier, *Rapporteur.*)

Deux encouragements de 500 francs sont accordés : l'un à M. Lartigue, et l'autre à M. Roux, ingénieurs électriciens.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PRIX D'AGRICULTURE

RAPPORT *fait par* M. RISLER, *au nom du Comité d'Agriculture, sur le* PRIX PROPOSÉ POUR LA MEILLEURE DESCRIPTION DE L'ÉCONOMIE RURALE D'UN DÉPARTEMENT OU D'UNE RÉGION DE LA FRANCE.

Nous avons, cette année, de nombreux concurrents pour le prix de 2000 francs destiné à la meilleure description de l'économie rurale d'un département ou d'une région de la France.

Parmi nos concurrents, il y en a quatre qui se sont occupés du Limousin :

1° M. GUERRIER, professeur à l'École pratique d'agriculture de Crocq (Creuse), nous présente une étude très complète, très bien divisée et très bien écrite sur l'économie rurale et l'agriculture de la Marche et du Limousin, c'est-à-dire de l'ensemble des départements de la Creuse, de la Haute-Vienne et d'une partie de la Corrèze. Les chapitres que je crois devoir signaler comme spécialement bien traités sont un aperçu historique sur l'agriculture du Limousin, le climat et la géologie agricole du pays, la division, le mode d'exploitation et la valeur de la propriété et l'émigration temporaire d'une partie de la population ; puis les engrais, les prairies naturelles et les reboisements.

2° M. J.-B. MARTIN ne décrit que l'agriculture et l'économie rurale du département de la Corrèze, dont la partie septentrionale, granitique et froide, appartient au Limousin, tandis que la partie méridionale ressemble plus, par ses terres et son climat, aux cantons limitrophes du Périgord. Il a eu soin de partager le département en plusieurs zones et de marquer les différences entre leurs procédés de culture. Ces procédés sont bien décrits, ainsi que les améliorations que l'on pourrait y introduire. Les champs d'expérience et de démonstration ont donné des résultats très intéressants.

3° Les *Considérations sur l'agriculture et la production du bétail dans le Limousin*, par MM. Antoine Limousin et Calixte Pagès, ne manquent pas d'idées originales; quelques-unes le sont même beaucoup trop. Mais les auteurs font la guerre au métayage, et voudraient le voir remplacé par le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fermage; ce mémoire, dédié à Turgot, est divisé en deux parties : l'État actuel du Limousin et l'Avenir du Limousin.

4° Le Confolentais, ou arrondissement de Confolens, fait partie du département de la Charente; mais son climat et son sol granitique ressemblent à celui du Limousin. M. H. Coirard, de Chasseneuil, nous donne une description de son agriculture (*le Confolentais agricole*) qui ne manque pas de mérite, mais qui est beaucoup plus sommaire et moins documentée que les mémoires n° 1 et n° 2.

5° M. William Dubourg, né à Digne, est professeur d'agriculture du département des Basses-Alpes, et c'est ce département dont il décrit l'économie rurale. Son travail renferme beaucoup de faits, souvent des faits très intéressants et bien observés, mais quelquefois aussi des faits qui nous semblent inexacts. Ainsi il critique vivement l'administration forestière : il trouve que les reboisements ont été exagérés ; des terrains qui auraient dû rester en pâturages ont été achetés par l'État à des prix exorbitants (trois fois leur valeur réelle) et reboisés à grands frais.

6° M. Allard nous envoie une étude économique et statistique de l'agriculture du département de la Haute-Saône. Elle est un peu trop sommaire et laisse à désirer comme ordre dans l'exposition, mais il y a des parties originales qui témoignent des services que M. Allard a rendus à son département: entre autres, de nombreux dosages du calcaire friable et assimilable dans les terres à vignes pour reconnaître quelles sont, parmi les terres, celles où les plants américains pourront être employés comme porte-greffes. Dans celles qui dosent moins de 20 p. 100, et ce sont les plus nombreuses, on pourra employer le Riparia; dans celles qui en ont 20 à 30 p. 100, le Solonis. Depuis 1886, M. Allard a organisé dans le département, et très bien organisé, 625 champs de démonstration, qui ont commencé à vulgariser parmi les cultivateurs l'emploi des engrais chimiques et des meilleures variétés de céréales, pommes de terre, etc.

Pendant la sécheresse et la disette de fourrages de 1893, il a organisé à Vesoul une boucherie économique qui a permis aux cultivateurs de vendre la viande directement aux consommateurs.

7° Le travail de M. L. Taasse sur *la Corse en* 1892-93 (étude d'économie rurale sur l'Ile méditerranéenne) contient des descriptions souvent très pittoresques et pleines d'esprit sur l'aspect et les mœurs du pays; c'est un mémoire agréable et facile à lire, accompagné de photographies très caractéristiques, et il donne quelques excellents conseils aux agriculteurs de la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Corse; mais son travail est moins complet et moins documenté que la plupart des autres.

9° Le travail imprimé suivant est dû à un agriculteur très instruit et très capable de faire d'excellents travaux, M. Eugène Fagot, agriculteur à la Haute-Maison, par Poix-Tenon (Ardennes). Mais cet envoi consiste uniquement dans le rapport que M. Fagot a fait sur le concours de la prime d'honneur en Meurthe-et-Moselle en 1894.

Enfin (10°) M. Durand, professeur à Nancy, nous adresse deux brochures imprimées, l'une intitulée : *Géologie des Vosges appliquée à l'agriculture;* l'autre : *Les grandes Industries vinicoles en Lorraine.* La première répondrait mieux au programme du prix que nous avons à décerner en 1896 qu'à celui de cette année, et la deuxième n'a guère de rapport avec l'économie rurale.

En conséquence, la Société ne décerne pas le prix cette année et le divise en trois encouragements :

100 francs à M. Guerrier pour son étude sur l'agriculture de la Marche;

500 francs à M. Allard pour son étude sur l'agriculture de la Haute-Saône.

500 francs à M. Martin, pour son étude sur l'agriculture de la Corrèze.

Signé : Risler, *rapporteur.*

CONSTRUCTIONS ET BEAUX-ARTS

Rapport fait, au nom du *Comité des Constructions et des Beaux-Arts*, sur un *nouveau procédé de peinture inventé par* M. Léon Tessier, *artiste peintre, par* M. Rossigneux, *président de ce Comité.*

Il y a plus d'un an, le 8 juin 1894, que M. Léon Tessier, artiste peintre, professeur de dessin au lycée Jeanson-de-Sailly, adressait à la Société d'Encouragement une demande en examen d'un nouveau procédé de peinture de son invention.

Le Comité des Constructions et des Beaux-Arts, auquel cet examen fut confié, choisit pour rapporteur son président, qui ne s'est décidé à venir vous

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rendre compte de son mandat qu'après avoir acquis la certitude la plus absolue de l'incontestable supériorité de cette invention.

Les avantages de ce nouveau mode de peinture, préconisés par son inventeur, étaient tels, et allaient tellement à l'encontre des procédés en usage reconnus les plus parfaits et consacrés par une longue pratique, qu'il résolut de ne se prononcer qu'en parfaite connaissance de cause, après une étude longue, minutieuse et approfondie de cette nouvelle invention.

Aujourd'hui, sa conviction est faite, et il ne vient vous demander de la sanctionner par vos suffrages éclairés qu'après l'avoir fait partager aux personnes les plus compétentes dans les arts appliqués à l'industrie et, notamment, aux trois membres de la sous-commission prise dans le sein du Comité, MM. Appert, Dufresne de Saint-Léon et de Salverte, dont les connaissances en ces matières font autorité.

Permettez-moi, avant tout, de vous présenter M. Tessier, de vous dire qui il est, comment, à la suite d'un labeur acharné, d'une persévérance digne des plus grands éloges, il a été conduit à la découverte pour laquelle il sollicite le haut patronage de la Société d'Encouragement.

M. Tessier, né en 1840 de parents pauvres, fut, à l'âge de dix ans, placé, au sortir de l'école communale, en apprentissage pour devenir, six ans plus tard, ouvrier ciseleur en bijoux. Les quelques études de dessin qu'il avait dû faire pour se perfectionner dans son métier développèrent son goût pour les arts, et, dès l'âge de quinze ans, il remportait le 1er prix de dessin à la Société polytechnique. Dès lors, sa voie était tracée, et, contre la volonté de ses parents, il se mit à étudier la sculpture sous la direction d'Etex, puis de Dumont, à l'Ecole des Beaux-Arts. C'est à l'aide seule de son maigre salaire de graveur qu'il pouvait subvenir aux frais de ses études, et encore lui fallait-il subir huit longs mois de chômage; si bien que, à bout de ressources, il sollicita et obtint, en 1860, un modeste emploi à l'administration des postes. Mais sa santé, altérée par les excès du travail et par les plus dures privations, l'obligea à renoncer aux études fatigantes de la sculpture, et, en 1864, il entrait comme élève en peinture dans l'atelier de Pils, à l'École des Beaux-Arts, tout en recevant des leçons du peintre Hanoteau. En possession d'un véritable talent, il expose, non sans succès, depuis 1866, aux divers Salons, des sculptures, des peintures, des gravures à l'eau-forte, récompensées par une douzaine de médailles et de diplômes ressortissant aux arts, à l'enseignement et à l'industrie, sans préjudice des deux diplômes exigés pour l'enseignement du dessin dans les lycées et les collèges. Enfin, il est officier d'Académie.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les exigences de son emploi à l'administration des postes s'accommodant mal avec celles des beaux-arts, il put enfin obtenir, en 1878, la place de professeur de dessin au lycée de Sens et, quatre ans plus tard, dans des conditions plus avantageuses, sa nomination au lycée Jeanson-de-Sailly.

C'est alors que, dans un voyage en Italie fait en 1886 dans le but de se perfectionner dans son art, il s'enthousiasme pour la peinture à fresque, et c'est avec l'intention de la faire revivre de nos jours qu'il a atteint un tout autre but.

Ce sont ces résultats si remarquables et si dignes d'être encouragés qui vont faire maintenant le motif de ce rapport.

Messieurs,

Les peintures d'art proprement dites, comme les peintures décoratives, comme celles en bâtiment, sont sujettes à une altération et à une destruction plus ou moins rapides par l'humidité, les variations atmosphériques, l'action continue du soleil ou d'une haute température.

Les dégradations proviennent surtout de ce que les peintures usitées de nos jours ne pénètrent pas dans les enduits ou les matériaux destinés à les recevoir. Elles ne font pas corps avec eux, de telle sorte que, souvent même après un temps relativement court, elles subissent fatalement l'influence des milieux dans lesquels elles sont placées; elles s'effritent, s'écaillent et finissent par s'effacer entièrement. Le dommage matériel, déjà considérable quand il ne s'agit que de peintures en bâtiment, devient bien autrement grave et difficile à réparer quand il s'agit de peintures d'art ou décoratives dont la restauration est parfois impossible à exécuter.

Certains matériaux, en outre, tels que le *ciment*, par exemple, sont restés jusqu'à ce jour réfractaires à toute décoration exécutée directement sur leurs surfaces : la peinture n'y adhère que très difficilement, s'y dénature instantanément, et se décolore avec une rapidité telle qu'on s'est vu contraint d'y renoncer.

La peinture inventée par M. Tessier obvie à tous ces inconvénients.

A l'huile ou à la colle de peau usitée dans la peinture en détrempe, M. Tessier substitue un agglutinant de sa composition, et le mélange des couleurs, telles qu'elles se trouvent dans le commerce, avec l'agglutinant se fait à froid, en y ajoutant la quantité d'eau nécessaire pour obtenir la fluidité voulue, à la convenance de l'artiste qui fait usage de ce procédé.

Pour la peinture d'art, qui peut de tout point réaliser les effets de la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

peinture à l'huile au point de ne pouvoir distinguer l'une de l'autre, la pâte doit avoir plus de consistance : celle des couleurs en tubes. Quant à la palette, sa préparation est la même que celle de la peinture à l'huile, en remplaçant l'huile par l'agglutinant.

Les couleurs non employées ont cet avantage sur celles à l'huile de pouvoir sécher sur la palette, et, cependant, être utilisées plus tard, en les délayant à nouveau au moyen d'un pinceau imbibé d'agglutinant étendu d'eau.

Cette peinture a le grand avantage de permettre un travail continu et de sécher en six heures environ.

Quant à la peinture en bâtiment, les couleurs sont préparées et mélangées avec l'agglutinant étendu d'eau en quantité nécessaire pour lui donner la consistance voulue dans les « camions » ou vases dont font habituellement usage les peintres en bâtiment, et employées ensuite avec les outils ordinaires à leur profession.

L'emploi de ce procédé dans la peinture en bâtiment devra, en outre, ce qui n'est pas à dédaigner, y apporter une notable économie, M. Tessier ayant calculé que les deux couches nécessaires revêtues d'une couche de vernis ne sauraient excéder la somme de 2 fr. 50 cent. par mètre superficiel.

La peinture achevée et séchée, on applique alors à l'aide d'un pinceau un liquide désigné par M. Tessier sous le nom d'isolant, ou isolateur, et, deux heures plus tard, on peut vernir comme cela est en usage dans la peinture à l'huile. Tout vernis peut être employé, comme le vernis à tableaux ordinaire, sans, pour cela, proscrire d'autres vernis convenablement composés.

Pour les peintures qui doivent être conservées mates, M. Tessier est encore l'auteur d'un vernis. Ce vernis s'emploie à chaud ou à froid, suivant la nature des matériaux recouverts de peinture, après enduit isolateur.

Bien que cette peinture puisse être comparée à la détrempe et non à la fresque, elle peut cependant la remplacer; elle en a tous les caractères apparents, car il est bon de faire observer que la couleur fait corps avec la surface quels qu'en soient les matériaux, et devient ineffaçable.

En résumé,

Cette peinture supprime toute préparation spéciale des murs et des surfaces quelconques à recouvrir ; elle s'applique à cru sur toutes les surfaces, et deux couches suffisent d'ordinaire. Avec le temps, elle fait corps avec la matière qu'elle recouvre : toile, cuir, bois, plâtre, pierre, marbre, ciment,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fer (?), et constitue ainsi une véritable teinture devenant ineffaçable, résistant à l'action de la lumière, de l'humidité, de la chaleur et même des acides, lorsque ceux-ci sont répandus dans l'atmosphère, ainsi que cela se produit dans les laboratoires de chimie et dans certains centres industriels.

Ce procédé permet tous ceux usités dans la peinture à l'huile : frottis, tons couvrants, empâtements et glacis.

Il présente, en outre, le grand avantage de faciliter les remaniements, suppressions, repentirs ou retouches, au gré de l'artiste. Il lui suffit, en effet, avant l'application de l'isolant, de passer soit une éponge, soit un pinceau imbibé d'eau, sur les parties à enlever pour obtenir immédiatement leur effaçage. Peu de temps après, on peut repeindre, et la reprise ne laisse aucune trace.

Ce procédé est en réalité plus expéditif, exige moins de main-d'œuvre, il est plus économique et plus durable que la peinture à l'huile, aussi bien pour la peinture d'art que pour la peinture décorative et pour celle en bâtiment.

Dans l'espace de ces quatre dernières années, M. Teissier a exécuté de nombreuses œuvres à l'aide de son procédé, telles que, portraits, paysages, fleurs et arabesques destinées à la décoration des peintures murales, tableaux de genre et natures mortes, sur toile, sur bois, sur plâtre, sur pierre, sur fer, et il suffit de les regarder pour s'assurer que M. Tessier n'exagère rien sur la grande valeur de son procédé. Un bas-relief moulé en plâtre a surtout attiré l'attention des personnes compétentes que le rapporteur avait cru devoir s'adjoindre pour fixer son jugement. Ce bas-relief, représentant une frise de feuillage, a été recouvert de couleurs imitant l'éclat des terres émaillées : exposé depuis trois ans à toutes les intempéries des saisons, il est resté aussi intact, aussi pur de coloris, que s'il sortait des mains de l'ouvrier.

En conséquence, le Comité des Constructions et des Beaux-Arts, jugeant que cette découverte, qui est peut-être appelée à faire une révolution dans les arts de la peinture, mérite d'être encouragée, demande au Conseil de voter à M. Tessier une allocation de *deux mille francs* pour la continuation de ses études et de ses travaux.

Signé : ROSSIGNEUX, *rapporteur*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

COMMERCE

RAPPORT *fait par* M. C. LAVOLLÉE, *au nom du Comité du Commerce*, SUR LE CONCOURS OUVERT POUR UN PRIX DE 2000 FRANCS, *pour une étude économique d'un centre industriel en France.*

MESSIEURS,

La Société d'Encouragement a mis au concours de 1895 un prix de 2000 francs, *pour une étude économique d'un centre industriel en France.*

Un seul Mémoire a été présenté au concours, avec cette devise : « Mon- « sieur Parmentier, des hommes tels que vous, on ne les récompense pas « avec de l'argent ; il y a une monnaie plus digne de leur cœur. Donnez-moi « la main et embrassez la Reine. » (Louis XVI.)

Ce mémoire traite de l'industrie de la féculerie dans le département de l'Oise, et spécialement dans l'arrondissement de Compiègne, où l'on compte une vingtaine de féculeries, produisant ensemble 100 000 sacs de fécule, soit à peu près le quart de la production française.

L'auteur retrace l'historique de cette industrie installée dès 1833 dans le département de l'Oise, et se développant rapidement par le perfectionnement de ses procédés. Il décrit avec détails la culture de la pomme de terre, son traitement industriel, les opérations successives qui aboutissent à la production de la fécule, les machines et outils qui se sont peu à peu substitués à la main-d'œuvre humaine et au travail des chevaux ou des bœufs. Cette description, qui tient une grande place dans le Mémoire, ne nous a point paru contenir d'indications nouvelles ; elle s'accorde avec les renseignements que contiennent les ouvrages spéciaux sur la féculerie et les dictionnaires technologiques. D'autres chapitres sont consacrés au personnel employé dans les féculeries, personnel qui ne se compose en moyenne que de 7 à 9 ouvriers par usine, à l'évaluation des bénéfices de l'exploitation, à l'organisation commerciale pour la vente des produits et à la législation douanière. En somme, le Mémoire est tout à fait recommandable, mais le Comité du Commerce a dû se demander si le sujet traité remplissait les conditions du programme pour l'étude mise au concours.

Si intéressante que soit l'industrie de la féculerie, il est permis de dire qu'elle n'a, en réalité, qu'une importance secondaire, qu'elle emploie des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

capitaux modestes, n'occupe pendant une partie seulement de l'année qu'un nombre restreint d'ouvriers, et ne représente, dans le département de l'Oise, qu'une production relativement minime : 2 millions de francs environ. Dès lors, une étude sur cette industrie ne saurait fournir d'éléments essentiels à l'examen des grands problèmes économiques et sociaux dont la Société se propose de faciliter la solution par l'institution d'un prix de 2 000 francs. Nous regrettons donc de ne pouvoir proposer, cette année, l'allocation du prix ; mais il nous paraît équitable de récompenser par un encouragement de 500 francs le mérite dont l'auteur a fait preuve dans le Mémoire envoyé au concours.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MÉDAILLES

I. LISTE DES MÉDAILLES DÉCERNÉES PAR LA SOCIÉTÉ POUR DES INVENTIONS OU DES PERFECTIONNEMENTS AUX ARTS INDUSTRIELS

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	Charpy.	Hirsch (1).	Étude sur la trempe des aciers.
2	Delcroix.	Général Sebert (2).	Règle topographique.
3	Debains.	Tisserand.	Traité de mécanique agricole.
4	Ducaisne.	Simon (3).	Tapis.
5	Garola.	Risler (4).	Culture des céréales.
6	Hadfield.	Jordan (5).	Travaux de métallurgie.
7	Malherbe.	Lavalard (6).	Table d'opérations pour les chevaux.
8	Mallet.	Sauvage (7).	Locomotives compound articulées.
9	Martin.	Lavollée (8).	Ouvrage statistique des voies de communication dans Paris.
10	Marzocchi.	Rossigneux (9).	Procédé de peinture à la fresque.
11	Vallot.	Violle (10).	Observatoire météorologique du Mont-Blanc.
		MÉDAILLES DE PLATINE	
	MM.	MM.	
1	Furne.	Lavalard (11).	Mémoire sur la race chevaline boulonnaise.
2	Petit.	Tresca (12).	Antheximètre.
3	Lecaisne.	Simon (13).	Tissus ondulés.
		MÉDAILLES D'ARGENT	
	MM.	MM.	
1	Boramé.	Raffard (14).	Joints pour tuyaux.
2	Chapsal.	Sauvage (15).	Modérateur p. frein à air comprimé.
3	Courau.	Cheysson.	Ouvrage sur les chemins de fer en Turquie d'Asie.
4	Famin (L^{t}-col^{el}).	Lavollée (16).	Ouvrage sur le Tonkin.
5	Gottelmann.	Simon (17).	Balance trieuse automatique.

(1) *Bulletin* de juin 1895, p. 655. — (2) *Bulletin* de juin, p. 727. — (3) *Bulletin* de février, p. 81. — (4) Voir p. 808 du présent *Bulletin*. — (5) *Bulletin* de mai, p. 519. — (6) *Bulletin* d'avril, p. 356. — (7) *Bulletin* de juin, p. 627. — (8) Voir p. 810 du présent *Bulletin*. — (9) Page 821 du présent *Bulletin*. — (10) *Bulletin* de juin, p. 732. — (11) *Bulletin* de mai, p. 523. — (12) *Bulletin* de juin, p. 646. — (13) Page 824 du présent *Bulletin*. — (14) *Bulletin* d'avril, p. 337. — (15) *Bulletin* de mars, p. 217. — (16) Voir p. 826 du présent *Bulletin*. — (17) *Bulletin* de janvier, p. 9.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nos d'ordre.	NOMS DES LAURÉATS.	NOMS DES RAPPORTEURS nommés par les comités.	INVENTIONS OU PERFECTIONNEMENTS qui ont motivé les médailles.
	MÉDAILLES D'ARGENT (*suite*).		
	MM.	MM.	
6	LAFFARGUE.	CARPENTIER.	Ouvrage : *L'Ouvrier monteur électricien.*
7	Société coopérative des employés civils de l'État et du département de la Seine.	CHEYSSON (1).	
	MÉDAILLE DE BRONZE		
	M.	M.	
1	SIMON et fils.	HEUZÉ.	Ouvrage sur la fabrication du cidre.

(1) *Bulletin* de mai, p. 469.

Les Secrétaires de la Société,

ED. COLLIGNON, Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

AIMÉ GIRARD, Membre de l'Institut.

DISTRIBUTION DES MÉDAILLES

DÉCERNÉES POUR LES INVENTIONS UTILES OU LES PERFECTIONNEMENTS DANS LES ARTS INDUSTRIELS

Rapports des différents Comités

(Voir le tableau p. 807)

MÉDAILLES D'OR

AGRICULTURE

Ouvrage sur la culture des céréales, par M. GAROLA.

Le Comité d'Agriculture m'a chargé de vous faire un rapport sur un volume intitulé : *les Céréales*, par M. Garola, professeur départemental d'agriculture à Chartres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ce volume fait partie de la *Bibliothèque de l'enseignement agricole* qui se publie à la librairie Firmin-Didot et C^ie^, sous la direction de notre collègue M. Muntz, et qui renferme déjà un certain nombre d'ouvrages de grand mérite. Parmi ces ouvrages, celui de M. Garola est un des meilleurs, et, actuellement, c'est le traité le plus complet que nous ayons sur les cultures des céréales.

Il s'occupe du blé, du seigle, de l'avoine, du maïs, du millet et du sarrasin, à la fois en praticien émérite et en chimiste excellent. Il a fait, sur la composition chimique des céréales aux diverses époques de leur développement, à la fin du tallage, au moment de leur floraison et après la maturation, des recherches qui montrent que l'absorption des principes nutritifs est particulièrement active entre la fin du tallage et la floraison : c'est par conséquent le moment où les plantes doivent trouver dans le sol les aliments dont elles ont besoin dans la plus grande abondance et dans des combinaisons qui leur permettent de les utiliser rapidement. L'activité de cette absorption dépend en grande partie des développements des racines proportionnellement aux parties aériennes. Le rapport varie beaucoup d'une céréale à l'autre, et, pour une même céréale, aux différentes phases de sa vie, comme l'indique le tableau suivant :

	QUANTITÉ MINIME de racines trouvées par hectare. kil.	POIDS DES RACINES P. 100 DES PARTIES AÉRIENNES.		
		Tallage ou 1re période.	Floraison.	Maturité.
Blé d'hiver.	1525	48,5	18,0	17,4
— de mars.	1000	19,5	14,2	9,7
Seigle d'hiver.	1155	44,0	17,8	17,8
Escourgeon.	672	58,9	21,5	12,0
Orge de printemps . . .	640	52,0	45,6	11,1
Avoine de printemps. . .	3800	76,6	100,0	66,6
Sarrasin	411	16,7	8,0	11,4
Maïs quarantain.	590	33,3	19,7	10,1
Millet commun.	458	29,8	18,0	7,7

Signé : RISSLER, *rapporteur.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

COMMERCE

OUVRAGE DE M. MARTIN SUR LA STATISTIQUE DES VOIES DE COMMUNICATION DANS PARIS

RAPPORT *fait par* M. C. LAVOLLÉE, *au nom du Comité du commerce, sur les* MOYENS DE TRANSPORT DANS PARIS

MESSIEURS,

Le Conseil a renvoyé au Comité du commerce l'examen d'un livre dont il lui a été fait hommage par M. Alfred Martin, et qui a pour titre : *Étude historique et statistique sur les moyens de transport dans Paris.* Cet ouvrage, publié sous les auspices du Ministère de l'Instruction publique et sorti des presses de l'Imprimerie Nationale, justifie à tous égards le patronage qui lui a été ainsi accordé. Il traite d'un sujet dont l'importance devient chaque jour plus considérable; il abonde en renseignements sur l'origine, les progrès successifs et la condition actuelle des modes de transport en usage dans Paris, et il montre à quel point les facilités de circulation, tant pour les personnes que pour les choses, intéressent la prospérité d'une grande capitale et le bien-être de ses habitants.

Avant le XVII^e^ siècle, il n'existait à Paris que des véhicules possédés par des particuliers, et payant un droit de péage pour l'entretien des chaussées. Ces véhicules se substituèrent au cheval, à la mule, à la chaise à porteurs et au char non suspendu, qui encombraient les rues étroites de l'ancien Paris, ainsi qu'aux bacs et aux coches qui, avant l'établissement des premiers ponts, desservaient les communications sur la Seine. Le carrosse ne fit son apparition que sous François I^er^ ; il fut d'abord réservé par privilège aux personnages de la Cour; puis l'usage des voitures similaires s'étendit à la bourgeoisie riche, et le nombre des véhicules de toute sorte s'accrut rapidement, ainsi que l'atteste la multiplication des maisons à porte cochère, qui, jusqu'alors, avaient été l'exception. Sous Louis XIII, Louis XIV et Louis XV, les gens de Cour, les magistrats et les riches bourgeois rivalisèrent de luxe pour l'entretien des carrosses et des calèches, ainsi que pour celui des litières plus particulièrement réservées au transport des dames. Ce luxe fut poussé à un tel point, que plusieurs ordonnances royales tentèrent d'y mettre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

obstacle en interdisant l'emploi de l'or, de l'argent et des étoffes précieuses dans l'ornementation des carrosses, dans le harnachement des chevaux et dans la livrée des cochers et des laquais. Vers le milieu du XVIII^e^ siècle, on comptait à Paris 12000 voitures bourgeoises, non compris les chaises à porteurs, dont nos expositions rétrospectives nous ont reproduit des spécimens d'une extrême richesse. L'expression de « rouler carrosse » date de là. Rouler carrosse, c'était un signe de noblesse autant que de richesse. A cette époque, l'industrie de la carrosserie était l'une des plus prospères, et elle possédait à Paris une supériorité qui s'est conservée jusqu'à nos jours.

Il n'est pas sans intérêt de signaler l'influence exercée dès lors sur le régime de la voirie parisienne par l'augmentation du nombre des voitures particulières, auxquelles vinrent s'ajouter les voitures de louage. De même que l'architecture avait dû modifier les accès et l'aménagement des maisons par l'installation des portes cochères et par l'agrandissement des cours intérieures, de même les ingénieurs durent pourvoir à l'élargissement des rues et au redressement des voies tortueuses que nous montrent les plans du vieux Paris.

Les véhicules de louage n'apparaissent que dans les premières années du XVII^e^ siècle; d'abord, en 1617, les chaises à porteurs, dont le privilège fut concédé à une société organisée par le sieur Petit, capitaine aux gardes du roi; puis, les carrosses, exploités par le sieur Sauvage qui s'établit rue Saint-Martin, dans une hôtel qui avait pour enseigne l'image de Saint-Fiacre (d'où est venue et s'est perpétuée jusqu'à nos jours la dénomination de *fiacre* appliquée aux voitures de louage). Vers 1650, un bourgeois de Paris, Ch. Villerme, obtint, par lettres patentes, moyennant le paiement de 150000 livres versées au trésor royal, le privilège des carrosses à un, deux ou trois chevaux, circulant dans Paris et aux environs. En 1657, autre privilège concédé au sieur de Givry, écuyer du roi, pour location de voitures à l'heure, à la demi-heure, à la journée, à la demi-journée. En 1664, privilège concédé à Catherine de Beauvais, première femme de chambre de la reine mère pour la location des carrosses destinés à suivre la Cour dans les voyages à Saint-Germain et à Versailles. Vers la même date, concession d'un privilège au marquis de Crenan, pour faire circuler des voitures légères à un cheval, qui eurent au début une grande vogue et luttèrent avantageusement contre les carrosses. En 1662, concession au duc de Rouanès, au marquis de Sourches et au marquis de Crenan des carrosses à cinq sols, premier essai d'un service d'omnibus. Le nom de Blaise Pascal se rattache,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'une façon fort inattendue, à cette affaire. L'intérêt que voulut bien y porter l'illustre Pascal est attesté par sa correspondance avec sa sœur, Mme Périer. Ces premiers omnibus étaient répartis entre cinq lignes, et correspondaient les uns avec les autres sur des points déterminés de leur parcours. Ils étaient surtout destinés « à la commodité des bourgeois ». Les soldats, pages, laquais et autres gens de livrée, même les manœuvres et gens de bras, en étaient rigoureusement exclus. De là, des mécontentements, des rixes, qui contribuèrent sans doute à l'insuccès final de l'exploitation, qui ne dura que quelques années.

Ainsi, les entreprises de transports parisiens étaient livrées au régime des privilèges concédés pour la plupart à des gens de noblesse, qui ne dédaignaient pas de chercher fortune dans une industrie, devenue de plus en plus nécessaire à mesure que s'étendait le périmètre de Paris. Ces privilèges royaux, octroyés les uns sur les autres, moyennant des redevances versées au Trésor, donnaient lieu à de fréquents procès qui vinrent grossir les archives de Parlement et à de nombreux règlements généraux ou particuliers, sur la circulation des voitures publiques, sur la forme et la dimension des véhicules, sur les lieux de stationnement, sur la conduite des chevaux, sur le choix et la tenue des cochers, sur les tarifs, qui, sauf de légères variations, furent fixés à deux livres pour l'heure et à une livre pour la course. Il n'est pas sans intérêt de se reporter à cette réglementation, qui prouve à quel point était soigneuse et méticuleuse l'administration de l'ancien régime et dans quels liens de vassalité en quelque sorte était enserré l'exercice d'une grande industrie. Au surplus, les intéressés étaient souvent les plus empressés à réclamer l'intervention et la protection des règlements. Le public se plaignait de l'impolitesse des cochers; les loueurs se plaignaient des cochers qui ne leur versaient pas fidèlement le prix des courses, et les cochers se plaignaient du public et des loueurs. Ne dirait-on pas, moins les grèves, la situation qui existe aujourd'hui?

La Révolution de 1789 avait, dans son programme, l'abolition des privilèges et des monopoles. En 1790, furent rachetés, moyennant une indemnité de 420000 livres, les privilèges concernant l'exploitation des voitures de louage, et cette industrie devint libre; mais les règlements subsistèrent dans toutes leurs dispositions, les unes nécessaires ou utiles, les autres abusives et vexatoires; l'autorité de la police s'étendit plus complètement encore à tous les détails de l'exploitation, et la fiscalité s'ingénia pour multiplier et varier les taxes applicables aux voitures publiques.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le régime de liberté ne produisit pas tout d'abord les résultats que l'on pouvait en attendre au point de vue de l'accroissement des moyens de transport. En 1818, on ne comptait à Paris que 2948 voitures publiques enregistrées, et la majorité de ces voitures se composait de cabriolets à un cheval, ne pouvant transporter qu'un voyageur à côté du cocher. Ces cabriolets à deux roues ont complètement disparu de la circulation dans les villes. Ce fut d'une part la résurrection des omnibus en 1828, d'autre part la création des premières lignes de chemins de fer sous la monarchie de Juillet, qui déterminèrent un progrès décisif et toujours croissant dans les mouvements de la population et dans le développement des moyens de transport.

Nous arrivons à la période contemporaine.

Le second Empire, dès son avènement, apporta une sollicitude particulière à l'embellissement de la capitale et à l'organisation des grands services municipaux. Le gouvernement mit à l'étude la réorganisation des eaux, des égouts, du gaz et des voitures publiques. Pour ces divers services, le moyen adopté en vue de réaliser le perfectionnement et l'économie consista dans le système de fusion entre les entreprises existantes et des concessions privilégiées. L'on comptait faciliter ainsi l'apport des capitaux nécessaires pour développer les services et pour les mettre en mesure de satisfaire aux besoins d'une population dont le chiffre augmentait dans des proportions très considérables et dont l'annexion prévue des communes suburbaines, annexion effectuée en 1860, devait prochainement grossir encore le nombre. En ce qui concerne les omnibus, la fusion des entreprises successivement créées depuis 1828 fut effectuée par un décret de 1855; la même année fut constituée en monopole la Compagnie impériale des voitures de place; en 1856, la première concession des voies ferrées circulant sur la rive droite de la Seine, de la place de la Concorde à Sèvres et à Versailles par Saint-Cloud, fut annexée à la Compagnie générale des omnibus. Ce fut ainsi que le régime de liberté, proclamé et appliqué depuis 1789, fit place au régime du privilège et de la concession, c'est-à-dire à la restauration du système que la Révolution avait aboli. A cette époque, cependant, les tendances de la législation étaient libérales; on préparait la liberté du commerce de la boucherie à Paris, liberté réalisée en 1858, la liberté du commerce de la boulangerie, décrétée en 1863, et la suppression des prohibitions douanières (1860). Mais il parut à l'administration que, dans certains cas, les principes peuvent fléchir au profit des intérêts pratiques et immédiats d'une nombreuse population, et que, spécialement pour les moyens de transport, l'unité d'ex-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ploitation, sous le contrôle des pouvoirs municipaux, serait plus apte que ne le serait la concurrence à procurer un bon service.

L'expérience réussit tout d'abord pour les omnibus, qui, sous une direction unifiée, virent plus que doubler en cinq ans le nombre des voyageurs transportés et qui, prolongeant le parcours des lignes après l'annexion des communes suburbaines en 1860, créant en même temps des lignes nouvelles, multipliant les correspondances au croisement de toutes les lignes, contribuèrent très efficacement, selon les vues de l'autorité municipale, au peuplement des nouveaux quartiers de la périphérie. Il faut remarquer, d'ailleurs, que pour les omnibus il n'y a pas lieu de parler d'un *monopole*. Même sous un régime de pleine liberté, l'autorité publique, soucieuse de la sécurité dans les rues, ne tolérerait pas qu'un grand nombre d'entreprises concurrentes fissent rouler sur le même parcours les lourdes voitures affectées au transport en commun. Les entreprises distinctes, qui circulaient avant la fusion, devaient se pourvoir, pour chaque itinéraire, d'une autorisation préfectorale, c'est-à-dire d'une concession. La différence entre le régime antérieur à 1855 et le régime actuel, c'est que, précédemment, les entrepreneurs d'omnibus ne sollicitaient que la concession de lignes qu'ils supposaient devoir être fructueuses au point de vue de la recette, tandis que la Compagnie privilégiée qui les a remplacées doit actuellement exécuter tous les services qui lui sont commandés par l'administration municipale, au point de vue de l'intérêt de tous les quartiers de la ville, alors même que ces services lui seraient onéreux. En fait, la liberté des omnibus n'existe nulle part : elle est partout limitée par les intérêts généraux de la sécurité et de la circulation sur la voie publique, et il serait facile de démontrer que, pour Paris, le service d'une compagnie unique et privilégiée, aux ordres de l'autorité municipale, est constituée de manière à faire un meilleur service et un service plus complet que ne le pourraient des entreprises multiples et fractionnées, laissant en dehors de leur exploitation un grand nombre de quartiers. Il faut ajouter que si la Compagnie des omnibus a pu, dès son origine et jusqu'ici, développer ses services dans des proportions dont nous verrons plus loin les chiffres, cela tient en grande partie, comme pour la Compagnie du gaz, aux conditions particulières, et malheureusement exceptionnelles, de sa constitution. Contrairement à beaucoup d'entreprises industrielles ruinées ou tout au moins embarrassées à leur début par l'exagération des prix attribués aux apports, les anciennes entreprises d'omnibus réalisant avant 1855, un bénéfice net de plus de 1 400 000 francs, se sont

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fusionnées avec un capital de 24000 parts, remboursables à 500 francs, soit avec un capital de 12 millions seulement. Elles apportaient, en outre, à la nouvelle Compagnie Générale un personnel tout formé et surtout une direction très expérimentée, les anciens entrepreneurs figurant en majorité dans le Conseil d'administration. Enfin, faut-il dire encore que l'administration préfectorale et le Conseil municipal d'alors, tout en exigeant beaucoup d'une entreprise constituée pour le service public, avaient le prudent souci de seconder son exploitation et de ménager son crédit pour lui permettre de faire face aux progrès et aux besoins futurs de la circulation parisienne. C'est ainsi que, pour les omnibus, l'expérience d'unification des services peut être considérée comme ayant réussi, tout en comportant de successives améliorations.

Tout autre fut l'expérience tentée pour l'unification du service des voitures de place. Constituée sur des bases moins solides, avec un capital insuffisant grevé par la nécessité de racheter les voitures de tous les loueurs, avec un personnel administratif moins expérimenté, la Compagnie Impériale de 1855 eut à lutter, dès ses débuts, contre de nombreuses difficultés. Le monopole dont elle était investie, et qu'elle conserva pendant dix ans, ne suffit pas à la défendre. Outre que son exploitation était à beaucoup d'égards défectueuse et provoquait les plaintes du public, elle avait à lutter contre les exigences de ses cochers, et finalement, après une grève complète et prolongée en 1865, le Gouvernement et la Compagnie elle-même furent d'accord pour renoncer au monopole et pour rétablir la liberté dans cette branche d'industrie. Depuis cette date, tout individu a le droit, moyennant une déclaration préalable à la Préfecture de police, de s'établir loueur de voitures.

Indépendamment des voitures de place et des omnibus, circulaient, dès avant 1855, des omnibus spéciaux pour le service des gares de chemins de fer. En 1867, apparaissent les transports sur la Seine; d'abord, les Bateaux-Mouches, puis, en 1873, les Hirondelles parisiennes, et en 1883, les Bateaux-Express. Ces compagnies furent autorisées distinctement à faire circuler leurs bateaux sur le fleuve, dans la traversée de Paris et même au delà; mais, depuis 1886, elles se sont fusionnées, ou tout au moins elles ont d'accord organisé leurs services de manière à ne point se faire une concurrence dommageable.

Ce fut seulement en 1873 que fut autorisée la construction des tramways à l'intérieur de Paris. Bien que ce mode de locomotion existât déjà dans plusieurs villes d'Europe et surtout aux États-Unis, l'administration muni-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cipale se refusa, sous l'Empire, à permettre la construction jusqu'à Vincennes, en traversant Paris, de la première voie ferrée concédée à M. Loubat, laquelle, venant de Versailles et de Sèvres, était arrêtée à la place de la Concorde. D'une part, elle craignait de déparer le profil des grandes voies, de gêner la circulation des autres voitures, surtout dans les quartiers riches, et de multiplier les risques d'accidents ; d'autre part, elle jugeait que, malgré l'élargissement d'un grand nombre de rues, la plupart des parcours sollicités se prêtaient peu à la pose d'une double rangée de rails. Ces craintes et ces scrupules disparurent après 1870, l'exemple des autres capitales et l'intérêt démocratique firent accueillir avec empressement ce qui avait été précédemment refusé, et, dès 1873, plusieurs concessions furent décrétées soit au profit de la Compagnie Générale des omnibus, soit au profit des compagnies spéciales de tramways (Tramways Nord et Tramways Sud). Puis vinrent d'autres lignes, appartenant aux diverses compagnies. Le tout mesure aujourd'hui plus de 300 kilomètres. La presque totalité de ces lignes est à traction de chevaux ; quelques-unes emploient la vapeur, et on poursuit les études pour l'emploi de l'électricité.

Ne mentionnant que pour mémoire, vu son peu d'importance, le funiculaire de Belleville, nous avons, pour compléter la nomenclature des moyens de transports parisiens, le chemin de fer de Ceinture à l'intérieur des fortifications. La ligne de la gare Saint-Lazare à Auteuil fut inaugurée en 1854 : le réseau de la rive droite fut complété en 1862, et le réseau de la rive gauche fut mis en service en 1867. Le tour de Paris, ainsi effectué, forme un parcours de près de 39 kilomètres.

Un chemin de fer Métropolitain, dont le tracé est à l'étude depuis plusieurs années, est destiné à perfectionner non seulement la circulation parisienne, mais encore les rapports entre Paris et sa populeuse banlieue, et il n'y a pas à craindre que ce puissant élément de transport cause un préjudice durable aux entreprises existantes, car les transports, dans une grande capitale, augmentent et se multiplient en proportion presque géométrique des facilités qui leur sont offertes. C'est ce que démontre l'étude de la circulation dans Paris, au fur et à mesure des progrès réalisés par les voitures, par les omnibus, par les tramways, par les bateaux de la Seine et par le chemin de fer de Ceinture. Cette étude, éclairée par les documents statistiques que contient le livre de M. Alfred Martin, est tout à fait digne d'attention.

Paris, sous Louis XV, comptait 550 000 habitants ; en 1817, le premier

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

recensement opéré avec quelque garantie d'exactitude lui attribue 713 000 habitants, soit 208 par hectare ; en 1856, avant l'annexion de 1860, le recensement officiel donne 1 174 000 habitants pour une superficie de 3 402 hectares, soit 342 par hectare ; en 1865, six ans après l'annexion, 1 825 000 habitants, soit 233 habitants par hectare pour une superficie doublée de 7 802 hectares ; enfin, le dernier recensement, en 1891, compte, pour la même superficie, 2 450 000 habitants, soit 314 par hectare. Cette progression, constatée tout à la fois dans le chiffre de la population parisienne et dans l'étendue de la superficie, explique en partie l'augmentation des transports dans Paris. A cette cause purement locale s'ajoutent l'afflux des voyageurs venant par chemin de fer des départements et de l'étranger ainsi que la transformation opérée dans le caractère même de notre capitale, qui n'est plus seulement un centre de luxe, mais qui est devenue le centre d'un immense rayonnement d'industrie, de commerce et d'affaires. Au surplus, l'accroissement de la circulation de 1855 (avant l'annexion) à 1866 (après l'annexion) peut être calculé au moyen du chiffre des voyageurs transportés en omnibus pendant ces deux années, le service des omnibus fournissant la mesure la plus exacte de la circulation urbaine ; en 1855, 40 millions de voyageurs en omnibus ; en 1866, 110 millions.

Sans nous attarder davantage à ces comparaisons, nous pouvons nous en tenir à l'époque actuelle, en établissant la statistique des transports parisiens d'après les documents recueillis de 1890 à 1892.

On évalue à près de 13 000 le nombre des voitures bourgeoises.

Le nombre des omnibus et tramways affectés aux divers services du transport en commun est de 1 456 (31 décembre 1892).

Le nombre des voitures de places et de remises de 14 267.

Ce qui forme un total de plus de 28 000 voitures affectées au service exclusif des personnes. A ce chiffre, s'ajoutent environ 16 000 voitures employées au transport des marchandises et à divers autres services, soit un total de 44 000 voitures alimentant la circulation dans Paris, tant pour les voyageurs que pour les marchandises, ce qui rend compte de l'encombrement qui se produit pendant une partie de la journée sur la voie publique et des difficultés qui naîtraient d'une augmentation sensible du chiffre actuel des voitures, notamment des longues et lourdes voitures qui sont employées au transport en commun.

On compte environ 100 bateaux-omnibus sur la Seine.

Le nombre des chevaux atteint près de 80 000, pour toutes les voitures,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bourgeoises, publiques et autres. La Compagnie générale des Omnibus emploie 13800 chevaux; la Compagnie générale des voitures, 10500; ce sont les plus importantes quant à l'effectif des voitures et au nombre des chevaux.

Le nombre des voyageurs transportés par les voitures publiques, par les bateaux, par le chemin de fer de Ceinture et par le chemin de fer desservant la banlieue de Paris, atteint 400 millions, sur lesquels la Compagnie générale des Omnibus transporte à elle seule 214 millions, soit plus de la moitié.

Le personnel employé pour les divers services publics, soit pour la conduite et le soin des chevaux, soit pour le service des voyageurs, soit pour la construction et l'entretien du matériel dans les ateliers, atteint un chiffre considérable, qu'il est difficile de calculer exactement. Ce chiffre doit être au moins de 25000 employés ou ouvriers, auxquels s'ajoutent nombre d'ouvriers attachés aux divers ateliers qui fabriquent, en ville, les pièces et articles de toute nature qui entrent dans la construction des voitures, des harnais, etc.

Nous pourrions multiplier ces statistiques. Les chiffres indiqués ci-dessus démontrent quelle est l'importance de l'industrie des transports dans Paris, de ses opérations, du personnel qu'elle emploie et fait vivre, des services qu'elle rend à la population.

Que cette industrie se soit grandement développée depuis trente ans, à raison de l'accroissement de la population et du mouvement toujours croissant des relations et des affaires, rien de plus naturel. Il s'agit d'examiner si elle s'est perfectionnée et améliorée. Or, il est notoire que les lignes d'omnibus ont, grâce aux tramways, augmenté leur parcours et que le matériel des tramways est bien supérieur à celui des anciens omnibus; que le matériel et surtout la cavalerie des voitures de place, circulant de 7 heures du matin à minuit, sont en grand progrès, les entreprises actuelles remontant leur cavalerie en chevaux neufs, alors que précédemment la plupart des loueurs employaient les chevaux de réforme de l'armée. Il est également certain que, par suite, les transports sont devenus beaucoup plus rapides. Le progrès est incontestable. Il convient surtout de tenir compte de ce que, malgré la baisse très sensible dans la valeur du numéraire, malgré la hausse de prix des principaux éléments qui concourent à la mise en roulement des voitures, malgré le relèvement général des salaires, le tarif des omnibus et des voitures de place est demeuré invariable depuis cinquante ans.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Est-ce à dire que l'état actuel soit satisfaisant et que Paris n'ait rien à envier à d'autres capitales au point de vue des transports? Il faut avouer que, malgré les progrès réalisés, il reste encore beaucoup à faire et que, pour certaines parties du service, les lacunes et les défectuosités sont considérables. Pour les voitures de place, on signale avec raison l'absence presque complète des voitures à quatre places, et les voyageurs qui arrivent à Paris pendant la nuit ou aux premières heures du matin sont péniblement impressionnés de n'avoir à leur disposition, pour se rendre à leur domicile ou à l'hôtel, que des véhicules et des chevaux qui n'oseraient certainement pas affronter la lumière du jour. Les tarifs qui datent de longues années seraient également à reviser au moyen de la réduction du prix des petites courses qui sont les plus nombreuses, et de l'augmentation légitime du prix des longues courses. Pour les omnibus et les tramways, le public se plaint de l'insuffisance du nombre des voitures, de l'intervalle trop long qui existe le soir entre les départs, de la difficulté qu'il éprouve souvent à trouver des places disponibles et à faire usage de la correspondance. Toutes ces critiques sont justes, elles sont bien connues des entreprises intéressées, et celles-ci ont déjà, par quelques mesures récentes, tenté de les atténuer. Mais on ne doit point se dissimuler que les réformes en pareille matière exigent de très lourdes dépenses. L'industrie des transports urbains est soumise, comme toute autre, à la nécessité de maintenir son prix de revient au-dessous du prix de vente, ses dépenses au-dessous de ses recettes; or, le tarif étant fixe, toute augmentation des frais d'exploitation diminue et risque même de supprimer l'écart, devenu très faible, qui forme le bénéfice net. Comme il ne saurait être question d'augmenter quant à présent la moyenne des tarifs payés par le public, le problème des améliorations si désirables à introduire dans le régime des transports parisiens ne peut trouver sa solution que dans la réduction de la dépense, du prix de revient.

Là est la très grande difficulté, en présence des charges fiscales qui pèsent sur cette industrie. Ces charges se sont beaucoup accrues pendant ces dernières années par l'établissement des droits de douane sur l'avoine et sur le maïs et du droit d'octroi sur le maïs. D'après les comptes de 1894, la Compagnie générale des omnibus a payé 3 321 000 francs de redevances et d'impôts à la Ville et 1 230 000 francs à l'État; total 4 551 000 francs, sur une recette brute de 46 millions, alors qu'elle n'a distribué aux actionnaires que 1 032 000 francs. La Compagnie générale des voitures a payé à la Ville 1 581 000 francs, à l'État 1 434 000 francs; total 3 015 000 francs

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sur une recette brute de 20330000 francs, alors qu'elle a distribué à ses actionnaires 1849000 francs. Nous ne citons que ces deux grandes entreprises pour lesquelles nous possédons les chiffres exacts. Les autres entreprises ont à supporter proportionnellement des charges analogues. D'où il résulte que, surtout depuis 1891, par l'effet des nouveaux droits de douane et d'octroi sur les denrées qui servent à l'alimentation des chevaux, les services de voitures travaillent beaucoup plus au profit du budget de l'État et de la Ville qu'au profit de leur capital, et le public souffre de l'impossibilité où les entreprises se trouvent placées pour faire les dépenses nécessaires à l'amélioration des transports.

Une autre difficulté, qui se présente d'ailleurs dans toutes les industries, provient de la question des salaires et des conditions du travail; question très difficile à résoudre partout, et particulièrement à Paris, où le débat qui devrait être purement économique se trouve compliqué par l'alliage des passions politiques et des doctrines socialistes, collectivistes et autres. De là, les grèves qui ont éclaté à plusieurs reprises dans le cours de ces dernières années. Nous ne croyons pas devoir insister sur ce point, nous bornant à faire observer que les grèves ne sont pas faites pour abaisser le prix de revient des transports ni pour encourager les réformes très coûteuses qui profiteraient au public parisien.

Il y a, croyons-nous, un grand intérêt public à ce que le gouvernement et l'administration municipale étudient de très près, non seulement pour le présent, mais encore pour un avenir prochain, les conditions réglementaires, et surtout fiscales, d'une industrie qui est à un si haut degré nécessaire à la prospérité et au bien-être d'une capitale telle que Paris, qui donne le mouvement à toutes les autres industries et qui emploie soit directement, soit indirectement un grand nombre d'ouvriers. Un examen, même superficiel, suffirait à convaincre nos édiles que, dans cette affaire, l'intérêt purement fiscal est secondaire, et qu'il est préférable de voir consacrer à l'amélioration et au développement des transports une partie des millions qui entrent dans les caisses de la Ville pour y être réservés à des besoins moins généraux, moins impérieux et moins pressants.

Le Conseil voudra bien excuser le Comité du commerce et son rapporteur d'avoir attaché une telle importance à l'étude historique et statistique de M. Alfred Martin et d'y avoir cherché l'occasion de lui soumettre, sur la question des transports dans Paris, les considérations qui précèdent. Nous devons remercier et féliciter M. Alfred Martin pour son œuvre, qui est

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

complète et sera longtemps consultée, et nous demandons au Conseil de vouloir bien consacrer le témoignage du Comité en approuvant l'insertion du présent rapport au *Bulletin* de la Société.

Signé : C. LAVOLLÉE, *rapporteur.*

Approuvé en séance le 14 juin 1895.

CONSTRUCTIONS ET BEAUX-ARTS

RAPPORT *fait, au nom du Comité des Constructions et des Beaux-Arts, sur les procédés de peinture à fresque de* M. MARZOCCHI DI BELLUCCI, *artiste peintre, par* M. ROSSIGNEUX, *président du Comité.*

La peinture à fresque est, de l'aveu de tous, la peinture par excellence, celle qui est la plus durable, qui résiste le mieux aux ravages du temps, et qui donne aux grandes compositions une supériorité d'allure qu'aucun autre procédé ne saurait égaler. Elle a été, jusqu'au XVI^e^ siècle, en grand honneur chez tous les peuples civilisés, et ce n'est qu'au XVII^e^ siècle que les artistes l'abandonnèrent pour la peinture à l'huile. C'est de cette époque que les procédés s'en sont perdus, pour le plus grand dommage de l'art dans son expression la plus noble et la plus élevée.

Personne n'ignore que la fresque s'exécute sur un enduit composé de chaux éteinte et de sable de rivière dans des proportions déterminées, sur un mur bien dressé mais rugueux, afin que la seconde couche puisse y adhérer fortement. De tous les matériaux à employer pour la construction du mur destiné à recevoir l'enduit, la brique est celui qui réunit le mieux toutes les qualités désirables. Reste à déterminer les proportions dans lesquelles les matériaux de l'enduit doivent être mélangés, ainsi que la manière de les appliquer sur le mur destiné à recevoir la peinture. C'est à la suite de longues et minutieuses recherches dans les auteurs italiens qui ont traité de la matière, entre autres dans les manuscrits d'Heraclius et de Cenino, que M. Marzocchi est parvenu à en retrouver la formule et à l'appliquer avec succès après de laborieux et pénibles essais.

Sa manière de procéder consiste en l'application, sur le mur, de trois couches de mortier, d'une très mince épaisseur, superposées avec différentes proportions de chaux, toujours diminuées en approchant de la surface à peindre, dans le but d'amener une absorption plus rapide, ce qui permet à l'opérateur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de se rendre compte plus vite de son travail en activant la dessiccation. La composition du mortier pour la première couche est de 3 parties égales de chaux, de poudre de marbre et de sable de rivière, avec adjonction d'un blanc d'œuf par 15 centimètres cubes environ. Le choix de la chaux à employer n'est pas indifférent; il est en outre de toute nécessité qu'elle soit parfaitement éteinte depuis longtemps : un an si elle est forte, et plusieurs mois, six au moins, si sa consistance est moins ferme. Il faut éviter la chaux provenant de certaines pierres dont l'emploi pourrait être funeste.

Les peintures à fresque doivent être exécutées sur l'enduit encore humide, afin que la couleur pénètre à une plus ou moins grande profondeur.

Les couleurs à employer sont celles que la chaux ne saurait altérer, et, en général, il n'y a que les terres coloriées et les couleurs qui ont subi l'épreuve du feu qui puissent être employées avec sécurité. Ce sont, principalement, le blanc de chaux, le vitriol brûlé, qui prend ainsi l'apparence de la laque, la terre rouge, la terre d'ombre, les ocres, les noirs de Venise, de Rome et de charbon, enfin l'outremer naturel. Cependant M. Marzocchi a reconnu que certaines couleurs d'aniline pouvaient être employés sans être altérées par la chaux, mais il ne saurait en conseiller l'usage, leur emploi étant à redouter dans la parfaite réussite de l'œuvre, qui demande la plus grande simplicité. Pour lui, l'agent le plus important est le « blanc candide » des anciens Romains, qui n'est autre que la chaux préparée d'une façon spéciale et avec les soins les plus minutieux : elle sert de fixatif aux couleurs et leur communique un éclat qu'aucun autre blanc ne saurait leur donner. C'est par l'ignorance de cette propriété maîtresse que les artistes qui tentaient de peindre à fresque ont échoué en faisant usage de blancs métalliques qui enlevaient à leur œuvre tout le caractère d'éclat qui est le propre de la fresque, et dont le moindre inconvénient était de lui donner l'aspect d'une vulgaire peinture en détrempe.

Dans ces derniers temps, de grands efforts et différents essais ont été tentés pour faire revivre la fresque dans l'art français notamment, en 1825, par Motter, à Saint-Germain-l'Auxerrois; Abel de Pujol, Drolling, à Saint-Sulpice, et de nos jours encore d'une façon moins intéressante; mais, il faut l'avouer, aucun n'a été couronné de succès.

On ne saurait mettre en doute l'avenir réservé de nouveau à la fresque, et déjà, du reste, la peinture moderne s'évertue à s'inspirer des fresques du passé; les travaux de M. Marzocchi portent déjà leur fruit, et, tant à Paris

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qu'à Bruxelles, bon nombre d'artistes renommés sont venus lui demander de les initier à ses procédés.

En effet, en présence de la rapidité des dégradations des tableaux peints à l'huile, qui noircissent pour ainsi dire à vue d'œil ou s'écaillent en se détachant de la toile, on ne peut s'empêcher de regretter l'abandon de cet art admirable, dans lequel ont excellé Michel-Ange et Raphaël dans le *Jugement dernier* et les *Loges du Vatican*, qui ont conservé tout leur éclat, ce qui faisait dire à Michel-Ange, non sans raison peut-être, « que la fresque était la seule peinture, et que la peinture à l'huile n'était qu'un art de femmes et d'hommes paresseux et sàns énergie ».

Toutefois, il est bon de faire observer que la peinture à fresque doit être surtout réservée à la décoration des intérieurs des édifices ou dans des endroits convenablement orientés ou abrités. La meilleure preuve qu'on en puisse donner est la disparition presque complète des peintures du Giorgione, qui couvrit de fresques merveilleuses les murs extérieurs des palais, et dont il ne reste plus que quelques fragments arrachés aux injures du temps en les protégeant par des abris contre l'action destructive de l'air, de la lumière, de la pluie et du soleil.

On paraît tenté de croire que la fresque ne peut s'appliquer que sur de grandes surfaces ou sur de vastes panneaux : c'est là une erreur qu'il s'agit de ne pas laisser s'accréditer, car rien n'empêche de faire des fresques portatives, aujourd'hui surtout que les moyens industriels dont nous disposons permettent de construire des panneaux préparés pour la peinture à fresque à la fois petits, légers et résistants.

C'est ainsi que la fresque, en dehors de son intérêt artistique élevé, et de ses belles applications à la décoration des édifices publics, permettra aussi de rendre nos habitations particulières agréables et saines, par suite des propriétés hygiéniques de la chaux, et d'augmenter dans nos appartements la lumière et la clarté qui leur sont souvent parcimonieusement mesurées de nos jours.

Les premiers essais de M. Marzocchi remontent déjà à une dizaine d'années et ont été couronnés de succès. Exposés depuis cette époque dans les milieux où s'emploie d'ordinaire ce genre de peinture, ils ont parfaitement résisté, sont restés aussi intacts que s'ils venaient d'être exécutés, et, sur la proposition du Comité des Constructions et des Beaux-Arts, le Conseil, voulant récompenser et encourager les travaux si intéressants de M. Marzocchi di Bellucci, lui a décerné une médaille d'or.

Signé : Rossigneux, *rapporteur*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MÉDAILLES DE PLATINE

ARTS MÉCANIQUES

RAPPORT *fait par* M. ÉDOUARD SIMON, *au nom du Comité des Arts mécaniques, sur les* NOUVEAUX TISSUS DE M. LECAISNE-MARÉCHAL, *rue du Mail*, 30, *à Paris.*

MESSIEURS,

Dans sa séance du 23 avril 1880, le Conseil de la Société d'Encouragement entendait un rapport de l'un de nos anciens et regrettés secrétaires, M. Ch. Laboulaye, sur les *nouveaux tissus* de M. Lecaisne-Maréchal.

Aux termes de ce rapport, l'invention Lecaisne repose à la fois sur l'emploi de trames ondulées, sur les moyens de réaliser économiquement les ondulations par le tricotage des fils, — défilés ensuite avant tissage, — et sur des dispositifs destinés à faciliter l'insertion de la trame sinueuse entre les fils de chaîne (1).

Les conclusions du rapporteur, approuvées par le Conseil, étaient les suivantes :

« Par les ingénieuses dispositions que nous venons de relater, et en variant les armures, M. Lecaisne-Maréchal produit une variété assez grande de tissus d'un aspect particulier, dont les échantillons ont intéressé le Conseil de la Société... La question de l'adoption par la mode est trop délicate pour que nous puissions énoncer un avis à cet égard ; mais, au point de vue des procédés techniques, nous pouvons féliciter l'inventeur de la simplicité des solutions qu'il a su trouver pour résoudre le problème qu'il s'était proposé. »

Depuis l'époque où ces lignes furent écrites, depuis le jour notamment où le brevet de M. Lecaisne est tombé dans le domaine public, la fabrique a tiré grand parti de l'invention. La mode, cette année plus que jamais, adopte un genre de tissus dont les premiers types, — on vient de le voir, — remontrent au delà de quinze ans.

M. Lecaisne-Maréchal a, de nouveau, saisi la Société des résultats obtenus par son procédé, et a fait passer sous nos yeux de nombreux échantillons, qui constituent toute une famille d'étoffes élégantes.

(1) Voir *Bulletin de la Société d'Encouragement*, août 1880, p. 451.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le fait est d'autant plus intéressant pour l'industrie française que la fabrication des articles Lecaisne nécessite certains tours de main, et que, dans ce genre de travaux, les tisserands picards n'ont rien à redouter du tissage mécanique, ni, à plus forte raison, de leurs concurrents étrangers. — On peut évaluer à quatre mille ouvriers environ le nombre des tisserands qui ont été occupés tout l'hiver à la production de semblables *nouveautés*.

Le Comité des Arts mécaniques estime qu'il est de toute justice de rappeler le mérite et l'initiative de l'inventeur, qui, depuis sa première présentation, a heureusement étendu les applications de l'emploi des fils ondulés, ou sinueux, en chaîne comme en trame. Nous vous proposons donc, Messieurs, de remercier M. Lecaisne de sa très intéressante communication et de voter l'insertion au *Bulletin* du présent rapport.

Signé : Édouard Simon, *rapporteur*.

Approuvé en séance le 14 *juin* 1895.

MÉDAILLE D'ARGENT

Rapport *fait, par* M. C. Lavollée, *au nom du Comité du Commerce, sur un ouvrage de* M. le lieutenant-colonel Pierre Famin, *intitulé : Au Tonkin et sur la frontière du Kwang-Si.*

Le Comité du Commerce propose de décerner une médaille d'argent à M. le lieutenant-colonel Pierre Famin, de l'infanterie de marine, pour l'ouvrage qu'il a publié en 1895 sur le Tonkin. Cet ouvrage est le résultat des observations recueillies pendant trois années de très actives campagnes sur la frontière du Kwang-Si et d'une mission accomplie en 1894 pour la délimitation des frontières sino-annamites. M. le commandant Famin a dû ainsi combattre la piraterie, qui a été presque incessante dans cette région, et négocier avec les mandarins du Kwang-Si. On le suit avec intérêt dans ce double rôle, militaire et diplomatique. Tout en signalant les difficultés sérieuses que présente, à certains égards, la situation du Tonkin, M. le colonel Famin exprime une opinion favorable sur l'avenir de notre colonie; il indique les moyens qui lui paraissent les plus efficaces pour mettre fin à la piraterie, pour rétablir la sécurité sur la frontière chinoise, pour développer l'industrie et le commerce, pour tirer parti des précieuses ressources du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Tonkin. De nombreuses photographies, bien venues, accompagnent le texte. C'est un livre à la fois intéressant et utile.

Signé : C. LAVOLLÉE, *rapporteur.*

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. ABDANK ABAKANOWICH, séance du 22 février 1895. — L'industrie du vélocipède.

BONVALOT, séance du 8 mars 1895. — Mes voyages en Asie.

CHARPY, séance du 25 janvier 1895. — La trempe des aciers.

DELEBECQUE, séance du 10 mai 1895. — Le sondage des lacs.

DYBOWSKY, séance du 8 février 1895. — La culture du caoutchouc.

HILLAIRET, séance du 26 avril 1895. — Les transmissions électriques dans les ateliers.

LEZÉ, séance du 11 janvier 1895. — L'industrie du lait concentré.

LUMIÈRE, séance du 22 mars 1895. — L'industrie de la photographie.

MAUMENÉ, séance du 11 janvier 1895. — Procédé général de purification.

ZOLLA, séance du 24 mai 1895. — Transformation de l'agriculture française.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

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	Antoine (Édouard).	32	Chef de l'*atelier de fabrication des amorces Flobert*, à la *Société française des munitions de chasse, de tir et de guerre.*
2	Baladier (Jean).	48	Ouvrier à l'*usine de Commentry* (Allier), *Compagnie des forges de Châtillon et Commentry.*
3	Betremieux (Léon-Louis). . . .	40	Contremaître à l'étirage à froid, *Société des fonderies et laminoirs de Biache-Saint-Vaast* (Pas-de-Calais).
4	Bideau (François).	42	Ouvrier à la *houillère de Bézenet* (Allier), *Compagnie des forges de Châtillon et Commentry.*
5	Boffet (Antoine)	41	Ouvrier forgeron aux *ateliers d'Oullins, Compagnie des chemins de fer de P.-L.-M.*
6	Bonnejeau (Claude)..	43	Ouvrier à la *houillère des Ferrières*, près Néris (Allier), *Compagnie des forges de Châtillon et Commentry.*
7	Boulenger (Auguste).	42	Surveillant de la fabrication à la *Société des Manufactures de produits chimiques du Nord*, à Amiens (Somme).
8	Carré (Adrien)	31	Ouvrier trempeur à la *Faïencerie Boulenger et Cie*, à Choisy-le-Roi (Seine).
9	Cartier (Alexandre).	48	Contremaître-surveillant des *ateliers des ouvriers verriers*, à la *Verrerie de Vauxrot* (Aisne).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nos d'ordre.	NOMS ET PRÉNOMS.	ANNÉES DE SERVICE.	ÉTABLISSEMENTS AUXQUELS ILS APPARTIENNENT.
	MM.		
10	Chabrier (Antoine).	37	Gouverneur aux *mines de la Chazotte, Compagnie des chemins de fer de Paris-Lyon-Méditerranée.*
11	Chartogne (Jean-Baptiste).. . .	31	Contremaître à la *Compagnie des chemins de fer de l'Est*, à Mohon.
12	Collard (Jean-Baptiste).. . . .	32	Ouvrier perceur chez MM. *Hillairet-Huguet*, ingénieurs-constructeurs, à Paris.
13	Convert (Pierre).	42	Ouvrier à l'*usine de Saint-Jacques-Montluçon* (Allier), *Compagnie des forges de Châtillon et Commentry.*
14	Dorne (Adrien)	44	Ouvrier employé à la fabrication du chlore, à la *Société des Manufactures de produits chimiques du Nord*, à Loos, près Lille (Nord).
15	Erisez (Émile)..	34	Chef d'équipe à la *Compagnie des chemins de fer de l'Est*, à Vesoul.
16	Fontenay (Mme Marie)..	31	Ouvrière garnisseuse à la *Faïencerie Boulenger et Cie*, à Choisy-le-Roi (Seine).
17	Gauwain (Louis-Joseph)	43	Contremaître à l'emboutissage, à la *Société des fonderies et laminoirs de Biache-Saint-Vaast* (Pas-de-Calais).
18	Grigné (Julien)..	33	Ouvrier charron aux *ateliers du Mans, Compagnie des chemins de fer de l'Ouest.*
19	Gueidan (César).	39	Ouvrier outilleur aux *ateliers de machines* à Paris. *Compagnie des chemins de fer de Paris-Lyon-Méditerranée.*
20	Hardouin (Mme Rosalie).	48	Contremaîtresse de l'*atelier de mise en boîtes* à la *Société française des munitions de chasse, de tir et de guerre*, à Paris.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nos d'ordre.	NOMS ET PRÉNOMS	ANNÉES DE SERVICE.	ÉTABLISSEMENTS AUXQUELS ILS APPARTIENNENT.
	MM.		
21	Huchot (Jules).	36	Brigadier des selliers aux *ateliers de voitures de Paris, Compagnie des chemins de fer de Paris-Lyon-Méditerranée.*
22	Labbé (Auguste).	46	Conducteur d'une machine à imprimer à la vapeur chez MM. *I. Leroy et fils*, fabricants de papiers peints, à Paris.
23	Langlois (Charles).	33	Chef verrier chez M. *Guilbert-Martin*, maître de verrerie à Saint-Denis (Seine).
24	Lecomte (Henry).	36	Ouvrier forgeron *aux ateliers de machines*, à Paris, *Compagnie des chemins de fer de Paris-Lyon-Méditerranée.*
25	Maratrat (Étienne)	34	Bouvier chez MM. *Tetard et fils*, agriculteurs et fabricants de sucre à Gonesse (Seine-et-Oise).
26	Marmouzet (Augustin).	45	Fondeur en cuivre à la *Société des fonderies et laminoirs de Biache-Saint-Vaast* (Pas-de-Calais).
27	Martel (François).	53	Ouvrier à la *maison Isidore Gimat*, à Beaumont-de-Lomagne.
28	Martin dit Logeois (Henri) . . .	13	Chef chaudronnier aux *ateliers de Sotteville, Compagnie des chemins de fer de l'Ouest* (Services exceptionnels; est l'inventeur d'une chaudière à vapeur).
29	Maujean	38	Contremaître aux *ateliers de la Compagnie générale des voitures*, Paris.
30	Mérard (Achille).	30	Chef trieur à la *Faïencerie Boulenger et Cie*, à Choisy-le-Roi (Seine).
31	Penot (Victor).	38	Brigadier-chef aux *ateliers de la Compagnie générale des Voitures*, à Paris.
32	Perrette (Jean).	31	Ajusteur aux *ateliers d'Avignon, Compagnie des chemins de fer de Paris-Lyon-Méditerranée.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nos d'ordre.	NOMS ET PRÉNOMS.	ANNÉES DE SERVICE.	ÉTABLISSEMENTS AUXQUELS ILS APPARTIENNENT.
	MM.		
33	PERRIOT (Alfred-Fortuné). . . .	44	Surveillant des ateliers de cour à la *Verrerie de Vauxrot* (Aisne).
34	PRADIER (Jean).	53	Conducteur d'une machine à imprimer mue par la vapeur chez MM. *Leroy et fils*, fabricants de papiers peints, à Paris.
35	RAVENELLE (Nicolas).	49	Ouvrier tourneur en fer chez M. *Frey*, mécanicien, à Paris.
36	ROOSE (Auguste).	54	Ouvrier chez M. *Sootenaey*, fabricant d'huile de foie de morue à Goudekerke - lez - Dunkerque (Nord).
37	SÉGUIGNIER	32	Ouvrier préposé au relevage et à la distribution des charbons à la *Faïencerie Boulenger et Cie*, à Choisy-le-Roi (Seine).
38	SCHLEGEL (Édouard)	49	Ouvrier dérocheur à la *Société française des munitions de chasse, de tir et de guerre*, à Paris.
39	TAVERNIER (Louis-Auguste). . .	41	Ouvrier chargé de la préparation de la composition du verre à bouteilles à la *Verrerie de Vauxrot* (Aisne).
40	YAGOWD (François).	32	Chef des séchoirs de cru à la *Faïencerie Boulenger et Cie*, à Choisy-le-Roi (Seine).

Les Secrétaires de la Société,

ED. COLLIGNON,
Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

AIMÉ GIRARD,
Membre de l'Institut.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MÉDAILLES

DÉCERNÉES AUX CONTREMAITRES ET OUVRIERS DES ÉTABLISSEMENTS MANUFACTURIERS ET AGRICOLES

(Voir le tableau pages 827 et suiv.)

1. Antoine (Édouard-Alexandre-Lucien)

M. Antoine, né le 28 juillet 1835, est entré en 1863 comme ouvrier mécanicien tourneur aux usines de la Société française des Munitions de chasse, de tir et de de guerre (anciens établissements Gevelot et Gaupillat). Dès le mois d'avril 1866, son habileté lui faisait confier le poste de chef d'atelier pour la fabrication des amorces Flobert; à différentes reprises, il a été envoyé à l'étranger pour surveiller le montage et l'installation de matériel de fabrication; a obtenu en 1885, à l'Exposition d'Anvers, une médaille de collaborateur; est titulaire de la médaille d'honneur du Travail décernée par le Gouvernement français.

2. Baladier (Jean)

M. Baladier, né en 1835, compte aujourd'hui 48 ans de service effectif dans les usines de Commentry. Entré dans ces usines à l'âge de 12 ans, comme simple casseur de castine pour les hauts fourneaux, il a reçu des emplois d'importance progressivement croissante, pour enfin, en 1864, être élevé au rang de chef laminеur; ouvrier modèle à tous égards, il a toujours montré une exactitude et une activité soutenue au travail.

3. Betremieux (Léon-Louis-Joseph)

M. Betremieux, né le 8 septembre 1842, est entré à l'âge de 13 ans (en 1855) aux fonderies et laminoirs de Saint-Vaast; simple ouvrier, il a dû, par ses mérites, acquérir le grade de contremaître, a montré dans tous les détails de l'étirage à froid des divers métaux une grande habileté technique.

4. Bideau (François)

M. Bideau, âgé aujourd'hui de 69 ans, travaille aux houillères de Bézenet (de la Compagnie anonyme des forges de Châtillon et Commentry) depuis 42 ans; son assiduité, sa bonne conduite, son ardeur au travail le recommandent particulièrement; il s'est principalement signalé dans des travaux de boisage

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

difficiles, et a montré, dans de nombreux incendies, beaucoup d'énergie, de sang-froid et de dévouement.

5. Boffet (Antoine)

M. Boffet, entré le 4 novembre 1861 aux ateliers des machines de la Compagnie de Paris-Lyon, à Oullins, s'est constamment fait remarquer, pendant 41 ans de service, par sa conduite irréprochable et sa parfaite honorabilité.

6. Bonnejeau (Claude)

M. Bonnejeau, né à Saint-Hilaire (Allier) le 22 décembre 1835, est entré au service de la Compagnie anonyme des forges de Châtillon et Commentry en 1852; l'année suivante, il avait la jambe droite fracturée dans un éboulement, et il a dû être amputé. Malgré tout, aussitôt guéri, il s'est remis au travail, a appris le métier de forgeron, et s'est fait remarquer par son assiduité et sa bonne conduite. Il occupe aujourd'hui le poste important de lampiste à la houillère de Ferrières.

7. Boulenger (Auguste)

M. Boulenger est entré en 1852 à la manufacture de produits chimiques d'Amiens, faisant alors partie des établissements Kulhmann, et appartenant aujourd'hui à la Société des produits chimiques du Nord. Employé d'abord comme ouvrier au lessivage de la soude, puis à la surveillance des chambres de plomb, il occupe depuis 1875 le poste de surveillant de la fabrication; il a obtenu, en 1894, une médaille du département de la Somme.

8. Carré (Adrien)

M. Carré, né le 30 janvier 1855, est entré à la faïencerie de Choisy-le-Roi en 1864; depuis 31 ans, et sans interruptions, il a rendu dans cette usine, où il remplit le poste d'ouvrier trempeur, des services appréciés.

9. Cartier (Alexandre)

M. Cartier, âgé aujourd'hui de 59 ans, est entré en 1847, à l'âge de 11 ans, à la verrerie de MM. Deviolaine et C^ie^ à Vauxrot (Aisne). D'abord simple porteur de bouteilles, il a successivement parcouru tous les postes intermédiaires, pour arriver en 1857 à celui de maître souffleur, qu'il a tenu jusqu'en 1874. A cette époque il a été chargé, comme contremaître, de la surveillance des ateliers des ouvriers verriers. Il rend, dans ce poste, les plus grands services, guidant et dirigeant ceux-ci avec autant de tact que de fermeté.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

10. Chabrier (Antoine)

Né le 13 octobre 1836 à Saint-Hostien (Haute-Garonne), M. Chabrier, entré aux mines de la Chasotte, le 4 septembre 1857 comme embrancheur, y a rempli successivement et sans interruption les fonctions de boiseur, chef de poste, sous-gouverneur et gouverneur. Il s'acquitte de ces fonctions depuis 1882, et ne mérite que des éloges par sa bonne conduite et son assiduité au travail.

11. Chartogne (Jean-Baptiste)

M. Chartogne, né à Mohon le 2 juin 1832, entré à la Compagnie des Ardennes le 21 juin 1862; est passé à la Compagnie des chemins de fer de l'Est le 1er juillet 1863; il y occupe actuellement le poste de contremaître aux ateliers de Mohon : très au courant de la construction et de la réparation du matériel roulant, il s'est toujours montré actif et dévoué; marié et père de trois enfants, sa conduite a toujours été irréprochable.

12. Collard (Jean-Baptiste)

Né le 16 août 1624 à Oches, M. Collard, entré en 1862 aux ateliers Breval, repris depuis par MM. Hillarret et Huguet, s'est, pendant 31 ans de services, signalé par sa conduite exemplaire et son assiduité.

13. Convert (Pierre)

M. Convert, né le 4 février 1824 à Tabourneau (Nièvre), est entré le 20 janvier 1852 à la Compagnie des Forges de Châtillon et de Commentry, comme ouvrier affineur aux Forges de Tronçais; depuis 43 ans, soit dans cette première usine, soit aux forges de Saint-Jacques à Montluçon, auxquelles il est attaché maintenant, M. Convert s'est fait remarquer par une grande ardeur au travail et par une conduite irréprochable.

14. Dorne (Adrien-François)

M. Dorne, né à Radinghem (Nord) en 1831, est, à l'âge de 20 ans, entré à l'usine de Loos, faisant partie des établissements Kulhnam, et appartenant aujourd'hui à la Société des Produits Chimiques du Nord. Dès ses débuts, il a été attaché à la fabrication du chlore; depuis 44 ans, il ne l'a pas quittée, et grâce à une sobriété absolue, il a su, occupé pendant si longtemps à une fabrication souvent dangereuse, conserver sa santé. C'est un ouvrier excellent et recommandable à tous égards.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

15. Erizez (Émile)

Né à Noirfontaine le 26 décembre 1836, M. Érizez est employé à la Compagnie de l'Est depuis 1861 : il s'est constamment distingué par son zèle, son intelligence et son assiduité au travail. Bien que sans autres ressources que son salaire journalier, il a su parfaitement élever ses six enfants, et leur faire donner une éducation primaire élémentaire,

16. Fontenay (Madame)

Mme Fontenay, née le 4 avril 1850 à Neuvillette (Somme), est entrée à la faïencerie de Choisy-le-Roi (Seine) à l'âge de 13 ans; elle y occupe aujourd'hui le poste d'ouvrière garnisseuse, et, pendant trente et un ans, elle n'a, dans le grand établissement de MM. Boulenger et Cie, mérité que des éloges.

17. Gauwain (Louis-Joseph)

M. Gauwain, né le 18 juillet 1837, est entré aux fonderies et laminoirs de Biache Saint-Waast (Pas-de-Calais), en 1852. Simple ouvrier au début, il a su, par ses mérites, s'élever au grade de contremaître; il a fait preuve, dans les questions d'emboutissage à chaud de tous les métaux, d'une compétence spéciale.

18. Grigné (Julien)

Entré à la Compagnie de l'Ouest au dépôt du Mans le 27 mai 1861, M. Grigné s'est fait remarqué pendant 33 années de service par son exactitude, sa conduite, sa parfaite honorabilité et son ingéniosité dans les travaux très divers de sa profession.

19. Guedan (César)

Agé de 65 ans, M. Guedan est entré à la Compagnie Paris-Lyon le 15 novembre 1855; il y a été occupé successivement comme monteur machiniste, ajusteur et outilleur, et s'y est fait tout particulièrement remarquer par son exactitude, sa conduite exemplaire, son aptitude professionnelle et sa parfaite honorabilité.

20. Mme Hardouin (Comètre)

Mme Hardouin, née le 4 août 1825, est entrée, le 21 août 1847, comme ouvrière à l'usine des Bruyères, appartenant aujourd'hui à la Société des Munitions de chasse, de tir et de guerre; en 1867, ses mérites techniques et sa conduite exemplaire lui ont fait confier le poste difficile de contremaîtresse de l'atelier de la mise en boîte Mme Hardouin a reçu à l'Exposition d'Anvers, en 1885, une mention

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

honorable comme collaborateur; elle est titulaire de la médaille d'honneur du Travail, décerné par le Gouvernement français.

22. Labbé (Auguste)

M. Labbé, né le 22 juin 1849, est, à l'âge de neuf ans et demi, en 1859, entré à la fabrique de papiers peints de M. Isidore Leroy, à Paris, aujourd'hui Isidore Leroy et fils. Six ans après, il conduisait une machine à bras qu'il gardait pendant dix ans. Depuis 25 ans, enfin, il est chargé de la conduite d'une machine à imprimer mue par la vapeur. Agé de 46 ans seulement, il compte déjà près de 37 ans de services dans le même établissement, où son habileté comme conducteur de machine lui fait confier les travaux les plus soignés.

23. Langlois (Charles)

M. Langlois, né en 1847, est entré en 1861 comme apprenti chez M. Guilbert-Martin, maître de verrerie à Saint-Denis (Seine); bientôt, grâce à sa bonne conduite et à son travail assidu, il y est devenu ouvrier tireur, puis souffleur de verre, et enfin chef de place; il est aujourd'hui premier chef surveillant le travail des autres ouvriers. Très habile dans la fabrication des tubes, cylindres etc., il a rendu, sous le rapport de la précision du travail particulièrement, des services professionnels qui ont fait de lui un véritable collaborateur.

24. Lecomte (Henri)

Agé de 61 ans, M. Lecomte, entré à la Compagnie de Paris-Lyon, le 26 novembre 1858, s'y est tout particulièrement fait remarquer, pendant ses 36 années de service, par son exactitude, ses qualités professionnelles et sa conduite exemplaire.

25. Maratrat (Étienne)

M. Maratrat, né en 1837, est entré en 1861 comme bouvier à l'exploitation agricole de M. St. Tétard, aujourd'hui Tétard et fils, à Gonesse (Seine-et-Oise). Depuis 34 ans, il s'est fait remarquer par la douceur de son caractère et les bons soins qu'il donne aux animaux qui lui sont confiés; il est d'une honnêteté et d'une sobriété exemplaires, et peut être cité comme un exemple de ponctualité et d'assiduité au travail.

26. Marmouzet (Augustin)

M. Marmouzet, âgé aujourd'hui de 71 ans, est entré en 1850 aux fonderies et laminoirs de Biache Saint-Waast (Pas-de-Calais). Fondeur en cuivre, il a, pen-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dant 26 ans, fait preuve d'une habileté toute particulière au travail du four à réverbère; d'une conduite excellente, il occupe, depuis qu'il a quitté ce poste, un emploi d'homme de confiance.

27. MARTEL (François)

M. Martel a travaillé pendant 53 ans dans la maison Isidore Crenat de Beaumont de Lomagne: on a eu constamment à se louer de son travail et de sa parfaite honorabilité.

28. MARTIN (dit LOGEOIS)

M. Martin, actuellement chef chaudronnier aux ateliers de la Compagnie de l'Ouest, à Sotteville, y donne depuis 13 ans l'exemple du travail et de la conduite. Ouvrier habile et intelligent, il est l'inventeur d'une chaudière à vapeur dont un spécimen figurait à l'exposition de 1889.

29. MAUJEAN

M. Maujean, actuellement contremaître aux ateliers de la Compagnie générale des petites voitures, a constamment donné pleine satisfaction à ses chefs pendant 38 ans de service.

30. MÉRARD (Achille)

M. Mérard, né le 5 mai 1845, à Louvres (Seine-et-Oise, est entré à la faïencerie de Choisy-le-Roi, aujourd'hui H. Boulenger et Cie, le 1er mars 1865, comme apprenti ; il est aujourd'hui contremaître de l'atelier de triage des marchandises terminées ; s'est toujours fait remarquer parson excellente conduite et son habileté professionnelle ; est titulaire d'une médaille de bronze décernée par la Société de Tempérance.

31. PENOT (Victor)

M. Penot, brigadier-chef aux ateliers de la Compagnie Générale des Petites Voitures, y a fourni, comme M. Maujean, une carrière infatigable de 30 années de services.

32. PERETTE (Jean)

Né le 29 juin 1834, à la Comelle, M. Perette, entré à la Compagnie Paris-Lyon comme ajusteur, le 24 septembre 1864, y est actuellement employé en cette même qualité au dépôt d'Avignon. Pendant ses 31 ans de service, il s'est toujours montré d'une conduite exemplaire et s'est distingué par ses aptitudes professionnelles et sa grande activité.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

33. M. PERRIOT (Alfred-Fortuné)

M. Perriot, né en 1837, est entré à la Verrerie de Vauxrot (Deviolaine et Cie), en 1851. Il y a débuté comme apprenti menuisier tourneur et est rapidement devenu un ouvrier très habile. A la fin de 1875, ses grandes qualités lui ont fait confier le poste de surveillant des ateliers des cours, poste tout à fait de confiance. Il est le président de la Société de secours mutuels et le commandant des sapeurs-pompiers de la verrerie.

34. PRADIER (Jean)

M. Pradier, né le 19 novembre 1831 à Iboy (Puy-de-Dôme), est entré à l'âge de 12 ans comme apprenti tireur à la fabrique de papiers peints de M. Isidore Leroy, aujourd'hui Isidore Leroy et fils. Dès 1845, alors qu'il n'avait encore que 14 ans, son intelligence lui a fait confier une machine à imprimer à bras. En 1880 enfin, il a été chargé de la conduite d'une machine à imprimer par la vapeur. M. Pradier est particulièrement recommandable par son excellente conduite et par les soins méticuleux qu'il apporte au rendement des travaux qui lui sont confiés.

35. RAVENELLE (Nicolas)

Entré comme apprenti à l'usine de M. Frey le 3 mars 1846, M. Ravenelle fut incorporé dans l'armée le 9 avril 1854, médaillé au siège de Sébastopol, puis libéré par anticipation le 19 juillet 1856; le 24 juillet de cette même année, il rentrait à l'usine Frey, où il a depuis continué son travail sans interruption et à la satisfaction de tous.

36. ROOSE (Auguste)

M. Roose, né à Dunkerque le 5 août 1828, est, depuis le 1er août 1841, employé dans la maison L. Soetenaey, épurateur d'huile de foie de morue, etc., à Dunkerque (Nord); il compte donc aujourd'hui, dans cet établissement, 54 ans de services consécutifs; pendant l'hiver, il est chargé du choix et de l'assortiment de foies de morue qu'apportent les pêcheurs, et il apporte à ce travail une grande perspicatité; l'été, il travaille dans les ateliers de la même maison à la fabrication du hameçon destiné à la pêche de la morue; pour son intelligence comme pour son excellente conduite, M. Roose mérite d'être cité comme modèle; il est titulaire d'une médaille d'argent décerné par le ministère du Commerce et de l'Industrie.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

37. Séguignier (Claude)

M. Séguignier, né le 18 août 1828 à Vauclair (Nièvre), est entré en 1865 à la faïencerie de Choisy-le-Roi, aujourd'hui H. Boulenger et Cie. Il a été pendant 31 ans employé comme rouleur, releveur et distributeur des charbons aux fours et aux machines ; il est titulaire d'une médaille de bronze décernée par la Société de Tempérance.

38. Schlegel (Édouard)

M. Schlegel a aujourd'hui 80 ans ; en 1846 il est entré à l'usine du Bas-Meudon appartenant aujourd'hui à la Société Française des Munitions de chasse de tir et de guerre de cette usine ; il est ensuite passé à l'usine des Moulineaux, appartenant à la même société ; employé dans l'une et l'autre usine au dérochage des métaux, il y compte aujourd'hui 49 ans de services excellents ; à l'Exposition universelle de 1889, il a obtenu, comme collaborateur, une médaille de bronze ; il a reçu enfin, en 1893, la médaille d'honneur du Travail décernée par le Gouvernement français.

39. Tavernier (Louis-Auguste)

M. Tavernier, né à Vauxrot (Aisne) en 1842, est entré en 1854 à la verrerie de Vauxrot (Deviolaine et Cie) comme porteur de bouteilles ; après avoir passé par les grades de gamin et de grand garçon ensuite, il a été, en 1879, nommé surveillant ; plus tard enfin, le soin lui a été confié de la préparation et de la composition du verre à bouteille ; il occupe aujourd'hui encore ce poste important ; sa conduite est parfaite et son dévouement absolu.

40. Yagowd (François)

M. Yagowd, né le 11 mars 1842, est entré en 1863 à la faïencerie de Choisy-le-Roi, aujourd'hui H. Boulenger et Cie ; il y compte 32 ans de bons et loyaux services ; simple manouvrier au début, il a été ensuite préposé aux séchoirs de cru, et est aujourd'hui devenu le chef de cet atelier. Secrétaire des Sociétés de secours mutuels de la faïencerie, M. Yagowd est titulaire d'une médaille de bronze de la Société Française de Tempérance.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS ÉCONOMIQUES

RAPPORT *de* M. HENRI ROUART, *au nom du Comité des Arts économiques, sur un filtre rotatif* PRÉSENTÉ PAR M. **Lezé**.

M. Lezé, professeur à l'École d'Agriculture de Grignon, a présenté à la Société d'Encouragement un filtre rotatif, c'est-à-dire utilisant, pour opérer la séparation d'un liquide et des corps en suspension, l'effet de la force centrifuge.

Cette idée a déjà été émise plusieurs fois, et bien des appareils ont été tentés dans ce sens, mais je n'en connais pas qui ait donné des résultats satisfaisants.

Celui qui est présenté par M. Lezé et dont il donne une description détaillée, en calculant les puissances que la force centrifuge met à sa disposition, est établi d'une manière beaucoup plus simple que ceux qu'il nous a été donné de voir.

La plaque filtrante à travers laquelle la force centrifuge sollicite le passage du liquide est placée perpendiculairement à l'axe de la turbine, de manière que les corps étrangers se fixent contre les parois tournantes de plus grand diamètre, et que le liquide soit déjà épuré quand il arrive sur la plaque poreuse, ce qui paraît réaliser une condition pratique.

La note présentée par M. Lezé étant très complète, je demande qu'elle soit insérée au *Bulletin* avec les figures y relatives.

Signé : HENRI ROUART, *rapporteur.*

Approuvé en séance, le 14 juin 1894.

NOTE DE M. LEZÉ

Les appareils qui servent ordinairement à la filtration des liquides présentent un inconvénient grave, inhérent à la disposition générale des filtres : le liquide à filtrer arrive au contact de la paroi filtrante en entraînant avec lui les corpuscules en suspension que l'on a l'intention d'éliminer.

Ces matières étrangères, amenées par le courant, pénètrent peu à peu dans les pores

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de la matière filtrante, elles s'y accumulent, et l'effet utile du filtre va rapidement en diminuant; il devient, après un certain temps d'usage, nécessaire de tout démonter et de procéder à un nettoyage ou à un remplacement des filtres.

J'ai imaginé une disposition nouvelle qui supprime ces inconvénients : un appareil filtrant, quel qu'il soit, se compose essentiellement de deux compartiments séparés par une cloison filtrante; d'un côté de cette paroi arrive le liquide à filtrer, de l'autre côté, le liquide épuré s'écoule.

Or, d'autre part, si l'on fait tourner à une grande vitesse, dans une turbine, un liquide chargé d'impuretés, celles-ci, dont la densité diffère toujours un peu de celle du liquide, tendent à se séparer sous l'influence de la force centrifuge, et le liquide s'éclaircit beaucoup plus vite qu'il ne l'aurait fait si on l'avait simplement abandonné au repos et à la seule action de la pesanteur.

J'ai utilisé ces remarques, et imaginé de relier invariablement un appareil filtrant à

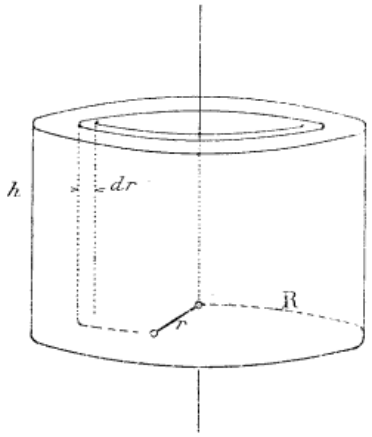


Fig. 1.

une turbine que je fais ensuite tourner à une très grande vitesse. Le corps filtrant est établi à une certaine distance de la périphérie de la turbine, et le liquide à filtrer est introduit dans l'espace intermédiaire; si, comme cela est le cas le plus ordinaire, les impuretés sont de densité plus grande que celle du liquide, si ce sont par exemple, en suspension dans l'eau, des animalcules, des organismes microscopiques, des matières terreuses, etc., grâce à cette disposition, le liquide s'épure de lui-même pendant la rotation, les matières étrangères tendent à s'appliquer contre la périphérie de la turbine, et non seulement elles n'encrassent plus le filtre, mais, au contraire, elles sont sollicitées par la force centrifuge à se séparer de la paroi filtrante; c'est un nettoyage automatique.

Le croquis fig. 3 fait mieux comprendre la disposition générale de ce filtre.

La cloison filtrante, grès ou feutre, est montée par un joint étanche perpendiculaire à l'axe vertical de la rotation, de sorte que le liquide accumulé dans la turbine en couche concentrique à l'axe aborde la cloison filtrante en suivant la verticale de bas en haut, tandis que les impuretés se séparent du liquide trouble en suivant un chemin horizontal et viennent s'accumuler contre les parois.

La filtration se fait sous une pression qu'il est facile de calculer :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Considérons fig. 1 une couche cylindrique de liquide, soit :
r, son rayon ;
dr, l'augmentation infiniment petite de ce rayon ;
h, la hauteur de la turbine ;
R, son rayon limite ;
ρ, la densité du liquide.
La force centrifuge a pour expression :

$$m\,\omega^2\,r$$

$$\text{or } m = \frac{P}{g}$$

$$P = 2\pi\,r\,dr\,\rho$$

$$\text{et } \omega^2 = 4\pi^2 n^2$$

n étant le nombre de tours par seconde.
L'expression de la force centrifuge est donc :

$$\frac{1}{g} 2\pi\,r\,dr\,h\,\rho \times r \times 4\pi^2 n^2 = \frac{1}{g} 8\pi^3 n^2 h\rho.\, r^2\,dr,$$

dont l'intégrale définie entre zéro et R est égale à $\frac{R^3}{3}$.

la turbine, étant comme cas limite, supposée entièrement remplie.
Cherchons la pression sur l'unité de surface. La surface pressée est $2\pi R h$.
Il vient alors :

$$\frac{1}{g} \frac{8\pi^3 n^2 h\rho.\, \frac{R^3}{3}}{2\pi Rh} = \frac{1}{g} \frac{4\pi^2 R^2 n^2 \rho.}{3}$$

Cette pression, pour une vitesse périphérique v, égale à

$$\frac{\rho\, v^2}{3\,g}$$

Une autre valeur de cette pression est plus intéressante dans la pratique.
Supposons, ce qui est le cas usuel, qu'il n'y ait, dans la turbine, qu'une couche peu épaisse de liquide, e, à une distance R de l'axe.

L'intégrale générale est $\frac{R^3 - r^3}{3}$ entre R et r

ou bien $\frac{(R-r)(R^2 + Rr + r^2)}{3}$ = (si R et r diffèrent très peu) $\frac{e.\,3R^2}{3} = R^2 e.$

La formule de la pression devient alors $\frac{8\pi^3 n^2 h\rho.\, R^2 e}{g.\, 2\pi Rh} = \frac{4\pi^2 Re\,\rho\, n^2.}{g}$

Cette pression est assez considérable : même dans de petits appareils tournant de 6 à 8000 tours, elle atteint plusieurs atmosphères.
Il est très ordinaire d'arriver à 8 ou 10 kilos par centimètre carré, et comme la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

contrepression est nulle; la filtration s'effectue même à travers des cloisons très peu poreuses, telles, par exemple, que la porcelaine d'amiante.

Mais, précisément à cause de ces fortes pressions, la question de l'étanchéité du joint se pose avec des exigences qu'il est indispensable de satisfaire : c'est à ces points de la périphérie que la pression est la plus forte, c'est là que les fuites tendent à se produire.

Dans le filtre que nous avons construit, et qui donne des résultats satisfaisants, la cloison filtrante est enfermée dans une rainure et serrée à bloc dans un joint en gutta-percha.

Dans les modèles plus grands, nous pensons faire ce joint avec une lame de caoutchouc, suivant l'excellent conseil qui nous en a été donné par M. H. Rouart, ou bien,

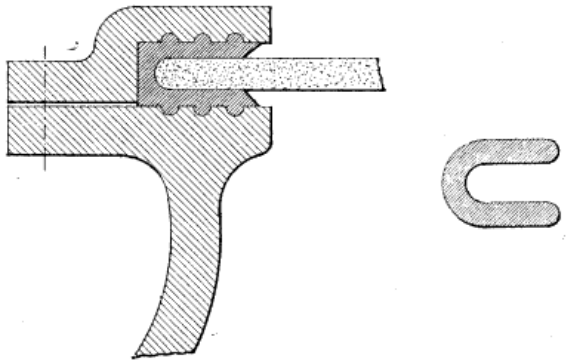


Fig. 2.

fig. 2, au moyen d'un tore de caoutchouc souple rempli d'un mastic pâteux d'huile et de céruse.

Le joint se ferait alors automatiquement pendant la rotation; le céruse, à cause de sa grande densité, épouserait tous les détails du relief de son contenant par suite de l'énorme pression à laquelle elle serait soumise, pression qui, comme nous l'avons vu, est proportionnelle à la densité ρ.

DESCRIPTION DU FILTRE (FIG. 3).

B. Le filtre se compose d'une turbine dont l'axe est vertical et animé d'une très grande vitesse de rotation.

Au centre du tambour aboutit un tube *G* d'amenée du liquide trouble, ce tube ne touche pas le tambour, il porte en un de ses points un robinet de réglage de l'alimentation.

Le liquide trouble s'échappe par deux courts tuyaux horizontaux *H*, ménagés dans une coupelle reliée au tambour en rotation et va s'appliquer, sous l'influence de la force centrifuge, contre les parois à l'intérieur desquelles il se rassemble en couche presque cylindrique, la parabole de section se rapproche de deux droites presque parallèles à l'axe.

Peu à peu l'épaisseur du liquide augmente, les impuretés, les microorganismes se séparent et vont s'appliquer en couche boueuse contre le paroi A.

Aussitôt que la couche liquide aborde la cloison C, la filtration commence, le liquide traverse cette cloison en se débarrassant des dernières impuretés, il débouche à l'extérieur, et comme, là, nul obstacle ne l'arrête, il s'échappe tangentiellement en nappe horizontale et se réunit dans la gouttière circulaire de l'enveloppe fixe L.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il sort, enfin, clair et limpide, par le conduit O.

O. La turbine tourne dans un espace clos MNK ; il n'y a, pour faire fonctionner le filtre, qu'a donner la rotation et à ouvrir le robinet d'amenée du liquide trouble.

Après le temps nécessaire au remplissage du bol, le liquide filtré apparaît et coule à partir de cet instant, d'une façon continue.

On peut débiter aussi peu de liquide que l'on veut, mais il y a, d'autre part, un maximum que l'on ne doit pas dépasser :

Si l'alimentation était trop active, le filtre ne débiterait pas tout ce qui lui serait présenté, et le liquide finirait par passer par le trou circulaire central de la cloison filtrante.

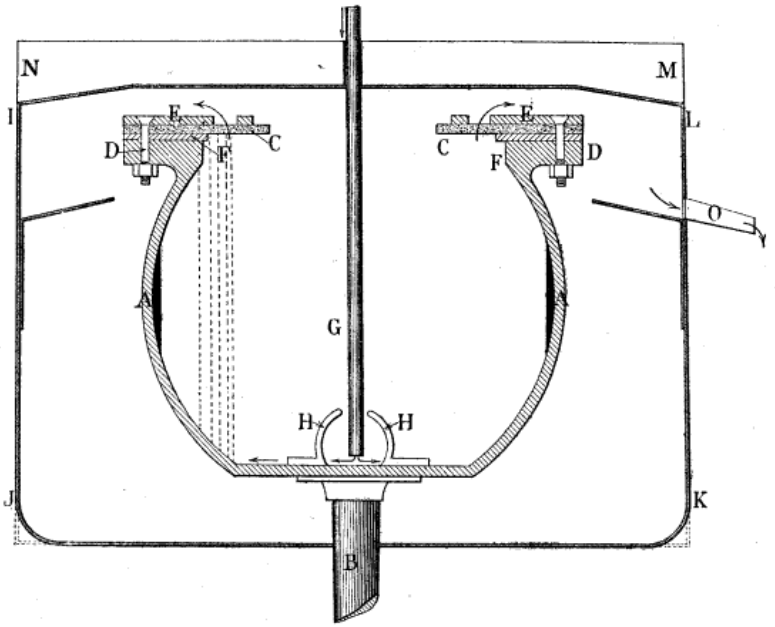


Fig. 3.

Quelques expériences préliminaires fixent bien vite sur la valeur de ce maximum en deçà duquel il est prudent de se tenir.

Il est très facile, par exemple, d'alimenter la turbine avec un liquide coloré ; à travers des fenêtres ménagées sur l'enveloppe, on voit ce liquide dans l'intérieur du bol en mouvement, et on se rend compte une fois pour toutes de ce que peut débiter une cloison en feutre, une cloison en grès, en amiante, etc., sous une vitesse de rotation toujours la même.

Lorsque les impuretés séparées deviennent trop abondantes, on arrête le filtre et on le nettoie soit par le trou central, soit en démontant le joint EDF.

Ce filtre n'est destiné, dans notre idée, qu'à parfaire des filtrations ou à filtrer des matières d'une purification difficile : les huiles, les collodions, les vernis.

Dans toutes ces circonstances, les impuretés ne sont pas encombrantes; leur séparation seule est difficile.

Si l'on devait avoir à traiter des liquides très troubles, des eaux boueuses par exemple, je conseillerais de fractionner la purification, d'opérer d'abord une filtration grossière sur du gravier et de terminer par le passage au filtre rotatif.

En s'y prenant de la sorte, un nettoyage par jour est suffisant et sans inconvénient aucun dans la pratique.

R. Lezé.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS MÉCANIQUES

RAPPORT *fait, au nom du comité des Arts Mécaniques, par* M. ROZÉ, *sur un système d'encliquetage de* M. ROUX.

M. F. Roux, constructeur mécanicien à Lyon, sollicite l'examen d'un système d'encliquetage qu'il a imaginé, et dont il a fait un certain nombre d'applications.

Il n'existe guère en principe d'autres encliquetages que celui à rochet et celui de Dobo, ce dernier présentant le double avantage de fonctionner sans bruit et sans temps perdu.

L'encliquetage de M. Roux consiste essentiellement dans l'introduction d'un coin hélicoïdal qui produit, entre les surfaces d'un double embrayage à friction, la pression nécessaire à l'entraînement.

Ce système ne comporte ni bruit ni chocs dépendant directement de sa constitution. Parmi les applications déjà réalisées, il convient de mentionner l'utilisation d'une double pédale dans les machines à enrouler le ruban. Ces pédales sont reliées entre elles de manière que leurs mouvements soient toujours inverses; l'arbre et les deux pédales sont rendus solidaires, pour le sens du mouvement, par deux encliquetages; le mouvement de l'arbre est entretenu toujours par l'action exercée sur la pédale au cours de la période descendante.

Une telle transmission ne comporte pas de point mort, et ce fait est particulièrement intéressant pour l'industrie du ruban, parce que l'ouvrière n'a plus à faire la mise en train avec les mains, dont l'usage reste exclusivement réservée à la manipulation du tissu, toujours facile à tacher.

Les avantages de ce système ont été assez appréciés par les fabricants de Saint-Étienne pour que les nouvelles machines aient, dès à présent, et en grande partie, pris la place des anciennes.

Ce problème a reçu d'autres solutions dans des cas restés isolés, mais il semble que les dispositions réalisées par M. Roux présentent les qualités indispensables aux applications industrielles.

En conséquence, le comité vous propose de remercier l'auteur de son

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

intéressante communication, d'insérer le présent rapport au Bulletin, et de le faire suivre d'une description sommaire, avec figures.

Approuvé en séance le 12 *juillet* 1985.

Signé : Rozé, *rapporteur.*

DESCRIPTION DE L'ENCLIQUETAGE ROUX.

Ce système d'encliquetage comporte toutes les applications du cliquet ordinaire; il est surtout avantageux :

1° Pour la transformation d'un mouvement alternatif en mouvement circulaire continu;

2° Pour l'accouplement de plusieurs moteurs sur une même transmission ou sur des transmissions séparées;

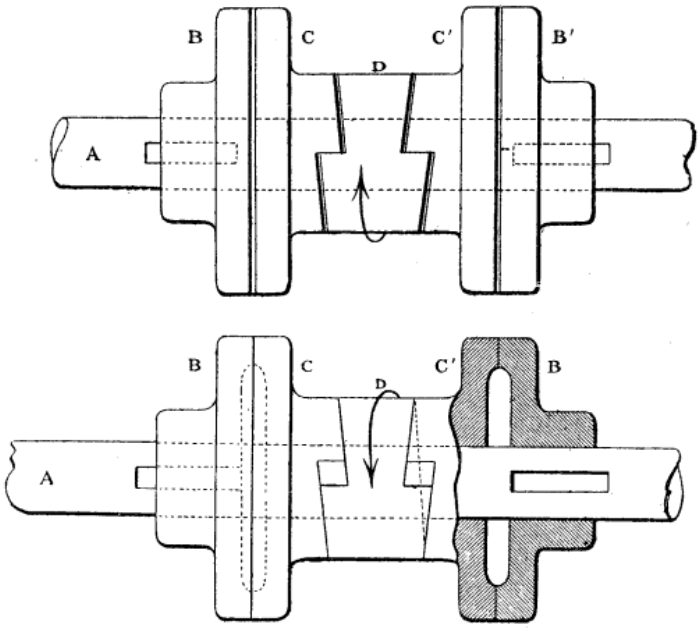


Fig. 1 et 2.

3° Pour l'embrayage et le débrayage des arbres de transmissions;

4° Comme cliquet de retenue ou de sûreté pour monte-charges et appareils de levage, etc., etc.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les figures 1 et 2 montrent cet encliquetage sous sa forme la plus simple; il se compose essentiellement des cinq pièces suivantes :

1° Un manchon D, tournant fou sur l'arbre A, qu'il s'agit de mettre en mouvement. Ce manchon est taillé à ses extrémités suivant deux hélices symétriques ayant la forme d'un manchon à griffes à une seule ou à plusieurs dents;

2° Deux plateaux C et C', tournant fous sur l'arbre A, de chaque côté du manchon D.

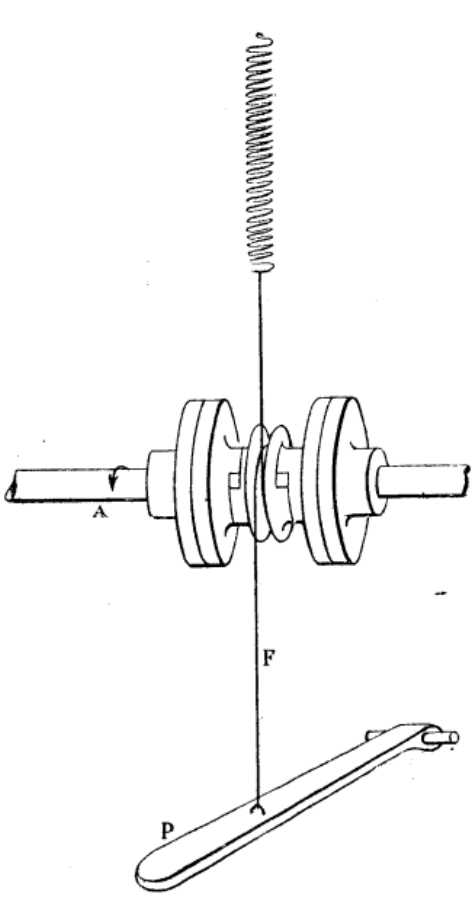


Fig. 4.

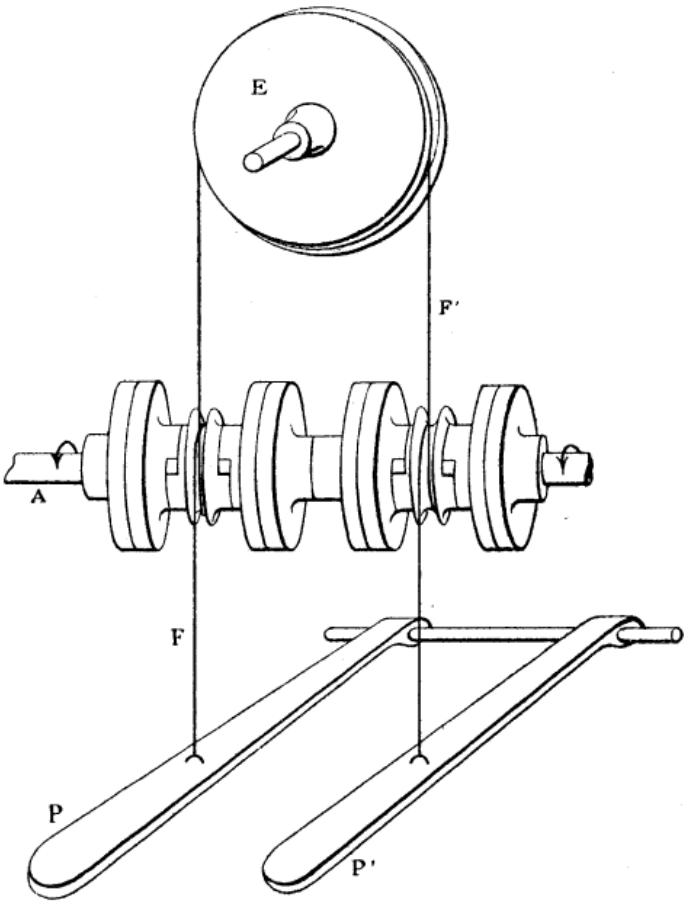


Fig. 3.

Les moyeux de ces plateaux sont taillés en hélice s'ajustant sur celle du manchon D.

3° Deux plateaux B et B', calés sur l'arbre A, en dehors des plateaux C' et C, avec lesquels ils forment deux surfaces de friction.

Le manchon central D forme ainsi un coin circulaire qui, lorsqu'il tourne dans le sens de la flèche (*fig.* 1), écarte les deux plateaux intérieurs C et C', et les applique fortement sur les plateaux extérieurs B et B', ce qui a pour effet de rendre les cinq parties solidaires, et de transmettre à l'arbre A le mouvement circulaire du manchon D.

Si l'on fait tourner le manchon D en sens contraire (*fig.* 2), le coin se dégagera

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

jusqu'à ce que ses dents, rencontrant celles des plateaux C et C' entraînent ceux-ci dans son mouvement; mais alors la pression du coin sur les plateaux C et C' ayant cessé, ceux-ci tourneront sans entraîner l'arbre A, qui pourra continuer sa marche en avant, ou s'arrêter s'il s'agit d'un débrayage.

L'inclinaison du coin circulaire D sera assez prononcée pour qu'il se dégage aisément dans la marche en arrière, et ce dégagement sera facilité en donnant aux plateaux de friction un diamètre plus grand que celui du coin. La surface de ces plateaux peut être plane, conique ou ondulée comme dans les frictions connues.

Tel est, en principe, le fonctionnement de cet encliquetage, dont les applications principales vont être décrites plus loin.

1° *Transformation d'un mouvement rectiligne alternatif, en mouvement circulaire continu.* — Prenons, par exemple, la pédale simple (*fig.* 3). Il suffit, dans ce cas, de donner au manchon D la forme d'une poulie sur laquelle s'enroule une corde F, fixée à la pédale P, et rappelée à l'autre extrémité par un ressort. Lorsqu'on appuie sur la pédale, le coin circulaire agit sur les plateaux de friction pour produire l'entraînement de l'arbre A, et, dans le mouvement inverse, l'arbre devenu libre continue son mouvement par la vitesse acquise.

On obtiendrait une action continue sur l'arbre avec deux pédales P et P' agissant sur deux encliquetages semblables montés sur le même arbre (*fig.* 4). Les mouvements des pédales sont alors rendus solidaires en réunissant les deux cordes F et F' sur une poulie E', la descente d'une pédale produisant ainsi la montée de l'autre. Les cordes F et F' pourraient être remplacées par des courroies ou par des chaînes marchant sur des roues dentées.

On pourra transformer de la même manière en mouvement circulaire continu, tout mouvement alternatif de leviers, pistons et autres organes de machines.

2° *Accouplement de plusieurs moteurs sur une même transmission.* — Cet accouplement est réalisé d'une manière très simple dans l'encliquetage qui vient d'être décrit; il suffit en effet de monter sur le manchon D (*fig.* 1) la poulie ou la roue dentée qui reçoit l'action du moteur, et qui doit tourner dans le sens de la flèche. Si chaque moteur accouplé agit sur un encliquetage semblable, celui d'entre eux qui prendra du retard se débrayera de lui-même, et n'opposera aucune résistance à la marche des autres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS MÉCANIQUES

RAPPORT *fait par* M. ALFRED TRESCA, *au nom du Comité des Arts mécaniques, sur un compteur d'eau de* MM. SAMAIN et Cie 12, *rue Saint-Amand*, à Paris.

MM. Samain et Cie ont présenté à la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale un compteur d'eau dont les garnitures sont composées de telle manière qu'elles puissent se comporter aussi bien à l'eau très chaude qu'à l'eau froide.

La propriété spéciale de ce nouveau compteur permet de le monter sur les conduites d'alimentation des chaudières à vapeur, et de nombreuses applications ont montré que ces compteurs peuvent être employés à cet usage.

La quantité d'eau employée pour l'alimentation d'un générateur à vapeur et, par suite, le poids de vapeur produite, est un des éléments importants dont l'industriel doit tenir compte s'il veut contrôler ainsi l'emploi du charbon dépensé pour la production de cette vapeur. Les indications d'un compteur d'eau placé sur le conduit d'alimentation des chaudières permettent de s'assurer, en marche courante, si le chauffeur prend toutes les précautions nécessaires pour que le combustible soit utilisé dans les meilleures conditions possibles; elles donnent même un moyen de l'intéresser à produire la vapeur d'eau dans les conditions les plus économiques.

Les compteurs à garnitures en cuir embouti ou en caoutchouc ne peuvent servir que dans le cas d'une canalisation d'eau froide, et il a fallu tout d'abord chercher une matière formant joint autour des pistons sans être impressionée par une température plus ou moins élevée.

C'est en préparant un tissu en coton tressé que MM. Samain et Cie ont résolu ce problème; les garnitures des appareils que nous allons décrire sont formées de cette matière, et peuvent assurer le fonctionnement du compteur, sans fuites appréciables et sans graissage, pendant une marche de très longue durée.

Le compteur se compose d'une boîte cylindrique en fonte B, dans laquelle peuvent se déplacer deux pistons cylindriques P et P′, munis, à leur surface, de garnitures en coton tressé. Cette garniture est constamment repoussée vers la paroi cylindrique de l'enveloppe par un ressort à boudin déformé suivant une circonférence, engagé dans une gorge circulaire ménagée sur la paroi latérale de chacun des pistons, et au milieu de leur épaisseur.

Les pistons P et P′ sont venus de fonte avec des tiges creuses K et K′, gui-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dées par des fourreaux G, et G′, faisant partie de couvercles F et F′, fermant les cylindres dans lesquels se meuvent librement les pistons P et P′.

Les pistons étant arrivés à fin de course, le bout de leurs tiges creuses vient rencontrer la tête d'une tige pleine T ou T′, qui, en se déplaçant sous

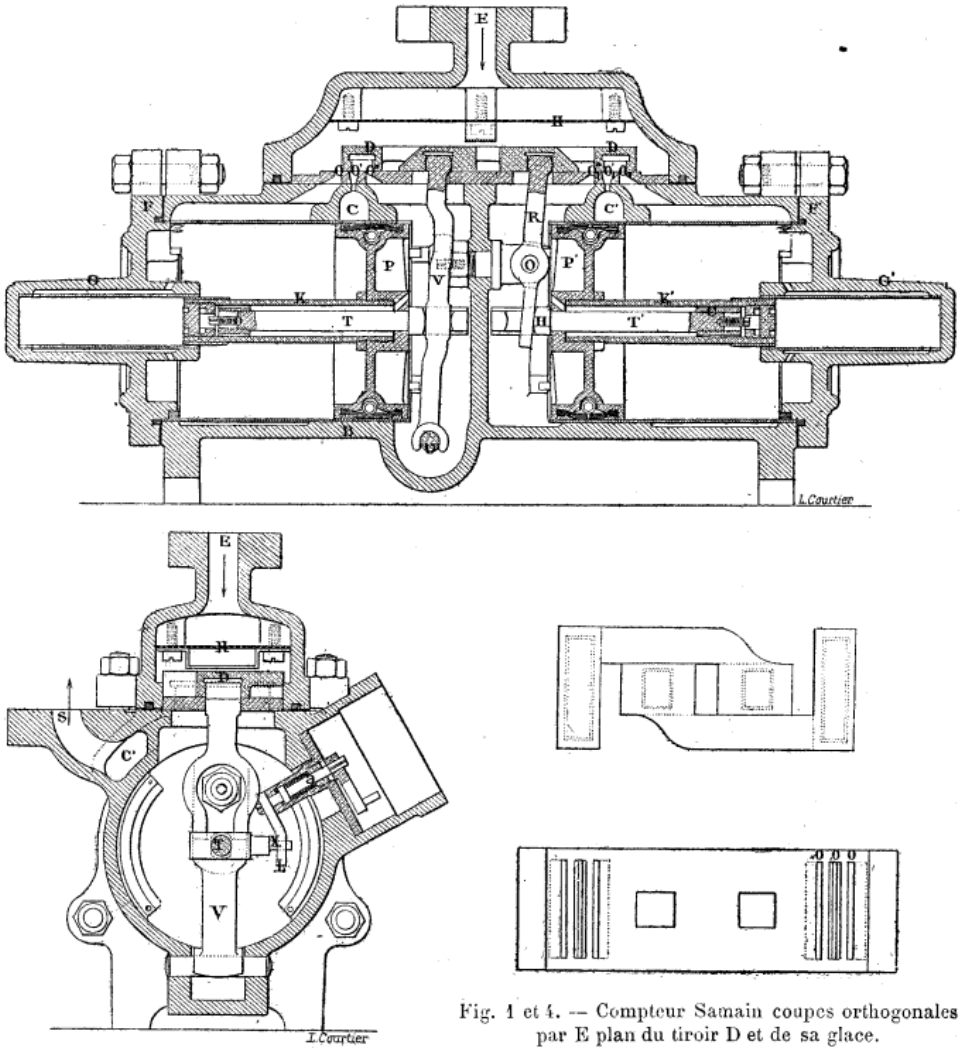


Fig. 1 et 4. — Compteur Samain coupes orthogonales par E plan du tiroir D et de sa glace.

l'action des pistons, viennent agir soit sur le tiroir de distribution seulement, en ce qui concerne la tige T′, soit à la fois sur le tiroir de distribution et les organes du compteur s'il s'agit de la tige T; ce dernier mouvement étant obtenu au moyen d'une traverse X (fig. 2) fixée à la tige T, d'une manivelle E, et d'un axe *a*, passant à travers d'un stuffing-box. Le tiroir D,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mis en mouvement soit par la tige V oscillant autour de U, soit par le levier R tournant autour de l'axe O, découvre successivement les orifices (OO'O'') (O',O,O''), de la glace du tiroir, faisant communiquer alternativement les deux chambres de chaque cylindre soit avec l'arrivée de l'eau E, soit avec son échappement en S, par l'intermédiaire de conduits courbes C et C', situés dans l'intérieur de la boîte en fonte du compteur et au-dessus de la chemise en laiton de chacun des cylindres.

Une grille H, disposée au-dessus de l'orifice E, est destinée à arrêter les corps étrangers qui pourraient être contenus dans l'eau, en les empêchant ainsi de pénétrer dans le compteur et de nuire à son bon fonctionnement.

Quant à la minuterie du compteur et au cadran sur lequel s'effectuent les lectures, tout cet ensemble est disposé latéralement à l'appareil et dans une position commode pour que les indications relatives au volume débité par le compteur soient facilement relevées. Pour un débit continu du compteur d'eau, la minuterie ne fonctionne que d'une manière intermittente, et chaque fois que le piston de droite est sur le point de terminer sa course vers l'extrémité du compteur, ce qui facilite beaucoup le relevé des chiffres indiqués au cadran.

Il a été donné à votre rapporteur d'examiner le fonctionnement de trois de ces appareils :

Le premier, installé au dépôt de Puebla de la Compagnie Générale des Omnibus, permet de mesurer l'eau d'alimentation des chaudières à vapeur de ce dépôt; mais l'alimentation se faisant à l'eau froide, l'appareil fonctionne dans des conditions analogues à celles que l'on rencontre dans toutes les installations de compteur d'eau, avec cette différence, cependant, que, pour l'application aux chaudières à vapeur, l'eau, dans ces compteurs, est obligée de subir toutes les variations de pression et de vitesse résultant de la marche plus ou moins rapide de la pompe assurant l'alimentation des chaudières ainsi que de la pression dans ces chaudières.

Le second est installé dans l'usine de la rue des Filles-Dieu, appartenant à la Société Anonyme d'Éclairage et de Force par l'Electricité. Dans cette installation, le compteur est situé sur le tuyau d'aspiration des pompes d'alimentation qui injectent dans les chaudières de l'eau à une température voisine de 95°.

Le troisième fait partie de la belle installation de chaudières et machines construites par les usines du Creusot pour le compte de la Compagnie de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'Air comprimé et située port d'Ivry. Le compteur, construit pour un débit normal de 15 mètres cubes à l'heure, est installé sur la conduite de refoulement des pompes, en utilisant soit l'eau qui a servi au refoulement de l'air comprimé à sa sortie des compresseurs, soit l'eau de condensation des machines à vapeur.

Les deux premières installations datent de décembre dernier, et, à Ivry, le compteur fonctionne depuis deux mois et demi. La lecture des indications de ce compteur a permis de constater que, depuis son installation jusqu'au jour de notre visite à Ivry, le 20 mai 1895, il était passé dans le compteur un volume d'eau de 9164300 litres. La température de l'eau, à son passage dans le compteur, était de 45°, mais elle s'élève souvent bien au delà de ce chiffre.

Dans ces trois installations, le compteur a fonctionné d'une manière normale depuis sa mise en marche, sans exiger aucune réparation, aucun graissage, ni même aucun soin.

La question du mesurage de l'eau servant à l'alimentation des chaudières présentant un grand intérêt industriel, il nous a paru utile de vérifier l'exactitude des indications de ces compteurs par un essai de jaugeage direct, en opérant sur un appareil en fonctionnement normal depuis déjà assez longtemps, et c'est l'installation d'Ivry qui nous a paru la plus convenable pour des constatations de ce genre.

Nous avons trouvé, en effet, toute une installation spéciale préparée pour faire ces vérifications en marche normale au moyen de deux grands réservoirs jaugés avec soin, en communication libre l'un avec l'autre, et munis d'un flotteur à indications électriques permettant au conducteur du petit cheval alimentaire d'être averti du moment où l'eau chaude qui était contenue dans les réservoirs était passée dans les chaudières par l'intermédiaire de la pompe d'alimentation et du compteur Samain.

L'eau chaude employée était prise, pendant les essais, aux réservoirs d'air comprimé; mais, par suite du temps employé pour le remplissage des deux réservoirs d'eau, ainsi que de celui pendant lequel cette eau emmagasinée était employée à l'alimentation des chaudières, la température moyenne de l'eau passant à travers le compteur n'était que de 25° environ. Le petit cheval alimentaire était obligé de fonctionner à assez grande vitesse pour satisfaire à l'alimentation du groupe de chaudières en service, et déterminait dans les tuyaux de refoulement des chocs assez violents, qui n'ont pu cependant empêcher le compteur de donner des indications suffisamment exactes, ainsi que le constatent les chiffres suivants :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les deux réservoirs, contenant ensemble 4940 litres d'eau, ont été remplis et vidés trois fois de 2 h. 56 à 4 h. 15, soit en 79 minutes, dont il faut déduire le temps employé par les deux derniers remplissages des réservoirs, c'est-à-dire 16 minutes. Les temps partiels nécessaires pour utiliser à l'alimentation des chaudières l'eau des réservoirs ont été de 20, 21 et 22 minutes, soit, au total, 63 minutes.

Le compteur ayant totalisé le volume de l'eau provenant des trois remplissages des réservoirs, ce volume est donné par la différence entre les indications relevées sur le compteur à la fin et au commencement de l'essai : soit : 917100 litres — 9164300 litres = 14850 litres employés à l'alimentation des chaudières en 63 minutes et représentant un débit de à 14143 litres à l'heure.

Le volume d'eau provenant des réservoirs était égal à 3×4940 litres, ou à 14820 litres, en totalisant ainsi le volume des six cuves employées.

Le compteur Samain aurait donc compté en trop, dans cet essai, 14850 — 14820 = 30 litres; et si l'on prend le rapport entre cette différence, 30 litres, et le volume constaté de deux millièmes environ du volume total de six réservoirs, 14820 litres, on trouve 0,002025, soit une erreur débitée.

On peut donc admettre, d'après cet essai, que le compteur Samain, après plusieurs mois de marche, fonctionne encore aussi bien que le premier jour, et M. le Directeur de l'usine d'Ivry nous a affirmé que les constatations du même genre, qu'il a faites sur le même compteur, à des intervalles de temps égaux, ont toujours donné les mêmes résultats que ceux que nous avons pu constater lors de notre visite du 20 mai dernier.

En raison de ces résultats, qui prouvent le bon fonctionnement de ce compteur, et de l'intéret que présente la question du mesurage industriel de l'eau vaporisée dans une chaudière ou un groupe de chaudières en marche normale, le Comité des Arts mécaniques vous propose de remercier MM. Samain et C^ie^ de leur intéressante communication, et d'ordonner l'impression du rapport dans le *Bulletin* de la Société, avec les figures représentant l'ensemble du nouveau compteur d'eau de ces inventeurs.

Signé : A. TRESCA, *rapporteur.*

Approuvé en séance le 26 *juillet* 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

L'AGRICULTURE FRANÇAISE, SES TRANSFORMATIONS ET SES PROGRÈS, CONFÉRENCE FAITE LE 24 MAI 1895, PAR M. D. ZOLLA, PROFESSEUR A L'ÉCOLE NATIONALE D'AGRICULTURE DE GRIGNON ET A L'ÉCOLE LIBRE DES SCIENCES POLITIQUES.

MESSIEURS,

Le Président de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale m'a demandé de prendre la parole, ce soir, devant vous. Je le remercie de l'honneur qu'il m'a fait, et lui suis reconnaissant de m'avoir fourni l'occasion de vous parler de l'*Agriculture*.

Je crois qu'il est bon d'en parler, et de dire ce qu'elle est, parce que souvent on l'ignore. Nous vivons en effet sous l'empire d'un certain nombre d'idées acceptées, et qu'on ose à peine discuter. Les préjugés relatifs à l'agriculture règnent encore aujourd'hui parce qu'ils régnaient hier. Nous les respectons à cause de leur âge.

Lorsque nous parlons d'un industriel ou d'un négociant, d'un ingénieur ou d'un fonctionnaire, les personnes qui nous écoutent sont immédiatement fixées sur la condition sociale de ceux que nous désignons ainsi. L'industrie évoque une idée de richesse, d'habileté et de science ; le commerce paraît brillant parce qu'il est souvent aussi lucratif qu'honorable ; l'ingénieur est devenu un héros de roman, et le fonctionnaire a, pour beaucoup, le caractère respectable d'un magistrat administratif inamovible. Mais l'agriculture ! qu'est-ce que cela ? Mais l'agriculteur ! quel est cet homme ?

Eh ! bien, Messieurs, il existe en France une industrie à laquelle quatre millions de familles demandent leur subsistance et leur bien-être en échange de leur travail. Pour ateliers, elle possède les 5 millions de domaines entre lesquels est divisé le sol de la France, toujours plus productif parce qu'il est mieux fécondé. Comme produits, elle fournit les aliments qui réparent nos forces, les matières premières qu'utilisent en les transformant nos manufactures. Cette industrie, c'est l'agriculture ! Le groupe de population qui s'y rattache directement comprend 18 millions de Français ; le capital foncier qu'elle met en œuvre, c'est-à-dire la terre et les bâtiments d'exploitation, a une valeur de 90 milliards de francs ; sa production brute annuelle représente plus de 10 milliards. Plus du tiers de nos exportations est constitué par des produits agricoles ; plus de la moitié de nos importations est représenté par des denrées alimentaires et des matières premières, c'est-à-dire par des produits de la terre.

Voilà quelle est l'importance de l'industrie agricole au point de vue de la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

production et au point de vue du commerce ! Ne trouvez-vous pas que cette industrie mérite quelque peu de faire parler d'elle ? Voilà aussi pourquoi j'étais heureux de vous en parler ce soir et de vous signaler, avec un peu d'ironie et de tristesse, le très injuste dédain avec lequel on la traite..... quand on ne la connaît pas.

La vérité, c'est qu'il n'existe pas, dans notre pays, une seule industrie comparable à l'agriculture au point de vue de sa richesse et de son importance. Dans son ensemble, l'industrie française reste même de beaucoup inférieure à l'agriculture au double point de vue des valeurs qu'elle crée et du groupe professionnel qui s'y rattache.

Quant à l'agriculteur, il semble qu'on veuille toujours le confondre avec celui dont nous a parlé Labruyère dans un passage resté célèbre. Aux yeux du public, le cultivateur, c'est Jacques Bonhomme, le paysan avec sa blouse et ses sabots, rebelle à tous progrès, « indocte et rustique » comme disaient nos pères.

Nous comptons dans nos campagnes, cela est vrai, quelques millions d'ouvriers, de domestiques agricoles. Nous possédons également des métayers modestes et des fermiers sans prétention au bel esprit; mais, est-ce que l'armée industrielle ou commerciale ne compte que des officiers ou des généraux dans ses rangs ?

L'élite de nos propriétaires cultivateurs et de nos fermiers n'a rien à envier aux états-majors des autres industries.

Les services qu'elle rend ne sont pas moins grands, sa situation n'est ni moins honorable ni moins indépendante, et j'ajouterai que l'instruction, l'éducation ou les talents de nos grands agriculteurs les rendent égaux à toutes les bons Français travaillant ailleurs à développer la puissance et la richesse de leur pays.

Comment se fait-il que l'on connaisse peu ou que l'on connaisse mal les transformations et les progrès de notre agriculture ? Pourquoi admire-t-on avec raison la merveilleuse habileté de nos ingénieurs ou de nos industriels tandis que l'on ignore trop souvent les résultats du travail de nos agronomes ou de nos agriculteurs ?

Ces contrastes tiennent à la façon très différente dont est réalisée la production industrielle ou la production agricole. Je dois insister sur ce point, car j'entre ici dans le vif du sujet.

Rôle de la machine en agriculture

On a dit avec raison que l'homme ne pouvait pas créer, et qu'il se bornait à transformer les matériaux dont il dispose. Il suffit de réfléchir un instant et de jeter les yeux autour de soi pour se convaincre de la justesse de cette observation. L'industrie a pour rôle et pour but de modifier les formes, les qualités

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ou propriétés d'une matière première quelconque de façon à la rendre mieux capable de nous servir. L'outil, la machine, permettent d'accroître la puissance de l'homme et de diminuer la somme d'efforts nécessaires pour accomplir les transformations industrielles. Le rôle de ces utiles auxiliaires est, du reste, trop connu, leur influence heureuse a été trop souvent signalée pour que nous ayons à les rappeler. Mais il importe de préciser ici le champ d'action de la machine, soit dans l'industrie agricole, soit dans les autres industries.

Pour la plupart de ces dernières, le problème à résoudre se pose en des termes simples. Une matière première existe, il s'agit d'en modifier la forme, d'en associer ou d'en séparer les éléments. Avec un arbre, il s'agit de faire des poutres, des planches; avec des fibres végétales, il est nécessaire de former des fils et avec ces fils de composer un tissu. D'un minerai, il est question d'extraire un métal pur, bien qu'il se trouve combiné avec quelques corps simples. Des grains d'une céréale, il faut tirer la farine qu'ils renferment, et séparer cette dernière des enveloppes de la graine qui s'y trouvent mêlées. Après des siècles d'efforts et de laborieuses recherches, l'homme a découvert la machine, l'outil, les procédés qui lui permettent d'accomplir les transformations désirées.

La scie est substituée au coin et à la hache; la machine à filer et à tisser remplace la main de la ménagère ou celle du tisserand. Le haut fourneau moderne accomplit d'une façon économique et parfaite la transformation du minerai qui laisse échapper le métal presque pur. La meule écrase le grain que le bras des esclaves broyait entre deux pierres; la farine traverse une série de toiles qui la séparent automatiquement des enveloppes de la graine. S'agit-il de produire la force motrice? L'eau et le vent animent les appareils qui transmettent l'énergie qu'ils reçoivent et qu'ils transforment. Plus tard, la houille devient la matière première, la source de force à laquelle nous puisons, et ce sont les différents organes de la machine à vapeur qui opèrent la transformation plus ou moins économique et parfaite de la chaleur en mouvement.

Ce sont là, Messieurs, des exemples dont il convient de rechercher le caractère général. Voici, je crois, quel est ce caractère :

Presque toujours, dans l'industrie, la machine exécute directement la transformation qui doit accroître l'utilité et la valeur de la matière première employée. Pour le filateur, pour le tisseur, pour le métallurgiste, pour le meunier, la machine réalise l'œuvre principale. C'est elle qui file, qui tisse, qui sépare le minerai de sa gangue, ou l'amande du grain de ses enveloppes. Sans doute, il existe dans l'industrie mille outils ingénieux qui, sans opérer la modification principale, servent cependant à la compléter ou à la préparer. Mais on peut dire que la machine accomplit de vrais prodiges, alors surtout qu'elle se charge seule

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de l'œuvre maîtresse avec cette précision, cette régularité, cette rapidité et cette infatigable énergie dont elle nous paraît douée.

Peut-on nier que l'invention de la machine à filer et à tisser, et, mieux encore, la transformation de la chaleur en mouvement au moyen de nos appareils à vapeur ne soient les plus grandes découvertes dont l'homme ait le droit de s'enorgueillir?

Quant aux conditions dans lesquelles les machines travaillent pour l'industriel, il faut ajouter qu'elles sont généralement semblables à elles-mêmes, et bien connues à l'avance sans grandes difficultés.

Avec un même moteur et un poids égal de combustible d'égale qualité, on obtiendra, en France comme en Angleterre, en Europe comme en Afrique, le même nombre de chevaux-vapeur. La même machine filera, tissera ou moudra des grains sous toutes les latitudes et sous tous les climats. Les opérations elles-mêmes, les transformations apportées à la matière brute sont le plus souvent assez simples; en outre, elles sont rapides, et, la plupart du temps, on peut en accroître indéfiniment le nombre, les ralentir ou les accélerer sans avoir à compter avec les influences athmosphériques.

En agriculture, la machine ne remplit jamais le rôle que nous venons d'assigner aux instruments de la production industrielle; les conditions du travail et la nature des opérations ne sont pas moins dissemblables. Dans l'industrie agricole, l'homme ne transforme pas lui-même, comme le filateur ou le tisserand, du chanvre ou de la laine en fils, et ces fils en tissus. Il ne peut qu'assurer dans les meilleurs conditions, révélées par l'observation et l'expérience, les transformations d'une graine en une plante, ou, ce qui n'est pas moins merveilleux, la transformation d'un aliment par un être animé. Les machines ne sont plus les instruments aux organes simples et fixes que l'homme modifie à son gré, dont il règle l'action, l'énergie et la productivité. En agriculture, rien de pareil. C'est la plante qui est la machine aux mécanismes cachés, dont la vie mystérieuse est réglée par des lois que rien ne révèle tout d'abord aux yeux.

La machine, c'est la terre dont on a ignoré si longtemps jusqu'à la composition chimique jusqu'aux transformations les plus importantes sous l'influence des saisons de l'humidité, de la chaleur, sous l'influence de ces organismes microscopiques dont l'action incessante peut rendre stérile ou fécond le sol qui fait germer la plante et l'alimente ensuite. Ici, nous le répétons, *l'action humaine est indirecte;* l'agriculteur se borne à découvrir dans quelles conditions, suivant quelles lois la plante se développe; il fait ce qu'on appelle de la physiologie végétale, puis il étudie avec non moins d'attention les lois naturelles qui règlent la transformation du milieu où la plante végète, c'est-à-dire de la terre. Ailleurs, l'agriculteur cherche comment l'animal se développe, de quelle manière plus ou moins avantageuse et économique il transforme en lait en laine, en viande, en force, l'aliment qui lui est

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

donné. Et quand il possède toutes ces notions, si incomplètes qu'elles soient, quand il a lutté contre les circonstances imprévues, contre l'action des lois qu'il a si longtemps ignorées, alors l'agriculteur ne peut que se placer dans les meilleures conditions, attendre une transformation toujours incertaine, parce qu'il ne peut rien sur les vents, sur les pluies, sur les agents morbides, parce qu'il commence à peine à entrevoir les lois auxquelles sont soumises ces trois machines qu'il n'a pas faites, et dont il doit pourtant se servir : *la plante*, *la terre*, *l'animal*

On se demande parfois pourquoi l'industrie agricole ne fait pas plus de progrès, pourquoi sa productibilité s'accroît avec tant de lenteur. Peut-être le comprendra-t-on mieux si on conçoit nettement les difficultés multiples, et à peine entrevues jusqu'à nos jours, de ces transformations qui s'opèrent chaque jour sous nos yeux, mais suivant des lois que l'homme n'a pu découvrir ou pressentir qu'après de longs siècles de recherches ou de tâtonnements.

Quant à l'outil mécanique, quant à la machine au sens habituel du mot, son rôle en agriculture ne peut être et n'est jamais que secondaire. A l'inverse de ce qui se passe dans l'industrie, comme nous l'avons dit et répété, en agriculture, l'opération principale n'est pas l'œuvre de l'outil; ce dernier est employé aux différentes façons du sol, au labour, au hersage, à la récolte ou aux transformations des produits déjà obtenus. La charrue fend le sol, sert à l'aérer, à le soumettre aux influences des agents atmosphériques; la moissonneuse et la faucheuse mécaniques coupent les tiges des plantes fourragères ou des céréales, la machine à battre sépare le grain de la balle, d'autres instruments nettoient encore les céréales et remplacent l'homme dont l'action directe s'efface. Mais ces services, si appréciables et appréciés qu'ils soient, ne sont que d'une faible importance si on les compare à ceux que rendent en industrie les machines qui filent, qui tissent ou qui produisent la force. Le rôle des instruments mécaniques est donc tout différent en agriculture de ce qu'il est dans l'industrie.

Les conditions dans lesquelles s'opère le travail mécanique, ne sont pas moins dissemblables la plupart du temps. Si certains instruments comme les machines à battre, les appareils destinées à la préparation des grains, des fourrages et des racines pour l'alimentation du bétail, etc., peuvent être employés à toute époque et à tout instant avec une régularité parfaite et une efficacité certaine, il n'en est pas de même pour les machines employées à l'extérieur de la ferme. Les influences atmosphériques, la compacité du sol, son humidité, sa sécheresse et les exigences de la végétation rendent toujours incertain l'usage des instruments. Leur direction, leur traction supposent d'ailleurs l'emploi de l'homme et des moteurs animés. Les économies réalisées dépendent pour une large part de l'étendue des surfaces sur lesquelles ces instruments sont employés, des accidents du terrain, de la nature des récoltes, et ce sont là des conditions ou des circonstances que l'homme subit la plupart du temps sans pouvoir les modifier.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les opérations agricoles de culture à l'aide de la machine sont, en outre, nécessairement irrégulières et intermittentes. On ne peut se servir du semoir qu'à l'époque des semailles, et la charrue reste inutilisée, si perfectionnée qu'elle soit, en dehors de la période des labours. Si la faucheuse remplace à merveille le bras de l'homme pour abattre en quelques heures sur la prairie les tiges des plantes fourragères, il n'en faut pas moins attendre que le soleil ait desséché ses tiges pour qu'on puisse se servir d'un autre instrument, comme le râteau à cheval, et réunir en une masse unique le foin éparpillé à la surface du sol.

Les progrès incontestables de la mécanique agricole ne sauraient donc être comparés à ceux de l'outillage industriel. Leur action sur la production et sur les prix de revient des denrées a été très limitée. Il n'en faut accuser, ni l'inertie inintelligente des cultivateurs, ni le défaut d'invention et d'habileté des constructeurs de machines agricoles. Pour qu'une machine ou un procédé industriel quelconque permette de réaliser des économies notables, de réduire les prix de revient et de solliciter la consommation, il faut que cette machine ou ce procédé accomplisse la *transformation principale, celle qui représente le plus grand travail et correspond aux dépenses les plus fortes*. Or, les machines agricoles ne peuvent pas, en général, remplir ce rôle, atteindre ce but. Leur emploi est nécessairement limité à un petit nombre d'opérations secondaires; cet emploi est en outre irrégulier, intermittent. La division des cultures, la nature des sols, leur relief et leur pente, la coopération toujours nécessaire de l'homme et de moteurs animaux pour compléter l'action de l'instrument mécanique, le jeu variable des influences atmosphériques et de la nature des cultures, tout s'unit pour enlever à la machine agricole son efficacité immédiate, active, prépondérante sur la productivité des terres et le prix de revient des produits.

A plus forte raison en est-il de même quand il s'agit non plus de la production végétale, à laquelle nous venons de faire allusion, mais de la production animale. Ici, il est évident que le rôle de l'instrument est presque insignifiant. Quand nous aurons cité quelques appareils destinés au concassage des graines alimentaires ou, en général, à la préparation des aliments, nous aurons tout dit. La véritable machine, le seul instrument de transformation, c'est l'animal lui-même. Il n'en est pas de plus compliqué, de plus difficile à connaître et à diriger. Ce sont les lois mêmes de la vie animale qu'il faut pénétrer; c'est à elles qu'il faut obéir d'abord, pour pouvoir ensuite leur commander en les utilisant à notre profit quand il s'agit d'élevage, d'engraissement, d'entraînement de sélection. La zootechnie, cette science qui se propose précisément d'appliquer à l'entretien des animaux domestiques les découvertes scientifiques modernes de la physiologie, de la chimie, de la mécanique, etc., la zootechnie est née d'hier. Ce sont ses progrès qui donneront à l'homme la puissance d'action qu'il n'a pas encore.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le génie de quelques éleveurs, comme l'Anglais Collings, le créateur de la variété améliorée des courtes cornes-Durham, a plus fait pour les progrès de l'agriculture anglaise que l'inventeur de la moissonneuse. Aucun instrument mécanique n'a accru la productivité du sol autant que les découvertes de ceux qui ont, les premiers, étudié l'action des amendements et des engrais chimiques sur l'alimentation des plantes et leur développement.

Est-ce à dire que je sois assez mal inspiré pour nier l'importance des services rendus par l'outillage dont dispose aujourd'hui l'agriculteur? Assurément non. Grâce aux progrès de la mécanique agricole, le travail des champs est devenu à la fois moins rude et plus parfait. Le semoir permet de réaliser une économie sur les semences; les instruments perfectionnés de laiterie ont assuré la transformation rapide et économique du lait en crème et en beurre; la qualité des produits a pu être améliorée, en même temps que les dépenses étaient réduites. Qu'il s'agisse de la récolte des fourrages ou des céréales, de la préparation des aliments pour le bétail ou de leur conservation, en toute occasion, la machine a rendu des services incontestables, et son champ d'action peut s'étendre encore.

L'outillage agricole comtemporain à seul permis la mise en culture de ces immenses fermes du nouveau monde, où la production serait trop onéreuse si la faucheuse, la moissonneuse, la batteuse, etc., ne venaient pas suppléer une main-d'œuvre trop rare et trop chère. L'emploi des machines est, en effet, un correctif fort utile de l'élévation des salaires ruraux dans tous les pays. C'est là une vérité incontestable. Mais il ne faut pas, même à ce sujet, exagérer l'importance du rôle qu'est appelé à jouer l'instrument mécanique en agriculture. Dans une foule de cas, le bras de l'homme est indispensable, et, pour réduire les dépenses de main-d'œuvre, les transformations des systèmes de culture, le boisement des terres pauvres, ou la conversion des terres arables en prairie sont singulièrement plus efficaces que l'usage des instruments les plus perfectionnés.

En ce qui concerne cette question des machines agricoles, il est donc bon de se garder à la fois d'une défiance exagérée et d'un enthousiasme aveugle. Nous devons beaucoup aux progrès de l'outillage rural, nous leur devrons plus encore sans nul doute; mais, si j'ai réussi à bien faire comprendre quel est le véritable rôle de la machine dans la production agricole, vous admettrez sans peine qu'il faille surtout demander l'accroissement de nos récoltes, l'amélioration de nos troupeaux et l'abaissement des prix de revient aux observations patientes du botaniste et de l'agronome, aux recherches des chimistes et aux études des zootechniciens.

En définitive, l'agriculteur, moins heureux que l'industriel, est obligé de se servir de trois agents de production, de trois machines *vivantes* qu'il n'a pas faites :

La terre, — la plante, — l'animal. Étudier les méthodes à l'aide desquelles

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nous avons amélioré ces trois agents de transformation, c'est faire l'histoire des transformations et des progrès de l'agriculture.

La Terre

Examinons, en premier lieu, l'amélioration de ce capital, dont nous avons signalé l'importance sans égale parmi les agents de la production agricole : je veux parler de la terre. Celle-ci peut-elle être rendue plus féconde? Neuf fois sur dix, Messieurs, la réponse n'est pas douteuse, et on peut affirmer que cela est possible économiquement, c'est-à-dire avec profits, parce que le montant des dépenses est compensé par des recettes supérieures. La terre est, pour la plante, un réservoir d'aliments assez peu nombreux, assez peu variés, mais dont la présence simultanée, sous une forme convenable, appropriée aux exigences particulières des végétaux, est toujours indispensable. Or, Messieurs, il est très rare qu'un sol renferme précisément en quantité et en proportions convenables les aliments dont je viens de parler. Certes, il ne font pas défaut tous à la fois, mais, si l'un d'eux vient à manquer, les autres sont presque inutiles ; la plante s'étiole, elle fructifie mal ; la récolte est mauvaise et, en même temps, l'exploitation cesse d'être lucrative, quand elle ne devient pas ruineuse. Que faut-il faire pour réveiller le sol de sa torpeur, surexciter ses facultés productives, et accroître, du même coup, sa valeur, puisque celle-ci se proportionne naturellement à sa fécondité? Il faut lui ajouter les éléments qui lui manquent. La matière utile à la plante, et qui manque au sol, s'appelle l'engrais. C'est un ou plusieurs engrais qu'il convient d'incorporer au sol. Ici ce sera de la chaux, plus loin ce seront des phosphates, ailleurs des composés azotés, comme le nitrate de soude ou le sulfate d'ammoniaque. Quelquefois, ce sont ces trois aliments qu'il convient de mettre simultanément à la disposition des plantes.

Quant aux effets, ils sont la plupart du temps excellents, non seulement au point de vue de l'augmentation des recettes, ce qui est sans doute important, mais surtout au point de vue de l'accroissement du profit, ce qui est beaucoup plus intéressant encore. Voici un exemple, pour préciser ma pensée. Je voyageais, il y a quelques-années, dans un de nos départements de l'Est, et je visitais un domaine de 100 hectares, cultivé par son propriétaire, un intelligent et courageux agriculteur, qui me disait : « C'est grâce aux expériences de culture et aux engrais complémentaires qu'il m'a été possible de grossir ma fortune, de faire des économies comme fermier, et d'acheter cette propriété. Au moment où je l'ai louée, elle ne produisait guère que de mauvais fourrages. Le blé avait un rendement de 7 à 8 hectolitres à l'hectare, quand la récolte n'était pas nulle; l'avoine et le seigle ne donnaient pas des produits plus abondants. Enfin, vous aurez une idée de cette terre quand vous saurez que j'ai payé le domaine tout entier,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

soit 100 hectares environ, avec les bâtiments et les bois, moins de 30 000 francs.»

Aujourd'hui, Messieurs, ce domaine, que j'ai parcouru et étudié avec soin, vaut au moins le double; les rendements des récoltes ont triplé, et l'on peut nourrir sur la même surface deux fois plus d'animaux qu'autrefois. C'est en ajoutant au sol ce qui lui manquait, c'est-à-dire des phosphates, que le propriétaire a obtenu ces résultats remarquables.

Voici un exemple; il s'agit du froment :

Sur une parcelle cultivée avec la méthode d'autrefois, le rendement à l'hectare s'élevait à 860 kilogrammes de grains; sur la parcelle voisine, enrichie par une dose convenable de phosphates, la récolte atteignait 1970 kilogrammes. En ajoutant au sol un engrais valant 35 francs, on obtenait ainsi un excédent de récolte valant 255 francs. Le bénéfice résultant de l'emploi d'une fumure complémentaire était donc de 220 francs.

Le problème de la production était résolu, Messieurs, comme il doit l'être toujours. Cette production n'était pas seulement abondante, elle était lucrative. Ce n'est pas un cas exceptionnel que je vous cite. Il existe en France, à cette heure, plusieurs milliers de fermes et des millions d'hectares dont la productivité pourrait être accrue d'une façon analogue.

D'ailleurs, Messieurs, ces progrès ont été accomplis. On s'est aperçu un jour que, sur des terrains comme ceux de la Bretagne, du Maine, de l'Anjou, de la Marche, du Limousin, il fallait ajouter de la chaux et des phosphates pour augmenter les récoltes et supprimer ou réduire la jachère, c'est-à-dire la partie du domaine laissée sans culture pour que le sol se reposât et devînt capable de porter des récoltes nouvelles.

Lentement d'abord, rapidement et résolument par la suite, on se mit à l'œuvre, dans l'Ouest surtout. Le blé remplaça le seigle, les rendements augmentèrent de 50 p. 100, doublèrent parfois; et, quant au résultat financier définitif, vous allez pouvoir en juger, si vous voulez bien noter quelques chiffres.

De 1851 à 1879, la valeur vénale des terres s'est accrue en France de 43 p. 100. Mais cette augmentation s'élevait, grâce à l'emploi des matières fertilisantes dont j'ai parlé :

Dans les Côtes-du-Nord, à.	63	p. 100
— le Finistère, à.	54	—
— l'Ille-et-Vilaine, à.	74	—
— la Loire-Inférieure, à.	72	—
— la Vendée, à.	74	—
— les Deux-Sèvres, à.	72	—
— la Vienne, à.	68	—
— le Maine-et-Loire, à.	69	—
— la Mayenne, à.	80	—

Et pour vous prouver, Messieurs, que cet énorme accroissement de la valeur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du sol correspond bien à une augmentation de sa puissance productive sous l'influence des causes déjà signalées, il va me suffire de vous citer quelques régions agricoles, fort riches naturellement, mais où de pareilles transformations n'ont pas été accomplies parce qu'elles n'étaient pas aussi aisément réalisables. En Normandie, par exemple, pour les cinq départements qui la composent, l'accroissement moyen de la valeur du sol est seulement de 25 p. 100, alors que, pour la France entière, il s'élevait, je le répète, à 43 p. 100.

Sans entrer dans aucun détail technique, je puis donc, Messieurs, vous faire comprendre ce que doivent permettre d'espérer les améliorations culturales et la fertilisation du sol. Vous voyez ce qu'on peut attendre de l'application des découvertes scientifiques relatives au rôle de la terre dans la production agricole et à sa composition chimique. Notre vieille terre de France, qui a produit tant de moissons et nourri tant de millions d'hommes, n'est pas près de perdre sa fécondité. Pour accroître, au contraire, cette fertilité, il suffit d'en connaître le secret.

Vous conviendrez sans peine, Messieurs, qu'il ne s'agit point ici d'hypothèses simplement vraisemblables, ou de déductions sans valeur positive. L'expérience nous a, depuis longtemps, révélé l'exactitude des unes et la justesse des autres. En complétant le sol par des engrais appropriés, on accroît sa fécondité, et, par conséquent, la masse des récoltes qu'il peut porter. Le problème n'est pas seulement résolu au point de vue scientifique, il l'est encore au point de vue économique et financier. Ce que je viens de vous dire à propos de l'augmentation de la valeur du sol dans les régions de la France où l'on améliore la terre arable vous démontre l'exactitude de cette conclusion. Nous disposons aujourd'hui des moyens les plus propres à accroître la fertilité du territoire cultivable, tout en rendant son exploitation plus lucrative.

Il ne suffit pas, toutefois, d'être en possession de ces moyens d'action, il importe, en outre, d'en répandre l'usage. On doit s'efforcer d'abréger la période des tâtonnements, de diminuer le nombre des essais ou des recherches aussi bien que les dépenses qui en résultent.

Pour savoir quels sont les engrais complémentaires dont le sol a besoin, on peut recourir à l'analyse directe; on peut aussi, comme le disait spirituellement Boussingault, demander l'opinion des plantes en cherchant quelles matières fertilisantes assurent leur développement.

Mais ces méthodes exigent des lumières spéciales, des soins éclairés et une certaine habileté d'interprétation. Les résultats acquis sont, en outre, spéciaux à un domaine, à un champ même; ils n'ont, en résumé, qu'une valeur et une portée toutes particulières et locales.

Est-il possible de généraliser en s'appuyant sur un ensemble de faits assez

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nombreux et rattachés les uns aux autres par un lien assez solide pour entraîner la conviction et garantir le succès? Les agronomes les plus autorisés n'hésitent pas à admettre que le problème ainsi posé peut être résolu. Une fois de plus, la science vient au secours de l'agriculteur et peut, dans beaucoup de cas, lui permettre de prévoir les essais profitables, le guider même d'une façon sûre. Pour arriver à cette généralisation des procédés de fertilisation dont je vous parlais tout à l'heure, on peut recourir à la distinction des *terrains géologiques*. En réalité, c'est la question de l'utilité et de l'usage des *cartes agronomiques* qui se trouve posée. Vous savez qu'elle a été très brillamment traitée par M. Risler, le directeur de l'Institut agronomique, dans son bel ouvrage sur la géologie agricole, et par M. Adolphe Carnot, dans un remarquable rapport adressé à la Société Nationale d'Agriculture. On peut saisir promptement le très puissant intérêt de cette question.

Quel rapport existe-t-il entre la nature du sol, ses propriétés physiques ou sa composition chimique, et la formation géologique à laquelle il se rattache? — Nous pouvons répondre sans hésiter que ce rapport est bien réel et, le plus souvent, fort étroit. « Une même formation géologique, dit M. A. Carnot, donne naissance, en général, à des terres agricoles de qualités analogues, parce qu'elles contiennent les mêmes éléments dans des proportions à peu près uniformes. »

Ces analogies sont expliquées par le mode de formation de la terre arable. Lorsque cette dernière est née, en quelque sorte, sur place, par suite de la désagrégation incessante des grandes assises qui lui servent de base, il est évident qu'elle renferme presque tous les éléments contenus dans la couche géologique aux dépens de laquelle elle s'est formée, et ne peut, surtout, renfermer que ceux-là.

Sur toute la portion limitée du territoire correspondant à une même formation géologique, la terre arable doit présenter, en conséquence, la même composition chimique, les mêmes propriétés culturales.

Assurément, sur beaucoup de points, les couches géologiques sous-jacentes sont recouvertes d'un véritable manteau de terrains de transport, arraché parfois à d'autres circonscriptions géologiques. La nature du sol diffère alors de celle du sous-sol. Cela est certain. Quand cette nappe superficielle de terrains de transport présente une certaine épaisseur, elle constitue, cependant, à elle seule, un dépôt presque uniforme, et il suffit d'en déterminer la composition sur quelques points, pour les bien connaître et en discerner les propriétés culturales dans toute son étendue.

Il est possible de tirer, maintenant, de ces observations, les conséquences dont l'expérience de chaque jour tend, d'ailleurs, à montrer tout l'intéret. Le territoire agricole de la France étant divisé en circonscriptions nettement connues et délimitées avec précision par nos cartes géologiques détaillées, il est

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

possible d'appliquer à toutes les terres comprises dans ce périmètre les méthodes culturales et les engrais reconnus profitables à la suite d'une série d'expériences réalisées sur quelques points. Les recherches des agriculteurs les plus éclairés ont, dès lors, une portée nouvelle et des conséquences plus heureuses ; les enseignements qui s'en dégagent présentent un intérêt général, et tous les agriculteurs dont les exploitations sont découpées sur la même formation géologique peuvent désormais en profiter. Vous savez, Messieurs, que le très distingué directeur de l'Institut agronomique, M. Risler, a, depuis longtemps, mis en lumière les résultats si féconds de l'application des études géologiques à l'agriculture comparée. Dans son ouvrage sur la géologie agricole, auquel je faisais allusion tout à l'heure, il a déjà groupé un nombre considérable d'observations et d'exemples qui montrent tout le parti que l'on peut tirer de ces vues si ingénieuses et si profondes.

C'est là, Messieurs, un nouvel exemple des services que peuvent rendre à l'agriculture les applications des sciences. De pareils travaux contribuent, et surtout contribueront dans l'avenir, à accélérer les transformations comme les progrès de notre grande industrie rurale.

De combien de sujets aussi attachants j'aurais à vous entretenir si je pouvais, à loisir, étudier toutes les questions d'ordre scientifique qui intéressent l'agriculture !

Vous connaissez, notamment, les belles recherches de MM. Schlœsing et Muntz sur la nitrification des matières azotées de la terre arable.

Tout le monde sait aujourd'hui, grâce aux expériences classiques de Boussingault, que les nitrates servent d'aliments aux plantes, et l'usage de ces sels est entré depuis vingt-cinq ou trente ans dans la pratique courante. Alors même que l'on n'incorpore pas au sol, sous forme de fumures complémentaires, des nitrates, c'est-à-dire des combinaisons de l'acide nitrique avec des bases diverses, l'analyse chimique nous prouve qu'il existe dans les terres arables de l'azote nitrique. — MM. Schlœsing et Muntz nous ont fait connaître son origine : les matières azotées du sol peuvent être nitrifiées sous l'influence d'un ferment figuré.

Cette découverte a un très grand intérêt agricole. Les remarquables travaux qu'a publiés sur cette question mon ancien professeur, M. Dehérain, le prouvent clairement.

Dans le sol, la nitrification est particulièrement active à l'automne, c'est-à-dire à un moment où beaucoup de terres sont laissées nues en attendant les semailles de printemps.

Or, les nitrates formés ne sont pas retenus par la terre dont le pouvoir absorbant, en ce qui concerne d'autres sels, est pourtant si remarquable.

Il en résulte que l'azote nitrique, entraîné par les pluies, disparaît sans avoir été utilisé par les plantes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« Laisser les terres sans culture pendant l'arrière-saison, dit M. Dehérain, est donc une pratique extrêmement dangereuse. C'est l'occasion de pertes pouvant s'élever à 40 kilos d'azote nitrique par hectare, ou à ce qui existe dans 330 kilos de nitrate de soude valant 76 francs! » Le cultivateur est donc obligé d'acheter des engrais azotés pour compenser des pertes qu'il ne soupçonne pas. Que faudrait-il faire pour éviter ces pertes? M. Dehérain nous l'apprend. Il faut retenir les nitrates formés en confiant aux plantes le soin de les saisir au passage. Dans ce but, les terres nues doivent être ensemencées en vesces, par exemple, et cette récolte enfouie à la fin de l'automne ou au printemps, constitue un excellent engrais vert.

Une pareille pratique peut épargner à nos cultivateurs des dépenses considérables. Vous en comprenez immédiatement le grand intérêt et la portée économique.

N'est-ce pas là encore une transformation de nos méthodes, un progrès dû à l'application d'une découverte scientifique dont les conséquences fécondes n'avaient pas encore été dégagées?

Mais je ne veux pas abuser, messieurs, de votre bienveillante attention. Le titre même de cette conférence vous indique que je ne puis avoir la prétention de traiter et d'approfondir tous les sujets, qu'il me faut simplement indiquer ou souligner d'un trait.

La Plante

Je viens de vous parler du principal des trois agents de transformation agricole de la terre. Il me resterait à vous parler des deux autres : de la plante et de l'animal.

Je crains, toutefois, d'être forcé d'entrer à ce sujet dans des détails trop techniques. Permettez-moi donc de vous dire simplement que le choix des semences, par exemple, peut exercer sur les récoltes une influence très sensible. Autrefois, la richesse saccharine de nos betteraves à sucre ne dépassait guère 7 à 8 p. 100; elle a doublé depuis quelques années, grâce à une méthode attentive de sélection parmi les espèces cultivées.

Vous connaissez les beaux travaux de M. A. Girard sur la culture des pommes de terre. En choisissant avec soin certaines variétés productives, l'éminent agronome a montré que l'on pouvait tripler, et quintupler parfois, nos récoltes ordinaires.

C'est là une transformation et un progrès de la plus grande importance. La pomme de terre ne sert pas seulement à la nourriture de l'homme, elle est utilisée pour la fabrication de la fécule, pour celle de l'alcool, et enfin pour l'alimentation du bétail. Précisément M. Girard vient de compléter ses remarquables travaux en montrant que la pomme de terre doit être considérée comme un aliment d'excellente qualité, et il disait tout dernièrement avec raison : « C'est

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

une richesse nouvelle qu'offrent à l'agriculture française les bénifices établis par ces recherches ; c'est pour les contrées fertiles, où l'élevage et l'engraissement sont déjà en honneur, le moyen d'augmenter le nombre des animaux qu'on y prépare pour la boucherie ; c'est pour les contrées pauvres, où les fourrages herbacés sont d'une culture difficile, où les pommes de terre prospèrent au contraire, le moyen d'entrer en lice et de concourir avec un grand profit à l'augmentation de la production de la viande dans notre pays » (1).

Le blé, lui aussi, cette céréale si précieuse, a été amélioré. On sème des graines plus productives qui permettent d'accroître les récoltes. Mon éminent collègue, M. Dehérain, professeur de physiologie végétale au Muséum d'histoire naturelle et à l'École de Grignon, a cultivé dans le Nord et le Pas-de-Calais une variété de froment qui peut, *dans de bonnes conditions*, donner 40, 50, et jusqu'à 60 hectolitres de blé à l'hectare.

Ces beaux rendements ne peuvent pas être obtenus dans toutes les terres, cela est certain. Mais partout le choix des semences exerce une influence certaine sur les récoltes lorsque l'on donne, d'autre part, à la plante, les aliments, c'est-à-dire les engrais indispensables à son développement.

Est-ce que la reconstitution de notre magnifique vignoble, ruiné par le phylloxera, n'est pas dû à l'emploi des cépages résistants sur lesquels sont greffés nos vignes francaises ? Si l'on n'avait pas choisi une plante capable de résister aux attaques de son ennemi, cette production viticole ne serait peut-être plus qu'un souvenir.

Les travaux de physiologie végétale relatifs à la vie et au développement de la plante nous amèneront quelque jour à augmenter, dans une proportion très sensible, les récoltes de nos champs ou de nos prairies. Nous savons aujourd'hui quelles énormes quantités d'eau traversent les tissus des plantes, et combien ces dernières sont appelées à profiter largement, par exemple, des irrigations bien comprises. Cette question est certainement liée à l'augmentation de nos ressources en fourrages. Dans son livre si instructif sur les irrigations des Bouches-du-Rhône, Barral dit à ce propos : « Le produit brut des terres arrosées est de 1,500 à 3,500 francs par hectare, au lieu de 200 francs à 500 ou 600 francs à peine pour les meilleures terres qui n'ont pas l'avantage de l'irrigation. Le revenu net de l'hectare de terres est, tous frais payés, de 200 à 500 francs, et même davantage, souvent quintuple de celui des terres non soumises à l'arrosage. » Ces résultats exceptionnels ne peuvent pas être obtenus partout ; mais ailleurs, cependant, au Nord ou à l'Est, à l'Est comme au Centre, la meilleure utilisation de la plante par l'irrigation des prairies n'est pas douteuse. Il y a plus. Ce n'est pas seulement la *quantité* des récoltes de fourrages que l'on peut accroître, c'est aussi la *qualité* que l'on peut améliorer. Il faut, pour cela, que le sol fournisse aux

(1) *Bulletin de mai* 1895, p. 593.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

herbes de nos prairies les aliments dont elles ont besoin. Barral dit encore à ce sujet :

« L'avantage de répandre en abondance les engrais nécessaires lorsqu'on irrigue, même avec les eaux qui passent pour les meilleures, est double : la récolte est à la fois plus considérable en poids, et meilleure en qualité. Toutes les analyses que nous avons faites, toutes les observations que nous avons recueillies confirment ce résultat d'une haute importance, surtout pour le cultivateur qui fait consommer par son bétail les denrées qu'il récolte.

« On n'a pas encore pris l'habitude, dans les achats de fourrages, de s'occuper de la richesse nutritive des foins ; on se contente d'examiner les qualités extérieures, souvent trompeuses. On devra aller plus loin dans les transactions. Si l'on engraisse du bétail, on peut facilement reconnaître que l'herbe d'une prairie bien fumée est autrement nutritive et donne des résultats bien plus rapides que l'herbe d'un pré qui vit de l'eau et de l'air du temps. »

Ces simples indications vous montrent, Messieurs, combien est vaste le champ des expériences nouvelles, et combien seront féconds les progrès futurs de notre agriculture dans toutes les voies.

Nous avons déjà accru de 25 p. 100 depuis 30 ans l'étendue consacrée en France à la production des fourrages; nous avons multiplié les irrigations ou assaini nos prairies pour tenir compte des exigences physiologique de la plante. Il nous reste beaucoup à faire. Cette question des fourrages m'amène à vous parler, maintenant, du troisième agent de transformation qu'utilise l'agriculture; je veux parler de l'animal.

L'Animal.

Nous possédons, en France, d'excellentes races d'animaux domestiques. Il s'agissait et il s'agit encore d'augmenter le nombre de leurs représentants, de développer leurs qualités, d'accroître, enfin, grâce à de bonnes méthodes zootechniques, leur valeur aussi bien que les profits attachés à leur entretien. — A ces divers points de vue, de grands progrès ont été réalisés. Le bétail, pris dans son ensemble, n'est pas seulement plus nombreux; son poids a été accru, de telle sorte que cette transformation atténue les diminutions d'effectifs constatés pour certaines espèces comme les ovidés, on augmente l'intérêt de l'élévation du nombre des autres catégories. — Le choix de meilleures variétés, la précocité, c'est-à-dire le développement plus rapide du sujet sous l'influence combinée de l'hérédité et d'une alimentation plus abondante ou de rations mieux constituées, enfin, la meilleure utilisation de la machine animale caractérisent, on peut l'affirmer, l'agriculture française durant ces dernières années.

On peut citer, à cette occasion, un sujet intéressant, qui se rapporte précisément à la question des fourrages dont nous parlions tout à l'heure.

On s'imagine communément, et bien à tort, que tous les foins de nos prairies,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

toutes les avoines, et presque tous les aliments donnés au bétail ne diffèrent guère entre eux quand ils ont été récoltés dans de bonnes conditions. — C'est là une erreur grave.

Les différences que présentent dans leur composition immédiate quantitative les principaux fourrages ou les aliments les plus connus sont extrêmement notables. Ainsi, la teneur de l'avoine en protéine brute varie de 7 à 20 p. 100!

Pour les foins, la teneur en protéine, la proportion de chaux ou de phosphates ou d'eau varient dans des limites très étendues.

Il est donc impossible de soutenir que ces aliments ont tous une égale valeur nutritive. — Les grandes administrations qui ont à nourrir un nombre considérable de chevaux ont été forcées de tenir compte de ces considérations et de procéder régulièrement à des analyses pour apprécier la valeur réelle des aliments fournis à leur cavalerie. Il est clair, Messieurs, que les agriculteurs qui nourrissent tant de millions d'animaux auraient, eux aussi, intérêt à connaître la composition des aliments dont ils disposent. La santé et le développement de leur bétail dépend de la qualité aussi bien que de la quantité des fourrages dont ils opèrent la transformation. — En ajoutant au sol les substances qui lui font défaut, ou en corrigeant les défauts de composition de leurs fourrages par des mélanges avec des aliments achetés au dehors, les agriculteurs peuvent remédier aux inconvénients que l'expérience scientifique a révélés. Il y a plus. On admet trop souvent, sans raisons et sans preuves, que l'alimentation des animaux de ferme doit être assurée *exclusivement* par les fourrages et les grains récoltés dans les exploitations rurales. C'est là une erreur. Sans doute, le foin de prairie, les racines, doivent former la base de cette alimentation; mais il est presque toujours possible de substituer *en partie* aux denrées produites sur le domaine, des matières achetées au dehors, et dont l'emploi constitue un avantage notable, parce qu'il permet de réaliser une économie.

Lorsqu'il s'agit de nos chevaux de ferme, qui travaillent toujours à l'allure lente, le foin est employé et constitue la base de l'alimentation.

Mais on peut substituer à la protéine contenue dans l'avoine celle que renferment le maïs, la féverolle, les tourteaux, etc. etc. — Dernièrement, à l'école de Grignon, des expériences répétées ont démontré, une fois de plus, que cette méthode de constitution des rations pour les chevaux de labour était aisément réalisable. On a remplacé progressivement l'avoine par un aliment concentré dont la teneur en protéine était double à prix égal. Le bénéfice réalisé s'est élevé à plus de 0 fr. 50 par cheval et par jour, sans que la vigueur des animaux et leur poids aient diminué.

La même pratique peut être recommandée en ce qui concerne les animaux de l'espèce bovine. Une composition intelligente des rations permet de réaliser des économies très importantes. Là encore, vous le voyez, la science vient au

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

secours du cultivateur en l'éclairant; elle facilite les transformations et les progrès que j'avais à vous signaler!

Certes, Messieurs, je voudrais pouvoir développer chacune de ces idées, et vous montrer avec quelques détails les progrès accomplis. Vous devinez sans peine que je ne le puis pas. Ce que je vous ai dit suffira, je l'espère, à vous prouver que l'agriculture peut faire de grands progrès et que la marche en avant de la science ouvre à nos espérances un champ sans limites. Chose curieuse, l'agriculture a été l'une des premières industries; on a cultivé un peu au hasard; l'empirisme grossier des premiers hommes a paru longtemps suffisant au développement de la production. Il n'en était rien. Nous savons aujourd'hui que l'avenir de cette industrie est lié, au contraire, intimement, aux découvertes scientifiques.

Pour vous faire toucher en quelque sorte du doigt l'influence des progrès déjà accomplis, il me suffira maintenant de vous indiquer brièvement l'accroissement ininterrompu de la valeur du produit brut de l'agriculture depuis un siècle. Je veux dire par là que je vais essayer de vous indiquer la *valeur* de ce « *produit brut* », *c'est-à-dire de toutes les denrées vendues par l'agriculture ou consommées par le producteur lui-même.*

Le produit brut de l'agriculture française.

Ce produit s'élevait déjà à plus de 2 milliards 700 millions en 1789, d'après les évaluations de Lavoisier, un grand chimiste qui était en même temps agriculteur et statisticien.

En 1815, ce produit ne dépassait guère 3 milliards, malgré l'élévation du prix de la plupart des denrées agricoles. L'influence désastreuse des guerres de la Révolution et de l'Empire explique malheureusement trop facilement la lenteur de ce développement.

Mais en 1848, Messieurs, après de longues années de paix, la valeur attribuée au produit agricole atteint 5 milliards. En 1870, ce chiffre dépasse 7 milliards. Aujourd'hui, il est probable que notre production agricole s'élève à 10 ou 11 milliards. La valeur de cette production a donc quadruplé depuis 1789, triplé depuis 1815, et doublé depuis 1848. L'augmentation de la *quantité* même des produits n'explique pas seule ce développement si rapide de la *valeur* attribuée au produit brut agricole. Les prix se sont élevés depuis 1805 jusqu'à 1815. Ils se sont abaissés, au contraire, ou sont restés stationnaires depuis 1815 jusqu'à 1848. Ils ont augmenté avec une extraordinaire célérité sous le second empire, et même jusqu'en 1875. Aujourd'hui, Messieurs, vous savez que la baisse s'est de nouveau fait sentir; l'influence de cette fluctuation a été très marquée. La crise agricole, sensible dans l'Europe entière, a été la conséquence de ce phénomène économique. Il affecte douloureusement la situation de beaucoup de nos agriculteurs,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mais l'expérience et l'étude du passé nous amènent à penser que le développement de notre agriculture ne sera pas arrêté par cette crise. J'ai la conviction que cette dernière n'exercera qu'une influence passagère sur l'élévation du produit brut agricole. A d'autres époques, nous avons assisté également à une baisse soudaine des prix, et les conséquences de ce phénomène ont été celles que nous constatons en ce moment. Il en a été ainsi depuis 1820 jusqu'à 1840, non seulement en France, mais dans l'Europe entière Si douloureuse qu'ait été cette crise, elle a été oubliée durant les années de prospérité qui l'ont suivie. Nous oublierons aussi celle dont il est tant parlé aujourd'hui et nous continuerons, cependant, à bénéficier des progrès dont je vous parlais tout à l'heure. Pour être complet, il me faudrait ajouter à leur énumération l'étude des transformations de nos moyens de transport, et je devrais vous en montrer les conséquences. Grâce à ces transformations et à l'abaissement des tarifs, on a vu les débouchés devenir plus larges, les prix ont été nivelés dans l'intérieur de la France, et partout il est devenu possible de multiplier à la fois les transports des matières qui fertilisent et la quantité des produits obtenus grâce à leur emploi.

Intérêt social des progrès agricoles.

Enfin, nous ne devons pas oublier le côté social des transformations agricoles. Ce ne sont pas seulement les propriétaires ou les entrepeneurs de culture qui en ont bénéficié. Les ouvriers et les domestiques agricoles ont vu leurs salaires et leurs gages augmenter aussi bien que leur bien-être depuis quarante ou cinquante ans.

Ce ne sont pas là, Messieurs, des affirmations sans preuves. Je sais quel intérêt vous attachez avec raison à l'observation des faits. Voici les chiffres que j'emprunte à la comptabilité d'une ferme de l'Orléanais :

Variations des prix des gages des domestiques (nourriture non comprise) de 1810 à 1893 (1)

	1810 à 1820	1821 à 1830	1831 à 1840	1841 à 1850	1851 à 1860	1861 à 1870	1871 à 1880	1881 à 1890	1891 à 1893
	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
Premier charretier . . .	270	290	300	320	400	480	560	750	750
Deuxième — . . .	200	230	250	280	350	400	450	500	500
Troisième — . . .	150	170	180	200	280	300	400	450	400
Quatrième — . . .	100	105	110	120	130	150	200	250	200
Première servante	135	150	160	180	250	300	320	400	400
Deuxième — . . .	90	100	110	120	»	»	»	»	»
Vacher ou garçon de cour.	. . .	. . .	. . .	. . .	450	600	720	600	600
Jardinier	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	500	600	650	700

(1) *Journal d'Agriculture pratique*, numéro du 31 janvier 1895 (article de M. Convert).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Non seulement l'accroissement des salaires ou gages est nettement marqué, surtout à partir de 1851, mais on peut voir encore que la rémunération du travail manuel ne s'est pas abaissée à partir de 1881 ou 1890, malgré la diminution de la valeur du sol.

Ce dernier phénomène, si intéressant et si curieux même, peut être observé ailleurs que dans l'Orléanais. Les renseignements suivants, puisés dans la comptabilité d'une ferme de l'Aisne (arrondissement de Château-Thierry), le prouvent très clairement :

Ferme de X..., arrondissement de Château-Thierry

	GAGES EN ARGENT (nourriture non comprise)		
	1874	1882	1892
	fr.	fr.	fr.
Premier charretier.	500	600	600
Deuxième —	450	500	525
Troisième —	350	400	425
Chargeur en moisson	500	525	550
Vacher	600	650	700
Servante	300	350	450
Berger (non nourri)	1 000	1 050	1 050

Depuis 1882 jusqu'à 1892, les fermages et le prix des terres ont diminué de 25 ou 30 p. 100, et cependant les gages sont restés stationnaires ; parfois même ils se sont élevés!

La condition des salaires ruraux s'est donc améliorée. On ne saurait le nier en présence de ces faits.

Le développement de la production agricole a été favorable aux plus pauvres, et nous nous réjouissons tous de cette heureuse conséquence. Il est bon, toutefois, de la signaler à ceux qui accusent la société de rendre le pauvre de plus en plus pauvre et le riche de plus en plus riche. Ce reproche n'est pas mérité. A mesure que la richesse de la culture se développait, on a vu, au contraire, augmenter la part absolue et relative du salarié rural, tandis que diminuait celle du propriétaire, ce capitaliste dont on a tant médit.

Voici, par exemple, le tableau des résultats financiers de l'exploitation d'un domaine rural en 1840 et 1894.

Il y a cinquante ans, le fermage et les impôts s'élevaient à 65 francs par hectare, et représentaient **21** p. 100 du produit brut. Aujourd'hui, la part attribuée au propriétaire et au fisc atteint 84 francs, et ne représente plus que **11** p. 100 du produit!

Est-ce là une exception? En aucune façon. Une étude d'ensemble nous conduit à la même conclusion.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

	ANCIENNE CULTURE		NOUVELLE CULTURE	
	Par hectare.	p. 100.	Par hectare.	p. 100.
	francs		francs	
Fermage, impôts	65	21.7	84	11.»
Salaires	78	26.0	192	24.9
Frais généraux	41	13.7	74	9.6
Achat de matières	78	26.0	292	38.0
Bénéfices	38	12.6	128	16.5
Produit brut total	300	100.0	770	100 0

En 1790, le produit brut de l'agriculture française s'élevait à 2 milliards 700 millions de francs, et le revenu des propriétaires ne dépassait pas sans doute 1 milliard 100 millions. La « rente » représentait donc **40** p. 100 du produit. Aujourd'hui, pour un produit total de 11 à 12 milliards, le revenu net des biens-fonds ruraux ne dépasse pas 2 milliards, et la part attribuée aux propriétaires s'abaisse à **24** p. 100!

Ces résultats sont dignes de fixer votre attention. Vous le voyez, à mesure que les progrès agricoles sont plus marqués et le développement de la production plus sensible, la part relative du propriétaire diminue! La fraction du produit brut attribuée aux entrepreneurs de culture sous forme de bénéfices, et surtout aux ouvriers à titre de salaires, est donc de plus en plus considérable. Elle a presque doublé en France depuis un siècle! N'est-ce pas là encore une transformation et un progrès?

Au moment où l'on prétend que les riches deviennent plus riches et les pauvres plus pauvres, les faits infligent aux pessimistes et aux adversaires irréconciliables de notre organisation sociale un éclatant démenti.

Il faudrait pourtant accomplir encore une transformation et un progrès bien désirables; il faudrait ramener à la terre les intelligences, les capitaux, et faire partager à notre jeunesse française cette conviction que nulle part mieux que dans les champs un homme instruit et actif ne peut trouver l'emploi de ses qualités. Il faudrait la pousser, cette jeunesse laborieuse et intelligente, à venir dans nos campagnes. Comme Antée, elle reprendrait de nouvelles forces en touchant la terre. Son exemple et l'expérience acquise accélérerait les transformations fécondes, et ce ne serait pas seulement l'agriculture qui bénéficieraient de ce progrès de nos mœurs; en accroissant la puissance de notre industrie agricole, on aurait fait grandir en même temps la richesse et la puissance de notre cher pays.

D. Zolla.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS CHIMIQUES

COMMUNICATION PAR M. C. BARDY, *membre du Conseil*, SUR LE PROCÉDÉ DE TRAITEMENT DES TÉRÉBENTHINES BRUTES DE M. GABRIEL COL

Les exsudations naturelles ou provoquées des végétaux appartenant à la famille des conifères sont constituées en grande partie par une substance molle appelée térébenthine, formée par un mélange à proportions variables de résines acides et d'hydrocarbures.

Les térébenthines, suivant leur provenance et suivant les végétaux d'où elles sont extraites, portent des noms spéciaux ou jouissent de propriétés particulières qui les font rechercher dans les arts; c'est ainsi que l'industrie exploite : la térébenthine de Venise et de Suisse extraite du mélèze, la térébenthine ou baume du Canada provenant de l'Abies balsamea, la térébenthine ou poix de Bourgogne fournie par l'Abies excelsa, la térébenthine de Bordeaux produite par le Pinus maritima, etc.

La récolte de cette dernière est l'objet en France d'un très grand commerce, elle se pratique principalement dans les Landes de Gascogne.

Les procédés usités pour cette récolte, sauf de très légères variations, sont les mêmes dans les diverses régions; ils sont tellement connus qu'il est inutile de les rappeler ici.

La production française s'élève à 60 ou 70 000 tonnes; les États-Unis d'Amérique produisent de 250 à 300 000 tonnes; l'Espagne de 3 600 à 4 000 tonnes; la Russie entre en ligne, elle a des forêts au Caucase, à Tiflis, etc., mais on ignore le chiffre exact de sa production.

On considère que l'Amérique est à son maximum de production, mais que la France arrivera d'ici à une dizaine d'années à produire de 80 à 100 000 tonnes, par l'exploitation des semis arrivés à l'état adulte et aussi par l'aliénation, probable d'ici là, des 27 000 hectares de pins superbes que possède l'État dans les dunes du littoral.

La consommation actuelle absorbe toute la production; les principaux usages des produits résineux sont : la fabrication des huiles de résine, des savons, des enduits pour tonneaux à bière, l'encollage des papiers, le goudronnage des navires, la préparation des mastics à bouteilles et des chandelles de résine encore usitées en Bretagne, en Vendée, dans la Saintonge et dans les Pyrénées, etc.

L'exploitation industrielle des résines est de date relativement récente en France; autrefois les maigres récoltes qui étaient recueillies dans les solitudes immenses des Landes de Gascogne étaient distillées par des procédés rudimentaires : une cucurbite chauffée à feu nu, une rallonge et un condenseur formaient

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tout l'appareil. Une bassine également chauffée à feu nu et à air libre, servait à fondre la gemme. Les essences obtenues dans ces conditions étaient souillées par des huiles de résine et le brai retiré de la chaudière était extrêmement foncé; mélangé d'eau, ce brai servait à fabriquer ce que l'on appelait des chandelles de résine, sortes de torches préparées dans les métairies elles-mêmes.

Le plus souvent même on ne distillait pas les galipots dits *barras*. On se bornait à les cuire à feu nu, perdant ainsi l'essence, et l'on procédait directement à la fabrication des chandelles. Pour cela on immergeait dans la résine fondue de l'étoupe ou des chiffons roulés en forme de mèche, puis avec la main mouillée, on faisait tomber l'excès de résine et l'on façonnait cette grossière chandelle en la roulant sur une table en bois humectée d'eau. Un semblable éclairage ne pouvait être utilisé que sous l'âtre des vastes cheminées d'alors.

Cet état de choses dura jusque vers 1840. A cette époque les Landes *rases* n'avaient aucune valeur, on les appelait « vacants »; elles servaient presque uniquement au parcours des troupeaux, vaches et brebis. Quant aux landes ensemencées de pins, elles ne fournissaient que la maigre récolte de résine et un peu de bois pour les emplois locaux; le reste du bois pourrissait sur place, faute de moyens de transport.

Dans beaucoup d'endroits les terrains se trouvaient, pendant l'hiver, transformés en marécages, lesquels, au printemps, engendraient des foyers de pestilence; aussi les fièvres paludéennes, les fièvres intermittentes, la pellagre, le goître, etc., étaient le lot des habitants de ces déserts que rien n'engageait à assainir.

Les emplois de la résine ayant commencé à se répandre en dehors de la zone de production, on apporta un peu plus de soin à leur préparation. On avait remarqué que les térébenthines contenant une assez forte quantité d'eau de pluie se distillaient plus facilement que celles qui ne renfermaient que leur eau de végétation; on imagina alors de surmonter les rallonges des cucurbites d'un entonnoir permettant d'instiller de l'eau pendant la distillation; c'est cette pratique qui est l'embryon de la distillation aqueuse qu'on retrouve encore dans presque tous les vieux ateliers des Landes.

De tous temps les térébenthines brutes, avant cuisson ou distillation, étaient fondues à l'air libre dans des chaudières chauffées à feu nu, afin de séparer les impuretés; on filtrait la matière chaude sur un lit grossier de paille ou de fougère et les résidus très gras qui provenaient de cette opération préliminaire étaient placés dans un four vertical, ovoïde, dit « four à peigles »; on mettait le feu à la partie supérieure du four et on recueillait au bas, au moyen d'une canule en fer, quelques kilogrammes d'un goudron puant et noirâtre utilisé pour le calfatage des navires en bois, la préservation des cordages, des toiles à voile, etc.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les emplois des produits résineux allèrent toujours en augmentant; on entreprit la fabrication des huiles de résine; l'usage des colles végétales, à base de colophane, commença à se répandre dans les fabriques de papier, etc. Cependant la fabrication des produits résineux n'avait pas fait un grand pas, la guerre de Sécession survenant et supprimant la production résineuse américaine qui jusqu'alors alimentait les divers marchés, la production française fut tout à coup appelée à suffire à la consommation universelle. Sous l'empire de la spéculation, les cours des résines, oscillant péniblement entre 11 et 18 francs les 100 kilos, arrivèrent par une progression rapide à 60 francs, ils atteignirent même, de mai à juillet 1863, la cote de 70 à 75 francs. L'essence de térébenthine passa de 90 francs les 100 kilos à 258 francs sur le marché de Bordeaux et les brais montèrent de 8 à 52 francs.

Cet âge d'or fut de courte durée, mais il profita aux Landes; c'est de ce moment en effet que date le grand courant qui a transformé et assaini les Landes, qui a refoulé les maladies cutanées et endémiques, fait ensemencer les espaces déserts, apporté en un mot la richesse dans la région ; l'hectare de pins vaut en effet actuellement de 300 à 600 francs et la production résinière, qui avant 1862 n'était que de 15 à 20 000 tonnes, est arrivée au chiffre respectable de 60 à 70 000 tonnes, donnant lieu à un revenu de plus de 10 millions de francs à la propriété.

Les bois coupés ont acquis une valeur qui est fonction des moyens de transport et la population rare et malingre de ces régions autrefois déshéritées s'est transformée, au bout de deux générations, en une race solide et résistante.

Les perfectionnements dans la fabrication de l'essence et de la colophane n'ont pas suivi le développement considérable de la consommation; actuellement encore dans beaucoup d'endroits, on fabrique l'essence par les procédés primitifs, soit en distillant à cru, c'est-à-dire sans séparer les impuretés de la gemme, soit en térébenthinant, c'est-à-dire en faisant fondre préalablement la gemme à feu nu dans de grandes chaudières, ce qui occasionne une perte notable d'essence. En 1863, M. G. Col, industriel à Casteljaloux (Lot-et-Garonne), fit breveter l'injection de vapeur dans la cucurbite, en place de l'introduction de l'eau.

Ce système a été perfectionné en 1876. Le nouveau système mixte proposé gardait la forme des appareils primitifs agrandis et modifiés dans leurs détails, il associait le chauffage à la vapeur par serpentin à l'injection brevetée en 1863, mais conservait toujours le chauffage principal par le feu nu. Ce système a été adopté chez les fabricants les plus soigneux, auxquels il avait été libéralement offert; il est depuis lors généralement employé.

L'emploi de la vapeur surchauffée a été préconisé, mais il ne semble pas qu'il ait été sérieusement appliqué.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Tous ces appareils avaient le grave défaut d'altérer la colophane par suite de la surchauffe des parois de l'alambic par le feu ou par la vapeur surchauffée et, comme conséquence, de fournir des essences souillées d'huile de résine qu'il fallait soumettre à la rectification si on voulait les livrer pures au commerce. Cette rectification, en dehors des frais de main-d'œuvre et de combustible, entraîne une perte de 5 à 7 p. 100 d'essence.

M. Gabriel Col a poursuivi ses recherches, il a imaginé une série de dispositifs très ingénieux qui paraissent appelés à modifier complètement cet état de choses par trop rudimentaire et qui contribueront à doter cette intéressante fabrication d'appareils et de procédés lui permettant d'occuper une place honorable dans l'industrie des produits chimiques.

Les travaux de M. Col ont porté d'une part sur le traitement préliminaire que doit subir la gemme avant sa distillation, et, d'autre part, sur le mode d'extraction de l'essence et la fabrication de la colophane.

C'est l'ensemble de ces travaux que M. Col a soumis à la Société d'Encouragement.

Quelques explications rapides feront comprendre l'économie de la méthode de M. Col.

1° TRAITEMENT PRÉLIMINAIRE DE LA GEMME

Nous avons dit plus haut que la térébenthine brute recueillie en forêt arrive à l'usine souillée de débris végétaux et terreux, et que l'opération dite du térébenthinage a pour but de la séparer le plus possible de ces impuretés. Telle qu'elle est pratiquée actuellement, elle constitue une opération grossière, éliminant les débris d'écorces, les aiguilles de pin, les particules de terre, mais laissant dans la gemme une foule de débris végétaux et minéraux de petite dimension, ainsi que toutes les poussières. La présence de ces corps dans le produit a deux résultats fâcheux : d'une part, en effet, les produits végétaux se détruisent partiellement pendant la chauffe et contribuent dans une large mesure à augmenter la coloration de la colophane et, d'autre part, les poussières et les fins détritus minéraux, impossibles à retenir par le filtrage final, communiquent à cette colophane un aspect louche, la « poivrent », comme l'on dit, et par suite la déprécient.

De plus, pendant la fusion de la gemme dans les chaudières de térébenthinage, il se dégage constamment une buée formée par un mélange de vapeurs d'eau et de vapeurs d'essence de térébenthine, qui amènent une perte sensible d'essence et créent des dangers constants d'incendie.

Pour remédier à ces inconvénients, M. Col a eu l'idée d'opérer la fusion de la gemme en vase clos, par la vapeur seule, après l'avoir au préalable additionnée d'une petite quantité d'essence de térébenthine.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'appareil qui sert à réaliser cette opération, et qu'il a appelé *appareil fractionnaire*, est un alambic formé par un grand cylindre à double enveloppe pouvant contenir 2 à 3 tonnes de matières, placé horizontalement, muni d'un agitateur axial à palettes et surmonté d'un large entonnoir à enveloppe de vapeur détendue, dans lequel on vide la gemme brute arrivant de la forêt. La partie supérieure du cylindre est mise en relation avec un serpentin refroidi; la partie inférieure est munie d'une large vanne communiquant par une canalisation avec des chaudières en tôle rivée appelées cuves de décantation.

A l'aide d'une glissière on fait tomber la matière dans le cylindre, on ajoute 6 p. 100 d'essence de térébenthine, on met l'agitateur en mouvement et en même temps on introduit de la vapeur dans la double enveloppe du cylindre.

Suivant la température extérieure on porte la masse à 80 ou 100°.

Lorsque la gemme est bien fluidifiée, on la fait écouler dans les cuves de décantation.

Ces cuves, d'une contenance de 2 500 à 3000 kilos, sont soigneusement revêtues de matériaux non conducteurs; elles sont munies d'un couvercle à joint hydraulique, communiquent par un tuyau avec un serpentin refroidi et portent à leur partie inférieure un tube d'injection de vapeur.

Au moment de la coulée, on fait arriver dans la cuve un jet de vapeur destiné à chasser l'air; au bout de quelques instants de refroidissement un vide partiel se produit, c'est à ce moment que l'on fait arriver la gemme fluidifiée.

On abandonne le tout au repos pendant vingt-quatre heures. Au bout de ce temps la masse se trouve partagée en trois couches : la couche supérieure est formée par la matière résineuse encore assez fluide pour pouvoir être passée au travers d'un tamis métallique destiné à retenir les débris ligneux qu'elle tient en suspension; la couche du milieu qui est de l'eau assez fortement colorée; la couche inférieure, constituée par toutes les substances minérales ou organiques, de densité supérieure à l'eau, qui salissaient la gemme.

La séparation de ces trois couches est excessivement nette; il est donc extrêmement facile de les isoler les unes des autres. Cette séparation est un des grands avantages de la nouvelle méthode; elle est due à l'addition de l'essence qui augmente la fluidité de la masse résineuse et en diminue la densité.

Les résidus solides provenant de cette première opération, débris ligneux et dépôts boueux, sont recueillis; nous verrons plus loin quel traitement complémentaire on leur fait subir.

La matière résineuse, privée d'eau et séparée des débris ligneux, se présente sous la forme d'un liquide épais, opalin, blanchâtre; elle est emmagasinée dans des caisses cylindriques en fer, d'une contenance de 80 à 100 kilos et se trouve prête pour subir l'opération de la distillation proprement dite.

Pendant le cours de cette fusion méthodique, il se dégage des vapeurs d'eau

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et d'essence de térébenthine qui sont collectées par une canalisation, condensées et recueillies. On évite ainsi la perte de 3 à 4 p. 100 d'essence qui se produisait par l'ancien système de chaudières ouvertes, et tout danger d'incendie se trouve écarté.

L'addition de l'essence, dans le but de diminuer la densité de la gemme et de permettre une séparation parfaite des éléments, est une modification des plus heureuses dans la fabrication des produits résineux; elle assure à la nouvelle méthode une supériorité incontestable sur tous les procédés actuellement en usage.

Avant de passer à la description de l'opération importante, la distillation de l'essence et la fabrication de la colophane, il est utile, afin de ne rien laisser en arrière, de dire deux mots sur le traitement des résidus provenant du décantage de la gemme.

Ces résidus, débris ligneux et minéraux, sont encore imprégnés mécaniquement d'essence et de résine; ils renferment en outre, sous forme d'agglomérats plus ou moins gros, des particules de gemme difficilement fusibles qui ont résisté à la fusion première. Pour récupérer ces produits utiles, perdus jusqu'à ce jour, ou desquels on ne retirait qu'un très mince profit, on place les boues séparées par la décantation et le tamisage de l'opération précédente, additionnées des raclures des ateliers, des bouchons en fougère qui obturent les fûts de gemme brute pendant le transport, en un mot de tous les déchets de fabrication, dans des paniers rectangulaires à fond perforé, lesquels au nombre de six sont introduits dans une sorte d'étuve formée par une caisse rectangulaire à fond convexe incliné, pourvue d'un couvercle à joint hydraulique. Cette caisse communique, d'une part, avec un serpentin et, d'autre part, au moyen du tube partant de l'extrémité basse du fond incliné, avec un réservoir destiné à recueillir les matières qui s'écouleront des paniers.

On envoie dans le système un jet de vapeur détendue qui échauffe peu à peu la masse, détermine le départ de l'essence et la séparation complète de toute la substance résineuse.

Les vapeurs sont recueillies et condensées; quant aux matières résineuses, elles s'accumulent dans le réservoir qui leur est destiné, et servent à produire, par une opération de distillation identique à celle que subit la gemme de bonne qualité, des brais de qualité secondaire.

L'opération finie, on retire les résidus ligneux et terreux totalement épuisés et suffisamment secs pour pouvoir être utilisés comme combustible.

2° DISTILLATION DE LA GEMME

C'est l'opération essentielle et délicate de la fabrication.

L'appareil dans lequel on la réalise est un alambic formé par une partie de cylindre terminé en haut et en bas par deux troncs de cône.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La petite base du cône supérieur est mise en relation, par un col de cygne en cuivre, avec un serpentin à très grande surface immergé dans une bâche à eau ; une trémie d'introduction, pouvant contenir une charge entière, soit 420 kilos, surmonte l'appareil. Le cône supérieur supporte en outre : les introductions de vapeur, une soupape de sûreté, un thermomètre et un manomètre.

Au cône inférieur se trouve adaptée une large vanne en bronze destinée à évacuer la colophane terminée, ainsi que les sorties de la vapeur de chauffage.

L'appareil est en tôle d'acier, la partie cylindrique ainsi que les deux cônes sont à double enveloppe ; cette double enveloppe reçoit de la vapeur directe à 4 kilos et demi environ.

A l'intérieur de l'appareil se trouve un serpentin en cuivre rouge, de gros diamètre, de large surface et construit d'un seul morceau. Ce serpentin reçoit de la vapeur directe à 4 kilos et demi.

Au centre de ce serpentin, et à la partie inférieure, existe un tube d'injection de vapeur terminé par une large pomme d'arrosoir.

La vapeur venant du générateur, avant son admission, soit dans la double enveloppe, soit dans le serpentin, soit dans le tube d'injection, est soigneusement purgée de toute eau de condensation par son passage dans une bouteille en tôle rivée munie d'une décharge automatique.

Le problème à résoudre était le suivant :

Extraire, dans le plus court espace de temps et à la plus basse température possible, la totalité de l'essence contenue dans la gemme brute de manière à éviter toute destruction, par le feu, de la colophane, et par suite toute coloration nuisible et, en fin d'opération, retirer de l'alambic la matière aussi exempte d'eau que possible.

Les dispositifs décrits ci-dessus permettent de satisfaire pleinement à ces conditions.

Voici comment fonctionne l'appareil.

Aussitôt qu'une opération est terminée, on ferme la vanne de déchargement et on ouvre la vanne d'introduction ; la gemme maintenue liquide dans le cône d'introduction (lequel est à double paroi avec injection de vapeur détendue et renferme 420 à 430 kilos de produits résineux) descend à une température de 50 degrés environ dans l'appareil ; aussitôt on envoie la vapeur dans le serpentin et on donne la vapeur d'injection. La température de la matière, accusée par le thermomètre, monte régulièrement et rapidement jusqu'à 100-105° ; à ce moment la distillation commence ; il s'échappe d'abord des gaz incondensables, puis on voit couler du serpentin un fort jet de liquide verdâtre ; c'est un mélange d'essence de térébenthine et d'eau souillée par les derniers produits de la distillation précédente. Ce premier liquide lave le serpentin ; il est mis à part jusqu'à ce qu'il s'écoule incolore ; la durée de sa coulée n'est que de une ou deux minutes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le thermomètre, suivant sa marche ascensionnelle, monte progressivement jusqu'à 150-155°, le jet de liquide augmente et s'écoule dans un récipient florentin destiné à séparer l'essence de térébenthine de l'eau de condensation. Au bout de 20 minutes environ, le jet se ralentit, ou du moins l'eau de condensation ne renferme plus beaucoup d'essence et, de plus, cette essence commence à se teinter en jaune. On coupe la communication du serpentin avec le vase florentin à essence pure, et on fait couler jusqu'à la fin, en mélangeant ces produits de queue avec les premiers produits verdâtres provenant du commencement de la distillation. A ce moment, la majeure partie de l'essence est passée à la distillation, et il ne reste dans l'appareil que de la colophane qu'il faut cuire pour en extraire les dernières traces de produits volatils, à point d'ébullition supérieur à celui de l'essence proprement dite, dont la présence communique à la masse un toucher poisseux qui la déprécierait. Cette cuisson dure environ 15 à 18 minutes. Lorsque l'eau de condensation ne renferme presque plus de globules de produits volatils, le thermomètre étant arrivé à 150-156°, on arrête la vapeur d'injection, et on ouvre la vanne de sortie, après avoir eu le soin d'amener au-dessous de celle-ci un wagonnet en cuivre rouge à double fond. La colophane liquide s'écoule en nappe de l'appareil et va s'emmagasiner dans le wagonnet, après avoir passé à travers un tamis en toile métallique (n° 160), où elle se purifie des quelques impuretés qu'elle aurait pu retenir encore mécaniquement.

L'opération, chargement et déchargement compris, dure 40 à 41 minutes. Un seul appareil permet donc de travailler 7500 kilos de résine par jour de 12 heures.

Les essences de tête et de queue mélangées, recueillies à part, sont conservées pour être additionnées à la gemme brute dans l'appareil de distillation fractionnaire dans lequel se fait la désagrégation et la décantation de la gemme. Quant à l'essence de térébenthine, elle est immédiatement emmagasinée dans de grands bacs où elle s'éclaircit en laissant déposer la petite quantité d'eau qui, par son interposition, lui communiquait une légère opalescence.

Cette essence est incolore, brillante, son odeur est exempte de celle des produits de destruction ignée, elle présente tous les caractères de l'essence de térébenthine rectifiée du commerce.

La colophane extraite de l'appareil est presque complètement exempte d'eau ; c'est là un point capital, car l'on sait que s'il en était autrement, elle aurait un aspect un peu louche qui nuirait à son emploi dans plusieurs de ses applications et qui lui enlèverait une partie de sa valeur marchande.

Ce résultat est atteint par suite de la bonne disposition de l'appareil, aucune condensation ne pouvant s'y produire soit du fait du refroidissement de ses parois, soit du fait de la détente de la vapeur d'injection ; cette dernière agit

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

comme un gaz sec et inerte qui entraîne mécaniquement la vapeur d'essence de térébenthine au fur et à mesure qu'elle se trouve détachée de la masse par le brassage énergique de l'injection.

Le wagonnet, rempli de colophane, est mis par son double fond en relation avec un tube de vapeur qui maintient la température de la masse à un degré assez élevé pour que les dernières traces de vapeur d'eau s'éliminent rapidement. On reconnaît que le résultat est atteint lorsque la surface de la matière en fusion est devenue absolument tranquille. A ce moment on vide la colophane dans des bassines à bec pour la transvaser soit dans des plateaux de 15 kilogrammes, si la colophane doit être soumise ultérieurement à l'action des rayons solaires, soit dans des mouleaux démontables qui la laissent, après refroidissement, en cylindres de 90 à 100 kilos.

L'absence de toute surchauffe pendant l'opération de la distillation de l'essence de térébenthine et la cuisson de la colophane est particulièrement avantageuse, car elle permet l'obtention de colophanes beaucoup moins colorées que par les procédés actuellement usités; or, tout gain dans la coloration de la colophane correspond à une augmentation de valeur marchande.

On sait en effet que le cours des colophanes, arcansons et brais est réglé par la cotation américaine qui est universellement adoptée.

Voici cette classification :

Colophanes.	W. W.	(Water Wite).
	W. G.	(Window glass).
	N.	(Extra pâle).
	M.	(Pâle).
	K.	(Low pâle).
Brais clairs ou arcansons. .	J.	(Good n° 1).
	H.	(N° 1).
	G.	(Low n° 1).
	F.	(Good n° 2).
	E.	(N° 2).
	D.	(Good strained).
	C.	(Strained).
	B.	(Common strained).
	A.	(Common).

Les colophanes sont des marchandises de très belle qualité, de couleur ambrée plus ou moins pâle.

Les arcansons ont une couleur plus ou moins rouge.

Les brais sont en général très foncés, presque noirs.

Le W. W. vaut environ 16 fr. 80 les 100 kilos tandis que le K. n'est coté que 11 fr. 50; une très légère différence de coloration suffit donc pour créer un écart de prix très important entre deux colophanes; ce point seul suffirait pour donner

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

une supériorité incontestable aux colophanes distillées à la vapeur par le procédé G. Col, car, d'après ce qui a été dit plus haut, on conçoit facilement qu'une même gemme, distillée par les procédés actuels de la vapeur et du feu nu combinés, ne pourra jamais arriver à fournir une colophane d'une teinte aussi pâle que si elle a été traitée par la vapeur seule après avoir été débarrassée de tous les produits étrangers qui, par leur présence pendant la cuisson, pouvaient contribuer à augmenter sa coloration.

En résumé, le système de traitement des gemmes imaginé par M. G. Col est très bien conçu et réalisé :

Il donne le maximum de rendement en essence et en colophane puisque toutes les pertes par volatilisation sont supprimées et que les résidus sont rejetés complètement épuisés;

La colophane est de qualité beaucoup plus belle que celle obtenue par les appareils autrefois existant;

La manœuvre et la conduite des appareils est tellement simple qu'elle peut être confiée pour ainsi dire sans aucun apprentissage spécial à un ouvrier tant soit peu intelligent;

Enfin tous les risques professionnels d'incendie sont supprimés.

Bien que le procédé en question ne date que de peu d'années, puisque le brevet ne remonte qu'à 1889 et qu'une période assez longue ait dû être nécessaire pour sa réalisation industrielle, il se trouve déjà appliqué dans cinq usines de la région traitant annuellement environ 8 à 9 000 tonnes de gemme brute, c'est-à-dire environ le dixième de la production française totale.

Nous avons assisté dans l'usine de M. G. Col à toutes les phases de la fabrication et nous avons pu constater la régularité du fonctionnement des appareils comme aussi la qualité supérieure de l'essence et la beauté de la colophane qui ont été fabriquées sous nos yeux.

Nous estimons que ces nouveaux procédés sont de nature à apporter une grande amélioration dans l'industrie des produits résineux.

CH. BARDY.

Paris, le 12 juillet 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Sur le dosage de faibles quantités d'arsenic ; par M. Ad. Carnot (1).

On possède déjà de nombreuses méthodes de dosage de l'arsenic; mais ces méthodes, si elles conviennent pour des proportions élevées, laissent fort à désirer pour de faibles quantités d'arsenic. Or il importe, dans un certain nombre de cas, de pouvoir déterminer celles-ci avec exactitude. On sait, par exemple, que divers métaux, le cuivre, le fer, le nickel, etc. perdent en partie leurs qualités industrielles dès que la proportion d'arsenic qu'ils renferment atteint un millième. Une grande précision est également nécessaire pour le dosage de l'arsenic dans les eaux minérales, où il joue parfois un rôle des plus importants, bien que sa proportion ne dépasse presque jamais quelques dixièmes de milligramme par litre.

La méthode que je vais exposer consiste à précipiter l'arsenic à l'état de sulfure, puis à transformer celui-ci par l'ammoniaque, le nitrate d'argent et l'eau oxygénée, en acide arsénique, qui est lui-même dosé ensuite sous forme d'arséniate de bismuth, composé bien insoluble dans l'acide azotique étendu, et dont le poids est près de cinq fois égal à celui de l'élément à doser.

La première opération est presque toujours le complément nécessaire du traitement destiné à isoler l'arsenic des autres substances. Suivant les cas, la précipitation de l'arsenic s'effectue soit par l'action de l'hydrogène sulfuré sur une solution acide où il était à l'état d'acide arsénieux ou d'acide arsénique, soit par la décomposition, au moyen d'un acide, d'une solution où il se trouvait à l'état de sulfosel. En conséquence, le précipité se compose de trisulfure ou de pentasulfure d'arsenic mêlé d'une quantité plus ou moins importante de soufre libre.

Le mélange, après avoir été bien lavé, est traité par de l'eau ammoniacale chaude ; celle-ci dissout aisément le sulfure d'arsenic en laissant sur le filtre presque tout le soufre libre ; le surplus sera précipité par l'opération suivante : On verse dans la solution une suffisante quantité de nitrate d'argent qui donne lieu à la production de sulfure d'argent et, en même temps, d'arsénite on d'arséniate d'ammoniaque, suivant que le précipité contenait du trisulfure ou du pentasulfure d'arsenic. Pour le trisulfure, par exemple, la transformation est représentée par l'équation suivante :

$$As^2S^3 + 3\,Ag^2O.\,Az^2O^5 = 3\,Ag^2S + As^2O^3 + 3\,Az^2O^5.$$

On chauffe en agitant pendant quelques minutes pour rassembler le précipité de sulfure, et l'on s'assure que la liqueur n'est plus troublée par une nouvelle addition de sel d'argent. On ajoute alors quelques gouttes d'eau oxygénée pure (ou du moins ne contenant pas d'autre acide que l'acide chlorhydrique) qui est sans action sur le sulfure d'argent, mais qui transforme aussitôt, en présence d'un excès d'ammoniaque, l'acide arsénieux en acide arsénique.

On chauffe de nouveau vers 100°, jusqu'à ce que l'odeur d'ammoniaque ait entièrement disparu; puis on ajoute quelques gouttes d'acide nitrique, de manière à acidifier faiblement la liqueur. On redissout ainsi tout l'arséniate d'argent, qui a pu se déposer par suite de l'expulsion de l'ammoniaque (1) et l'on précipite à l'état de chlorure d'ar-

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 1er juillet 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gent la totalité du chlore qui peut provenir ou d'un lavage imparfait du sulfure d'arsenic au début ou de l'impureté de l'eau oxygénée que l'on a employée.

On sépare sur un filtre les précipités réunis de sulfure ou de chlorure d'argent et, après lavage, on verse dans la liqueur filtrée une solution azotique de sous-nitrate de bismuth, contenant au moins cinq ou six fois autant de ce réactif qu'il peut y avoir d'arsenic dans la matière à analyser.

On sature par l'ammoniaque et l'on fait bouillir quelques minutes, puis on laisse déposer le précipité blanc formé d'hydrate et d'arséniate de bismuth; on décante la liqueur sur un petit filtre taré à l'avance; puis on redissout le précipité sur le filtre et dans la fiole par de l'eau contenant un quinzième de son volume d'acide azotique à 36° B. ($d = 1{,}33$) et l'on fait bouillir. Ce degré de dilution est celui qui convient le mieux ici pour dissoudre peu à peu l'hydrate de bismuth et pour laisser l'arséniate complètement insoluble. Il se forme un précipité lourd, cristallin, qu'on recueille sur le petit filtre taré et qu'on lave à l'eau acidulée au quinzième, puis à l'eau pure. On sèche à 110° et l'on pèse.

L'analyse du précipité a conduit à la formule

$$As^2O^5.Bi^2O^3 + H^2O.$$

Il contient donc, pour 100 : 21,067 d'arsenic ou 32,303 d'acide arsénique.

On doit peser le précipité séché et non calciné, à cause des pertes qui se produiraient au rouge sous l'action réductive du papier.

Une série d'essais ont été faits pour vérifier l'exactitude de la méthode, en l'appliquant spécialement à de petites quantités d'arsenic. On a dissous dans 1 litre d'eau $1^{gr},20$ d'arséniate de soude, où un dosage direct avait donné $0^{gr},2976$ d'arsenic; puis on a opéré chaque fois sur 10 centimètres cubes de la solution, qui devait contenir $0^{gr},002976$. L'arsenic a été transformé en sulfosel, puis en sulfure et enfin en arséniate de bismuth, comme il vient d'être dit. La moyenne de vingt dosages a donné $0^{gr},00299$ d'arsenic, les plus grands écarts en plus ou en moins n'atteignant pas 0 milligr. 20 et presque tous les autres restant inférieurs à $0^{mmg},05$. On peut donc dire que cette méthode est véritablement très sûre et très précise.

Réduction de la silice par le charbon. Note de M. Henri Moissan (2).

Nous avons indiqué précédemment que, dans le four électrique, la silice était volatilisée avec facilité. En utilisant un courant de 1,000 ampères et 50 volts, la formation de la vapeur de silice est très abondante. En quelques instants, on est entouré de filaments très légers de silice qui voltigent dans l'air et restent longtemps en suspension. Si l'on examine au microscope ces filaments, on voit qu'ils sont formés de sphérules très petites de silice qui, au milieu de l'eau, possèdent un mouvement brownien très accusé.

Lorsque l'on ne termine pas l'expérience par la volatilisation complète de la silice,

(1) Le dépôt rouge brique d'arséniate d'argent est bien visible si l'on a éliminé le sulfure d'argent par filtration. J'ai essayé de m'en servir pour le dosage de l'argent; mais je n'ai pas trouvé là un procédé de dosage sûr, à cause de la grande solubilité de l'arséniate d'argent dans toute liqueur acide ou ammoniacale, et même dans le nitrate d'ammoniaque.

(2) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 24 juin 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le culot que l'on retire du creuset présente parfois à la partie inférieure des cristaux de silicium absolument caractéristiques, tels que ceux décrits par de Senarmont. Cette première expérience nous démontre que la silice à haute température est réductible par le charbon.

En chauffant au four électrique, dans un cylindre de charbon fermé à l'une de ses extrémités, un mélange de cristal de roche et de carbone en poudre, le phénomène est beaucoup plus net.

L'orifice du tube est tapissé de silice floconneuse, puis, en dessous, on trouve des cristaux très nets et à peine colorés de siliciure de carbone, et, un peu plus bas, tout un anneau de cristaux noirs, brillants, parsemés çà et là de globules fondus (1); ces cristaux noirs ne sont attaquables que par le mélange d'acide azotique et d'acide fluorhydrique. Ils prennent feu à froid dans le fluor, et brûlent avec vivacité en fournissant du fluorure de silicium. Quelques-uns présentent l'aspect très net des cristaux superposés obtenus par dissolution du silicium dans le zinc en fusion. Ils sont toujours mélangés de siliciure de carbone, mais la poussière cristalline, recueillie dans tout le tube, renfermait de 28 à 30 p. 100 de silicium cristallisé.

Cette expérience, que nous avons répétée plusieurs fois, établit donc que, sous l'action de l'arc électrique, la silice est réduite par le charbon et fournit du silicium. Lorsque la température n'est pas très élevée, une partie du silicium échappe à l'action du carbone et peut se retrouver sous forme de cristaux ou de globules fondus.

En refroidissant la vapeur de silicium au moment de sa production, ce procédé pourrait être appliqué à la préparation du silicium.

PROCÈS-VERBAUX

Séance du 12 juillet 1894.

Présidence de *M. Mascart*, président.

Dépouillement de la correspondance. — La Société a reçu, au sujet des prix et récompense décernés dans sa dernière séance les remerciements de *MM. le Frère Gaétan*, supérieur de l'Asile des Frères de Saint-Jean de Dieu (prix d'Aboville); *Tessier* (encouragements de 2 000 francs); *Jamin* (encouragement de 1 000 francs); le *lieutenant-colonel Famin* (médaille d'argent); *M. Émile Petit* (médaille de platine); le prince *d'Arenberg* (Comité de l'Afrique française, grande médaille de Chaptal); *M. J. Garçan* (encouragement de 500 francs); *Ch. Tellier* (encouragement de 1 000 francs); *Guerrier* (encouragement de 1 000 francs); *Lacroix* (encouragement de 500 francs); *Mallet* (médaille d'or); *Debains* (médaille d'or); *Hadfield, Marzocchi* (médaille d'or); *Vallot* (médaille d'or); *Lezé* (encouragement de 500 francs); *Furne, Lecaisne* (médaille de platine); *Allard, Maignen Schlum-*

(1) Certains de ces globules de silicium renferment de petits cristaux de siliciure de carbone bien transparents, possédant une belle teinte jaune.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

berger (encouragements, de 500 francs ; *Marsai* (Société Coopérative des Employés civils de l'État, médaille d'argent) ; *Roux*, *Lartigue* (encouragements de 500 francs) ; *Simon et fils* (médaille de bronze) ; *Bonvalot*, *Delebecque*, *Dybowski* et *Zolla* (médailles de conférences) ; Compagnies de *Saint-Gobain* et des *Chemins de fer de l'Est* (prix Fourcade et médailles de contremaîtres).

M. Montreuil, 11 *bis*, rue Charrière à Honfleur ; mémoire sur l'emploi économique de l' « Énergie » (arts mécaniques).

M. Heu, 49, rue des Ayres, à Bordeaux : roues à aubes (arts mécaniques).

MM. Cloos et Schmalzer, 1, sente des Guérets, rue de l'Est, Boulogne-sur-Seine : frein de voitures (arts mécaniques).

Demande de subvention du *Syndicat des Agriculteurs de la Côte-d'Or* pour le Concours départemental de Dijon (agriculture).

M. Delprat envoie de nombreuses lettres de protestation contre la décision du Comité des Arts mécaniques qui ne lui a pas accordé le prix de navigation aérienne.

M. Jacquemin soumet à l'appréciation de la Societé ses travaux sur les alcools et les levures (arts chimiques).

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

MM. Delessart, ingénieur des Arts et Manufactures, présenté par *MM. Simon* et *Ambs*.

Du Marais, ingénieur civil des mines, présenté par *MM. Haton de la Goupillière* et *Sauvage ; de Préaudeau*, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, présenté par *M. Le Châtelier*.

Widmann, directeur de la Compagnie des Forges et Chantiers de la Méditerranée, présenté par *MM. Bienaymé* et *G. Richard*.

Bardot, ingénieur des Arts et Manufactures, présenté par *MM. Aimé Girard* et *G. Richard*.

La maison *Muller* et *Roger*, fonderie de cuivre, présenté par *M. G. Richard*.

Rapports des comités. — *M. Rozé* lit au nom du *Comité des Arts mécaniques*, un rapport sur l'*Encliquetage de M. Roux*, ingénieur à Lyon (1).

Communications. — *M. C. Bardy*, membre du Conseil, fait une communication sur un procédé de traitement des térébenthines brutes, par M. G. Col (2).

Communication de M. P. Guéroult sur l'*outillage des navires des ports et en particulier* sur le transporteur Temperley.

M. P. Guéroult, avant de faire la description du transporteur Temperley, croit

(1) Voir page 844 du présent *Bulletin*.
(2) Voir page 873 du présent *Bulletin*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

devoir passer rapidement en revue les appareils installés tant sur les navires que sur les terre-pleins des quais en vue d'assurer le déchargement et le chargement des marchandises avec la plus grande rapidité possible.

En ce qui concerne les navires, les engins sont extrêmement simples et se composent d'un treuil à vapeur (quelquefois d'un élévateur hydraulique), sur le tambour duquel s'enroule une chaîne ou un câble longeant un mât de charge, et qui, après avoir passé sur une poulie fixée en tête de ce mât, vient pendre à l'aplomb de l'écoutille du panneau.

Ces treuils peuvent enlever, en moyenne, 3 000 kilos. Pour accroître la rapidité des opérations, quelques constructeurs anglais les ont multipliés autour du mât de voilure, et en ont disposé quatre desservant deux écoutilles, de façon à pouvoir opérer des deux côtés à la fois.

L'usage de ces treuils de bord est toujours gratuit pour le destinataire, mais il arrive souvent que les marchandises doivent être prises en cale et mises en wagon, ou déposées au seuil des magasins de rive. Dans ce cas la portée des treuils de bord étant insuffisante, puisqu'elle ne dépasse pas sensiblement la demi-largeur du navire, on fait usage de grues, le plus souvent mues par l'eau sous une pression de 50 à 52 atmosphères. M. Guéroult montre la photographie d'une grue en usage à Trieste et à Brême, où elle a d'abord été employée. Cet appareil, d'une portée de $7^{m},50$ et d'une puissance de 1 500 kilos, peut élever la marchandise à 15 mètres au-dessus du fond de la cale des navires du Lloyd autrichien qui ont Trieste pour port d'attache.

Bien que ces grues soient du type le plus récent, elles ne pourraient plus déjà satisfaire aux exigences de l'exploitation de ports comme Hambourg, Liverpool, où l'on construit des cargo boats de 6 à 11 000 tonnes de déplacement, de 15 à 18 mètres de largeur.

Il y avait donc un grand intérêt non seulement à pouvoir augmenter la portée des mâts de charge, mais aussi à combiner un appareil susceptible de convenir aux installations provisoires ou définitives, en supposant que celles-ci puissent exister dans les ports à grand trafic dont on peut constater les transformations incessantes.

C'est en raison de ces considérations que M. Temperley, armateur, a imaginé un appareil de levage et transports qui peut être assimilé à une grue dont la volée serait fixe et la portée variable. La volée est formée par une poutre en acier d'une section en double T. Elle porte à son extrémité une poulie à gorge dans laquelle passe le câble de traction du treuil actionnant le transporteur Temperley. Sous la semelle de l'aile inférieure de la poulie circule un chariot monté sur quatre galets, et qui porte également une poulie sur laquelle s'enroule le câble après avoir passé sur la poulie de tête de la poutre. Un mécanisme automatique, dont les différents organes sont montés sur le chariot mobile, fixe celui-ci sur la pou-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tre à différentes stations correspondant à des ressauts et évidemment assemblés sur la semelle inférieure toutes les fois que la charge doit être élevée ou descendue par le halage ou le filage du câble. Lorsque la charge est parvenue à la hauteur qu'elle doit atteindre, une balle fixée à l'extrémité du câble actionne le mécanisme du chariot : celui-ci peut alors se déplacer, et lorsqu'il atteint la station à laquelle doit être descendue la charge, il se fixe de nouveau.

La poutre est inclinée et maintenue dans cette position par des haubans et palans fixés sur le pont. Elle peut aussi être braquée dans des directions variables par rapport à l'axe longitudinal du navire. Les appareils de Temperley atteignent une puissance de 1 500 kilos et une portée de 18 mètres, de sorte que, montés sur le mât de charge d'un navire de 8 mètres de large, ils peuvent prendre la marchandise en cale et la transporter à 14 mètres au delà des flancs du navire de cette dimension.

M. Guéroult fait projeter différentes vues photographiques instantanées montrant les applications nombreuses faites, depuis deux années, du transporteur Temperley. Il y a lieu de citer particulièrement l'emploi de cet appareil à l'approvisionnement en combustible d'un cuirassé naviguant en pleine mer et à la vitesse de dix nœuds à l'heure. Ces expériences ont été renouvelées tout récemment à Toulon. On peut ainsi faire passer d'un bord à l'autre du navire, et par appareil, de 35 à 40 tonnes de charbon.

Enfin, M. Guéroult passe en revue toutes les applications du transporteur Temperley en cours d'exécution pour la mise en cale et la mise directe des marchandises en magasin. Il fait fonctionner devant l'assistance un petit modèle représentant la coupe transversale d'un entrepôt en construction au bord de la Tamise, et dont le mur de façade est un prolongement du mur de quai. Une pointe de transporteur Temperley, faisant saillie de 24 mètres au delà du mur et haubannée sur le bâtiment, permet de prendre la marchandise successivement sur quatre rangées de chalands, de l'élever à la hauteur de l'étage où elle doit être déposée, et de l'amener jusqu'au fond du magasin en l'arrimant à des distances de $1^{m},50$

En raison de ce qui précède, M. P. Guéroult est d'avis que le transporteur Temperley est susceptible de beaucoup d'emplois, et que des applications avantageuses pourront en être faites non seulement dans les ports, mais dans l'exécution de certains travaux de terrassement, tranchées étroites et profondes, tunnels, etc.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Guéroult de son intéressante communication, qui sera envoyée au comité des *Arts mécaniques*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

BIBLIOGRAPHIE

BALTET (Charles), horticulteur à Troyes. — **L'Horticulture dans les cinq parties du monde.** 1 vol. in-8°, 776 pp., Librairie agricole, 26, rue Jacob, Paris.

L'ouvrage de M. Baltet (Charles) intitulé l'*Horticulture dans les cinq parties du monde* est un volume de près de 800 pages qui renferme un nombre considérable de documents de toute nature.

Il a fallu une prodigieuse activité pour les réunir et pour les grouper.

L'auteur donne une foule de détails sur l'horticulture et la production horticole, l'enseignement, les sociétés, les publications, l'organisation des diverses pays à ce point de vue; il donne des aperçus et des chiffres sur la production florale ou fruitière; dans certains cas, il cite les obtentions nouvelles, les introductions, le nom des voyageurs les plus célèbres, etc., etc.

Dans une énumération aussi considérable que celle qui comprend le monde entier, tous les pays ne peuvent être traités avec une abondance égale : certaines régions, la France, les États-Unis, l'Angleterre et ses colonies, la Belgique, etc., sont développées d'une manière très étendue.

Une semblable publication échappe évidemment à l'analyse, car il faudrait entrer dans des détails beaucoup trop considérables et difficiles à résumer.

Pour la France, l'auteur a traité à fond bon nombre des questions importantes : la floriculture, la production fruitière, etc.

Dans ce dernier cas, l'auteur, qui a une compétence spéciale, donne des noms et cite des chiffres.

On trouvera dans ce livre une quantité considérable de détails réunis en faisceau et qu'on ne saurait retrouver aisément ailleurs.

L'ordre suivi est l'ordre alphabétique. Peut-être pourrait-on critiquer un choix semblable. On peut regretter de même le manque d'indications bibliographiques ou autres sur les sources où ces détails ont été puisés; — il est possible que les conditions imposées à l'auteur l'aient forcé d'adopter cette disposition et de supprimer les détails coûteux comme impression.

Quoi qu'il en soit, le livre de M. Baltet mérite la sympathie et les félicitations de tous ceux qui s'intéressent aux progrès de l'horticulture.

MAXIME CORNU, *membre du Conseil.*

MATHIEU (Henri), contrôleur des Mines, officier de l'Instruction publique. — **L'A B C du chauffeur**, avec une introduction par C. Walckenaer, ingénieur des Mines. Un volume, format $0^m,15 \times 0^m,10$, avec 66 figures dans le texte; cartonné, 3 francs. (Paris. Baudry.)

Pour conduire une chaudière à vapeur, sans danger de fausse manœuvre ou d'imprudence, il faut posséder sur son fonctionnement et sur les conditions de son emploi des connaissances qui permettent d'interpréter d'une manière judicieuse les circons-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tances et les incidents qui ont chance de se présenter. Le lecteur trouvera dans ce volume, sous une forme claire et précise, l'exposé de ces notions indispensables que la pratique peut bien donner, mais qui restent en général vagues dans l'esprit, tandis qu'elles prennent une précision et une utilité toutes particulières lorsqu'on les retrouve exactement formulées dans un livre.

HENNEBERT, lieutenant-colonel du Génie. — **Bouches à feu.** Petit in-8 (*Encyclopédie, scientifique des Aide-Mémoire*).

Le première partie de cet ouvrage est principalement consacrée à l'histoire des machines de jet dérivées de l'arc et de la fronde, dont il était fait usage avant l'invention de la poudre à canon.

Au cours de la deuxième partie, l'auteur traite de *bouches à feu*. Il énumère les matières premières dont sont formés ces appareils, met en lumière les éminentes propriétés de l'acier à canons et analyse les principales phases de la fabrication d'une pièce d'acier : forage, trempe, frettage, rayage, etc. Suit une notice sur l'organisation des affûts modernes et, spécialement, le mode de fonctionnement du frein hydraulique adapté à ces affûts.

La troisième partie est une étude rapide des bouches à feu de campagne, des munitions et artifices qui leur sont affectés, du chargement de leurs coffres à munitions, du matériel d'une batterie.

L'auteur décrit, dans la quatrième partie, les bouches à feu de montagne ; puis, en la cinquième partie, les gros calibres de siège et places, de côtes et de bord. Après avoir, chaque fois, décrit les pièces réglementaires en France, il expose les modèles créés par l'industrie privée.

La sixième et dernière partie traite des mitrailleuses, des canons-revolvers, des canons à tir rapide, et comporte une analyse des propriétés particulières de ces nouveaux types de pièces d'artillerie. Pour mieux faire saisir le rôle que l'avenir semble devoir leur réserver, l'auteur examine, à titre d'exemples, les produits des usines du Creusot, des établissements Hotchkiss et des établissements de l'Etat.

VALLIER, chef d'escadron d'Artillerie, correspondant de l'Institut. — **La Balistique extérieure.** Petit in-8. (*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire*).

Ce qui fait l'intérêt de cet ouvrage, c'est, d'une part, l'exposé des lois de la résistance de l'air déduites de l'expérience jusqu'à 1 200 mètres de vitesse, et d'autre part le choix méthodique des paramètres nécessaires à l'intégration des équations du mouvement ; et, plus encore, la notion féconde de la caractéristique du projectile et la méthode d'établissement d'une table de tir.

Les tables de fonctions balistiques nouvelles, de logarithmes et de lignes trigonométriques qui terminent l'ouvrage en font un Aide-Mémoire complet ne nécessitant ni table, ni ouvrage auxiliaire.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LIVRES ET OUVRAGES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE

EN JUILLET 1895

Donnés par M. S. PECTOR, *membre du Conseil*.

Histoire du Parlement de Paris, par l'ABBÉ BIGORRE, 4e éd. 1 vol. in-18, 360 pp., chez Jean Ponté. Francfort, 1769.

Traité de Droit pénal, de P. ROSSI. 1 vol. in-18, 483 pp. Société typographique belge, 1843.

Régime et Législation de l'Assistance publique et privée en France, par LÉON BEQUET. 1 vol. in-8, 398 pp., chez Paul Dupont, 1885.

Dictionnaire de l'Administration française, par M. MAURICE BLOCH (1862). 1 vol. in-8, 1630 pp., chez Berger-Levrault.

De l'Assistance communale en France, par F. RAVARIN. 1 vol. in-8, 400 pp., chez Larose et Forcel, 1885.

Les Prisons de Paris et les Prisonniers, par A. GUILLOT. 1 vol. in-8, 470 pp., chez Dentu, 1898.

Traité de l'Administration hospitalière, par CROS MOGREVIELLE. 1 vol. in-8, 560 pp., chez Paul Dupont, 1886.

Cosmos de Humboldt. 4 vol. et Atlas.

Astronomie populaire d'Arago. 4 vol.

Royal Society London. Philosophical Transactions, 1894. Vol. 185 A et A, 2 vol. in-8. 400 et 570 pp.

La Couture et la Confection des vêtements de femmes, par C. WORTH. 1 vol. in-8, 113 pp. Imprimerie Chaix.

De l'Encyclopédie Leauté : **la Balistique extérieure,** par VALLIER; **les Bouches à feu,** par le lieutenant-colonel HENNEBERT, chez Gauthier-Villars.

Les Alliages : laitons et bronzes, par THURSTON. 1 vol. in-8, 575 pp., chez J. Wiley, New-York.

Du Ministère de l'Instruction publique: **Revue des travaux scientifiques.** Vol. XIV et XV. Analyse des travaux publiés en 1894 et 1895, nº 1 et 11. Imprimerie nationale.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Du Ministère du Commerce et de l'Industrie : **Annales du Commerce extérieur.** Année 1875, 7e fascicule.

Association Parisienne des Propriétaires d'Appareils à Vapeur, 21e bulletin annuel (1894).

Le rapport anharmonique étudié au point de vue de la géométrographie, par E. LEMOINE. Extrait des Comptes rendus de l'*Association Française pour l'Avancement des Sciences, Congrès de Caen.* 1 brochure in-18, 50 pp.

Étude sur le triangle de certains points de géométrographie, par E. LEMOINE. Extrait des *Procedings of the Edimburgh Machenalical Society.* 1 brochure in-18, 24 pp.

British Chamber of Commerce. Rapport de l'Assemblée générale annuelle pour 1894. 1 brochure in-18, 113 pp. Imprimerie Charles Skipper, Londres.

Du Ministère de l'Agriculture et du Commerce d'Italie. **Annali di Statistica.** Statistique industrielle, province de Caltanisfetta.

Le Plan Social de Gand, par L. VARLEN. 1re partie. Résumé succint. 1 brochure in-8, 22 p. Chez da Brabanden à Gand.

Production en grand de l'eau stérilisée par la filtration à froid, par F. BREYER. 1 brochure in-8, 68 pp. Imprimerie de la Bourse du Commerce.

Du Ministère des Finances. Direction des douanes. **Tableau général du commerce de la France pendant l'année 1894,** in-4°. Paris. Imprimerie nationale.

Le Matériel agricole moderne, par M. A. TRESCA, professeur à l'École centrale des Arts et Manufactures et à l'Institut national agronomique, Vol. II. Instruments d'intérieur de ferme, 1 vol. in-8°, 412 p., 210 figures. Chez Firmin-Didot.

Exposition philomatique de Bordeaux. **Note sur le matériel exposé par la Compagnie du chemin de fer d'Orléans.** 1 brochure autographiée, 44 p.

Annuaire des Mines, de la Métallurgie, de la Construction mécanique et de l'Electricité. 1 vol. in-8°, 1190 p., édité par M. J. GOUGÉ, rue Perronnet, 92.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LITTÉRATURE

DES

PÉRIODIQUES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIÉTÉ

Du 15 Juin au 15 Juillet 1895.

DÉSIGNATIONS ABRÉGÉES DES PUBLICATIONS CITÉES

Ag. . . . Journal de l'Agriculture.
Ac.. . . . Annales de la Construction.
Acp. . . . Annales de Chimie et de Physique.
AM. . . . Annales des Mines.
Ap. . . . Journal d'Agriculture pratique.
APC . . . Annales des Ponts et Chaussées.
At. . . . Annales télégraphiques.
Bam . . . Bulletin technologique des anciens élèves des écoles des arts et métiers.
Btp. . . . Bulletin du ministère des Travaux publics (statistiques).
Ci. . . . Chronique industrielle.
Co.. . . . Cosmos.
CN. . . . Chimical News (London).
Cs.. . . . Journal of the Chemical Society (London).
CR. . . . Comptes rendus de l'Académie des Sciences.
Dp. . . . Dingler's Polytechnisches Journal.
E. . . . . Engineering.
E'.. . . . The Engineer.
Eam. . . . Engineering and Mining Journal.
EE.. . . . Eclairage Électrique.
El.. . . . Electrician (London).
Elé. . . . L'Électricien.
Ef.. . . . Économiste français.
Es.. . . Engineers and Shipbuilders in Scotland (Proceedings).
Fi . . . . Journal of the Franklin Institute (Philadelphie).
Gc. . . . Génie civil.
IC. . . . Ingénieurs civils de France (Bulletin.).
.e. . . . Industrie électrique.
Im.. . . . Industrie minérale de Saint-Étienne.
IME.. . . Institutions of Mechanical Engineers (Proceedings).
In. . . . Inventions nouvelles.
Ln. . . . La Nature.
Ms. . . . Moniteur scientifique.
N. . . . Nature (anglais).
Pc. . . . Journal de Pharmacie et de Chimie.
Pm . . . *Portefeuille* économique des *machines*.
Rgc.. . . Revue générale des chemins de fer.
Rgds. . . Revue générale des Sciences.
Ri. . . . Revue industrielle.
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 (Bulletin).
Sfp . . . Société française de photographie (Bulletin).
Si. . . . La Science illustrée.
Sic . . . Société internationale des Électriciens (Bulletin).
Sg. . . . Bulletin de la Société de géographie.
Sgc . . . Bulletin de la Société de géographie commerciale.
SL. . . . Bulletin de statistique et de législation.
SuE. . . Shahl und Eisen.
USR. . . Consular Reports to the United States Government.
VDI.. . . Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure.
ZOI.. . . Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieure und Architekten. Vereins.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

Alumine. Présence et répartition dans les plantes (Berthelot et André). *Acp. Juillet*, 429.

Betteraves à sucre et fourragères (Valeur comparée des). *Ag.* 13 *Juillet*, 56.

Blé (Conservation du). (Balland.) *CR.* 24 *Juin*, 1429.

Bœufs. Race bovine fribourgeoise. *Ag.* 29 *Juin*, 1038.

Charrue défonceuse Ransome. *E'.* 5 *Juillet*, 9.

— Trisoc Shore. *E.* 5' *Juillet*, 10.

Écosse. (Situation de l'Agriculture en). *Ag.* 20 *Juin*, 884.

Engrais. Bactéries dénitrificatrices du fumier. *Ln.* 6 *Juillet*, 98.

— La terre végétale (Schlœsing). *Ap.* 11 *Juillet*, 48.

— Le travail du sol et la nitrification (Dehérain). *Rs.* 22 *Juin*, 779. *Gc.* 13 *Juillet*, 176.

— Rôle de l'eau dans la végétation. *Rs.* 6 *Juillet*, 18.

— Exploitation des superphosphates. (Joffre). *ScP.* 5 *Juillet*, 698.

— Air et eau contenues dans les mottes de terre (Dehérain). *CR.* 1er *Juillet*, 30.

— (Évaluation des), *Cs.* 29 *Juin*, 616.

— Utilisation des eaux d'égouts de Reims (Heuzé). *Ap.* 11 *Juillet*, 43.

Faucheuses Deering. *Ag.* 29 *Juin*, 6 *Juillet*, 1038-16.

Foins (Presses à). Perkins et Edwards. *E'.* 5 *Juillet*, 9 et 10.

Fourrages. Les plantes fourragères en France et à l'étranger. *USR. Juin*, 227.

— Le pastel comme plante fourragère. *Ap.* 27 *Juin*, 925.

Sulla (La). Introduction dans le sud de la France. *Ag.* 20 *Juin*, 894.

Gesse pourpre (Empoisonnements par la). (Scribaux.) *Ap.* 11 *Juillet*, 52.

Hache-paille Marschall. *E'.* 8 *Juin*, 553.

Lait (Industrie du) en Belgique. *Ag*, 22-29 *Juin*, 6 *Juillet*, 981, 1025, 13.

— (Le Concentré) (Lezé). *R. g. ds.* 30 *Juin*, 539.

— (Conservation et altérations du) (Grandeau). *Ap.* 20 *Juin*, 883.

— Coloration et coagulation par la chaleur. *Pc.* 15 *Juillet*, 54.

Machines agricoles. Leur construction en Angleterre. Ringelmann. *Ap.* 27 *Juin*, 929.

— au concours de Clermont. *Ag.* 20 *Juin*, 998.

— Manèges et batteuses à l'exposition de Berlin. *VDI.* 13 *Juillet*, 837.

Mouton du Kent (Le). *Ag.* 6 *Juillet*, 11.

Pelouses (Arrosage des.) *Ag.* 22 *Juin*, 988.

Pressoirs Simon. *Ci.* 14 *Juillet*, 377.

Semences. Les graines de Scribaux. *Ap.* 27 *Juin*, 11 *Juillet*, 921, 52.

Semis d'essais. Watel. *Ag.* 20 *Juin*, 886.

Terrains tourbeux (Assainissement des). *In.* 30 *Juin*, 558.

Tourteaux. Falsification par la coque de raisin. *Ap.* 4 *Juillet*, 13.

Vers à soie du chêne en Chine. *Ln.* 22 *Juin*, 59.

Vigne. L'oïdium et le rot blanc. *Ap.* 4 *Juillet*, 18.

Vins (Alunage des). *Pc.* 1er *Juillet*, 22.

— Action de l'eau sur les moûts de raisins (Martinaud). *CR.* 24 *Juin*, 1426.

— (Condition de la production des) (Muntz et Rousseau). Bulletin du ministère de l'Agriculture. *Mai.* 271.

CHEMINS DE FER

Alimentation. Ajutage pour les (grues d'), *Rt.* 25 *Juin*, 287.

Ateliers du Great Western à Swindon. *E'*, 28 *Juin*, 545.

Attelage automatique Gould. *E.* 21 *Juin*, 795.

— aux États-Unis. *Pm. Juillet*, 102.

Chemins de fer français et la garantie d'intérêt. *Ef.* 13 *Juillet*, 42.

— anglais (Les) (Demoulin). *Rgc. Mai*, 245.

— (Conditions générales d'établissement du matériel des), (Morandière). *Id.* 261.

— de l'Inde. *E.* 28 *Juin*, 5 *Juillet* 834-19.

— de Paris à Sceaux. *Rgc. Juin*, 311.

— à voie étroite. *Ci.* 30 *Juin*, 337.

— — (Exploitation des). (Acworth). *E.* 21 *Juin*, 809.

— (*Congrès international* des) à Londres. *E.* 7-12 *Juillet*, 938. *E'.* 21 *Juin*, 5. 12 *Juillet*, 523, 1, 29. *Rgc. Mai*, 261.

Contact entre bandages et rails (Détermination de la surface de). *Rgc. Mai*, 369,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Crics relève-voie du chemin de fer de l'Est. *Rgc. Mai*, 364.
Essieux. Effet de la température (Andrews). *E.* 5 *Juillet*, 22.
Gares de marchandises anglaises. *ZOI.* 21 *Juin*, 337.
Frein Westinghous rapide. *Rt. Juillet*, 291.
Gare (Agrandissement de la) de l'Est. *Rt. Juillet*, 300.
Locomotives (Influence de la). *E.* 13 *Juillet*, 49.
— Compound et non Compound (Nadal). *Rgc. Mai*, 351.
— Compound du Gothard. *VDI.* 29 *Juin*, 768.
— — Express. Worsdell. North Eastern. *E.* 5 *Juillet*, 25.
— — huit couplés. Vauclain. *E.* 12 *Juillet*, 42.
— des chemins néerlandais. *Rgc. Mai*, 368.
— express (Les). (Aspinall). *E'.* 21-29 *Juin*, 536, 561. *E.* 12 *Juillet*, 29.
— (La chaudière des) (Sauvage). *E.* 28 *Juin*, 5 *Juillet*, 844, 10.
— (Tiges de piston des). *E.* 5 *Juillet*, 20.
Marchandises (Transport des) (Lambert). *E.* 12 *Juillet*, 42.
Signaux (Les) (Thompson). *E'.* 12 *Juillet*, 31.
— Électriques automatiques Blakey. *E.* 5 *Juillet*, 30.
— Pédale Tyer. *E.* 5 *Juillet*, 29.
Trains express (Matériel des) (Park). *E.* 5-12 *Juillet*, 27, 42.
Voie. Étude du tracé définitif (Canaud). *Bam. Juillet*, 610.
Voies étroites. Passage en courbes (Hunt). *Eam.* 6 *Juillet*, 9.
Voies normales (Les) (Hunt). *E.* 12 *Juillet*, 62.
Voitures. Entretien des garnitures. *Rgc. Mai*, 223, 239.
— des chemins de fer aériens de Chicago. *Rgc. Mai*, 370.
Wagon-benne à charbons. Marshall. *E'.* 12 *Juillet*, 32.

TRANSPORTS DIVERS

Chemin de fer électro-funiculaire de Burgenstoch. *Pm. Juillet*, 109.
Locomotive sur route (La) en Angleterre. *E* 21 *Juin*, 800. *E'.* 21 *Juin*, 533.
Locomotives routières. Wallis et Stevens. Marshall. *E'.* 28 *Juin*, 551, 552. Mann. *E.* 28 *Juin*, 829. Fowler. *E'.* 5 *Juillet*, 18.
Tramways à air comprimé (Les) (Barbet). *Gc.* 22, 29 *Juin*, 6 et 13 *Juillet*, 113. 129, 157, 168.
— *électriques* (Les) (Dawson). *E.* 21 *Juin*, 5-12 *Juillet*, 802, 7, 38.
— (Auwert). *E'.* 5-12 *Juillet*, 19, 47. *E.* 12 *Juillet*, 41.
— — à accumulateurs. *Ie.* 25 *Juin*, 261.
— — Frais d'exploitation. *Ie*, 10 *Juillet*, 293.
— Cession annuelle du *Tramway Institute*. *E'.* 5 *Juillet*, 22. *Cl.* 5 *Juillet*, 329.
— (Roues de) en ferro-nickel. *Ri.* 6 *Juillet*, 269.
Roues. Carter. *E'.* 12 *Juillet*, 44.
Vélocipèdes. Transmission elliptiques. Harrison. *E'.* 5 *Juillet*, 5.
Voitures automobiles. Concours de Paris-Bordeaux. *Gc.* 22 *Juin*, 126. *Ln.* 6 *Juillet*, 84. *E'.* 12 *Juillet*, 36, 38.

CHIMIE ET PHYSIQUE

Acides. Citrique. Préparation par le sucre de canne (Phipson). *CN.* 21 *Juin*, 296.
— Étalonnage des solutions (Permand et Jones). *CN.* 21 *Juin*, 296.
— *Sulfurique*. (Indice de réfraction et rotation magnétique des solutions d'). (Pickering). *ScP.* 20 *Juin*, 851.
— (Fabrication de l') (Staub). *Cs.* 29 *Juin*, 572.
— — (Détermination d'une solution titrée d'). *ScP.* 5 *Juillet*, 918.
— *Carbonique solide*. Propriétés (Villard et Jarry). *CR.* 24 *Juin*, 1413.
— Phosphorique. Dosage par titrage du précipité Molybdique (Pemberton). *Ms. Juillet*, 512.
— Selénieux. Détermination par le permanganate de potasse (Gooch). American Journal of Science. *Juillet*, 51.
— Persulfurique (Formation de l'). *Cs.* 29 *Juin*, 583.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Actions chimiques de la lumière et de la chaleur (Charpy). *Rgds*, 15 *Juillet*, 582.
Alcool éthylique. Sa séparation du méthylène par le chlorure de carbone. *Pc*. 1er *Juillet*, 26.
Alcoolates de chaux et de baryte (Forcand). *ScP*. 20 *Juin*, 657.
Alumine. Dosage dans les phosphates. *CR*. 1er *Juillet*, 36.
— Amidon (Industrie de l'). *Cs*. 29 *Juin*, 615.
Analyse spectrale. Absorption des bandes du spectre par l'oxygène (Jannsen). *CR*. 17 *Juin*, 1306.
— — directe des minéraux et des sels fondus (de Grammont). *CR*. 8 *Juillet*, 121.
Argon. *CR*. 17-24 *Juin*, 1316, 1331, 1386. *Rs*. 29 *Juin*, 801. *ScP*. 5 *Juillet*, 915. *CN*. 5-12 *Juillet*, 1, 14. *N*. 4 *Juillet*, 221, 224. *Fi*. *Juillet*, 68.
Arsenic. Dosage de faibles quantités (Carnot). *CR*. 1er *Juillet*, 20.
Azote libre. Combinaison avec les éléments du sulfure de carbone. *CR*. 17 *Juin*, 1315.
Brome (Détermination du) en présence du chlore (Wense). *CS*. 29 *Juin*, 597.
Chaux, ciments et mortiers. Falsification du ciment de Portland et les scories de hauts fourneaux. *Eam*. 6 *Juillet*, 8.
— Influence du gypse sur le ciment de
— Portland (Schott) *Cs*. 29 *Juin*, 576.
— Mélangeur doseur Dupuy. *Gc*. 13 *Juillet*, 171.
— Fabrication du ciment de Portland artificiel en France. *Rt*. 25 *Juin*, 265. *id*. par voie sèche (Engelhart, *Ms*. *Juillet*, 530).
— Séparation de la chaux d'avec la strontiane et la baryte (Dupasquier). *ScP*. 5 *Juillet*, 678.
— Fabrication des mortiers. *Cs*. 29 *Juin*, 573.
Chrome. Transformation moléculaire de l'hydrate chromique. *CR*. 17 *Juin*, 1335.
Chlore (Décomposition des gaz par la force catalytique et application à la fabrication du) (Wright). *Cs*. 29 *Juin*, 596.
Cyanures (Fabrication des). *Cs*. 29 *Juin*, 571, 592.
Dissolutions aqueuses (Volume des sels dans les) (Lecoq de Boisbaudran). *CR*. 8 *Juillet*, 100.
Distillations fractionnées (Les) (Anderlini). *ScP*. 20 *Juin*, 849.
— Appareils à distiller. (Llewellin). *E*. 5 *Juillet*, 13.
— Tube à distillation fractionnée Lebel. *ScP*. 5 *Juillet*. 674.
Eaux gazeuse. Fabrication domestique. (Lane et Pulmann). *Ri*. 5 *Juillet*, 265.
Explosifs. L'Ozobenzine. *Ln*. 22 *Juin*, 63.
— Nitroglycérine (Essais de) (Blomen). *ScP*. 20 *Juin*, 906.
— Évolution de la poudre sans fumée. *Cs*. 29 *Juin*, 556.
Fours Glover (Nouvelles briques pour) *ScP* 5 *Juillet*, 960.
Gaz d'éclairage. Becs incandescents (Denayrouze). *In*. 12 *Juillet*, 24.
— — L'héliogène. *Ln*. 22 *Juin*, 53.
— Carbure de calcium (préparation du. (Venable). *ScP*. 20 *Juin*, 870. *id*) (Moissan). *Ln*. 13 *Juillet*, 110. *EE*. 20 *Juin*, 555. *Gc*. 29 *Juin*, 137.
— Acétylène (l') Industria. 23 *Juin*, 389.
— Constitution et valeur des enrichisseurs du gaz (Irwin). *Cs*. 29 *Juin*, 547.
Glucose. Modifications moléculaires (Tauret). *Pc*. 1-15 *Juillet*, 5, 52.
Glycérine (Purification de la). *Cs*. 29 *Juin*, 586.
Gutta-percha tirée des feuilles. *Cs*. 29 *Juin*, 615.
Halogènes (Estimation des) (Walker). *CN*. 21 *Juin*, 295.
— Combinaisons halogénées basiques des métaux alcalino-terreux (Tassily). *CR*. 7 *Juin*, 1338.
— (Estimation des) dans les sels d'Argent (Fairbanks). *American Journal of. Science*. *Juillet*, 27.
— Action sur l'alcool méthylique (Brochet). *CR*. 8 *Juillet*, 130.
Huiles. Existence d'une matière sulfurée dans l'huile de coton (Dupont). *ScP*. 5 *Juillet*, 696.
— Pureté des huiles et graisses commerciales. *Cs*. 29 *Juin*, 586.
Hydraxine. Formation par voie minérale (Duden). *Ms*. *Juillet*, 504.
Levures. Atténuation, limite très élevée des (Van Laer) (les). *Ms*. *Juillet*, 499.
Ligno-cellulose (Chimie de la). *CN*, 12 *Juillet*, 16.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Liquides (Complexité moléculaire des) (Ramsay). *ScP.* 20 *Juin*, 850.
— surfondus (Solubilité des) (Brunner). *CR.* 1 *Juillet*, 59.
Lumenmètre Blondel. *EE.* 29 *Juin*, 583.
Mousse de platine (Occlusion de l'oxygène et de l'hydrogène par) *CN.* 5 *Juillet*, 5.
Noir animal (Analyse du) (Horne). *ScP.* 20 *Juin*, 911. *MS. Juillet*, 521.
Optique. Théorie physique de la perception des couleurs (Darrens). *CR.* 8 *Juillet*, 133.
Oxyde nitrique. Action sur les chlorures métalliques (Thomas). *CR.* 8 *Juillet*, 128.
Oxygène ozoné et irradié, propriétés oxydantes. (Besson). *CR.* 8 *Juillet*, 125.
Papier goudronné (Industrie du). *UsR. Juin*, 250.
— (Industrie du) en Autriche et en Suisse. *UsR. Juin*, 274, 308.
— Coloration rouge de la cellulose sulfitée. *Cs.* 29 *Juin*, 593.
Pétrole. (Commerce du). *Cs.* 27 *Juin.* 609.
— (Purification des) *Cs.* 29 *Juin*, 563.
— Composition des pétroles sulfurés américains, *Fi. Juillet*, 1.
Soufre. Dosage dans les pyrites (Lunge). *ScP.* 20 *Juin*, 865.
Son. Propagation en tuyaux cylindriques, (Violle et Vautier). *CR.* 24 *Juin*, 1er *Juillet*, 1402, 51.
— Recherche sur les tuyaux sonores (Neyreneuf). *Acp. Juillet*, 418.
Strontium (Poids atomiqus du). *CN.* 12 *Juillet*, 18.
Sulfate d'ammoniac commercial. (Détermination de l'eau dans le) *CN.* 5 *Juillet*, 6.
Sucrerie. Épuration des jus de betteraves par l'électrolyse. Elé. 5 *Juillet*, 7.
— Dosage du sucre de canne en présence de la glucose. *ScP.* 6 *Juillet*, 957.
— Électrolyse des jus sucrés. (Gin et Leleux) *Sie. Juin* 286.
— Industrie du sucre en Autriche. *Cs.* 29 *Juin*, 597.
— L'hydrolise et l'estimation du sucre. *Cs.* 29 *Juin*, 555.
Tannerie. Dosage du sucre des tanins. *Ms. Juillet*, 512.
— (Progrès de la) *Dp.* 5 *Juillet*, 49. Théorie du tannage (Shroeder). *Cs.* 29 *juin*, 587.
Teinturerie. Progrès des matières colorantes en 1894. (Ehrmann). *Ms. Juillet*, 481.
— Revue des matières colorantes (Reverdin). *Ms. Juillet*, 493.
— Brevets. *Cs.* 29 *Juin*, 565.
— Mordant de glucyne (Prudhomme). Bulletin de la Société ind. de Mulhouse. *Juin*, 166.
— Détermination des matières colorantes. naturelles et artificielles sur la fibre. *Cs.* 29 *Juin*, 60.
Thermométrie. Mesure électrique des hautes températures (Crae). *EE.* 22 *Juin*, 574.
Tungstates, acides ammoniaco-basiques (Hallopeau). *CR.* 17 *Juin*, 1343.
Vernis. Examen des vernis de lin. *Cs.* 29 *Juin*, 605.
— Colles et résines, l'Industria, 14 *Juillet*, 444.
Vins (Dosage des acides volatils des) (Burker). *Pc.* 15 *Juillet*, 49.
Viscosimètre Wender. *Cs.* 29 *Juin*, 596.

COMMERCE ET ÉCONOMIE POLITIQUE

Alcool (Le monopole de l'). *Ef.* 29 *Juin*, 841.
— Ligue contre l'alcoolisme à Marseille, *Rso.* 14 *Juillet*, 239.
Argent. Production en 1894. *Ef.* 22 *Juin*, 815.
Agriculture. La question agraire en Allemagne. *Rso.* 1er *Juillet*, 72. En Angleterre. *id.*, 75.
Abattoirs et marchés de la Villette. *Rso.* 1er *Juillet*, 79.
Boucheries coopératives. Ef. 13 *Juillet*, 48.
Colonisation française (La) Chaillay-Bert. *Rso.* 16 *Juillet*, 157.
Conciliation et arbritage. Résultats de la loi sur (Finance). *Rso. Juillet*, 210.
Employés de commerce à Paris (Les) au point de vue social. *Rso.* 1er *Juillet*, 87.
Institutions patronales de Ruysbrock et de Loth. (Hasselle). *Rso.* 16 *Juillet*, 202.
Kérosènes russes (Commerce des). *UsR. Juin*, 319.
Néo-coopératisme en France. *Ef.* 22 *Juin*, 805.
Réforme du système des poids et mesures en Angleterre. N. 11 *Juillet*, 256.
Retraites organisées par les compagnies houillières (Gibbon). *Ic. Mai*, 670.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Salaires (Minimum légal des). *Rso.* 1er *Juillet*, 70.

Socialisme (Le) R. G. Levy, *Rso.* 16 *Juillet*, 182. (Le) et l'agriculture. *Rso.* 1er *Juillet*, 65.

— Mouvement social et politique en Belgique depuis dix ans (Nyssens et Bidoine). *Rso.* 34, 66.

— Colonie socialiste au Paraguay. *Rso.* 16 *Juillet*, 232.

Travail (Accidents du). *Ef.* 29 *Juin*, 843.

— — (Loi sur les) (Gibbon). *Gc.* 29 *Juin*, 141.

CONSTRUCTIONS

Arcs en fer à culées articulées. *ZOI.* 12 *Juillet.*

Constructions en fer et ciment. Revue du génie militaire. *Juin*, 489.

Fondations sur puits de sable (Les). Schmidtauer (Andlal). *Rt.* 25 *Juin*, 282.

— Écluses à déblais (dans les) à air comprimé. *Ac. Juillet*, 98.

Pont sur la North River New-York. *ZOI.* 12 *Juillet*, 365.

— de Tourville et d'Oisel (reconstruction). *Ac. Juillet*, 106.

Tunnel du port de Glasgow. *E.* 28 *Juillet*, 819.

Voûtes en béton pilonné (Les). *ZOI.* 12 *Juillet.*

ÉLECTRICITÉ

Accumulateurs Buckland et Drake. *E.* 21 *Juin*, 815.

— oxyhidrique Warren. *CN.* 28 *Juin*, 309.

— (Fabrication et essais des) (Schoop). *Cs.* 29 *Juin*, 582.

— (Réactions électro-chimiques dans les). *El.* 28 *Juin*, 290. *Cs.* 29 *Juin*, 584.

Allumeurs Swinton. *EE.* 6 *Juillet*, 26.

Câbles à circulation d'air sec (Jaulin). *Elé.* 22 *Juin*, 585.

— (*Recouvrement des*). *Sue*, 15 *Juillet*, 666.

Canalisations concentriques (Grosselin). *Sie. Juin*, 306.

Commutateur à segments mobiles. EE. 29 *Juin*, 594.

Cuisine et chauffage Crompton. *EE.* 21 *Juin*, 562.

Différences de phase des courants alternatifs (Appareil à mesurer les) (Dear). Technology Quarterly. *Octobre* 1894, 205.

Distribution monocyclique Steinmetz. *EE.* 22 *Juin*, 546. *Rgds.* 30 *Juin*, 561 (Gay).

— Système à trois fils. Mise à terre du fil de compensation. *EE.* 29 *Juin*, 591.

— de Neufchâtel. *Ie.* 10 *Juillet*, 283.

— Loi pour l'établissement des conducteurs. *Gc.* 6 *Juillet*, 162.

Dynamos. Moteurs à champ tournant asynchrones. *Elé.* 29 *Juin*, 401.

— à courants diphasés Brown de 5 chevaux (Hanape). *EE.* 6 *Juillet*, 5.

— de laboratoire Helmer. *Ie.* 10 *Juillet*, 290.

Éclairage des trains. *Elé.* 22 *Juin*, 393.

— du canal de Kiel. *EE.* 22 *Juin*, 529. *Ie.* 25 *Juin*, 258.

— *à arc*. Lampe Nutting. *Elé.* 29 *Juin*, 407.

— — Pieper. *Ci.* 30 *Juin*, 561.

— — Lampe pour projections. Borland. *Ri.* 29 *Juin*, 258.

— Température de l'arc et du soleil (Wilson et Gray). *RsL*, 13 *Juillet*, 24.

— en série. *EE.* 29 *Juin*, 597.

— *à incandescence* (Durée et rendement des lampes). *EE.* 29 *Juin*, 596.

— Poteau pour lampes (André). *Ie.* 25 *Juin*, 270.

Électrolyse par courants alternatifs. *Ie.* 10 *Juillet*, 282.

— indirecte Andreoli. *Gc.* 29 *Juin*, 137.

— Préparation électrolytique des alliages d'étain et des métaux alcalins Vautin. *EE.* 6 *Juillet*, 27.

— Diaphragmes pour, Kellner. *EE.* 6 *Juillet*, 26. Guthrie. *Id.*, 27.

Étincelles (Production des longues) à la surface de l'eau. *EE.* 6 *Juillet*, 21.

Four électrique Acheson. *Cs.* 29 *Juin*, 585.

Galvanomètre Sullivan. *Elé.* 13 *Juillet*, 28.

Hystérésis magnétique (Holden). *El.* 6 *Juillet*, 327.

— (Perte par) dans les dynamos continus (Adams). *El.* 5 *Juillet*, 319.

Industrie électrique (L') et l'octroi de Paris. *Ie.* 10 *Juillet*, 295.

— en Suisse. *Ie.* 10 *Juillet*, 283.

Interrupteur à tirage Heller. *Elé.* 13 *Juillet*, 25.

Magnétisme. Théorie de la désaimantation (Houston et Kennelly). *EE.* 6 *Juillet*, 36.

— (Distribution du) à la surface du globe (Tello). *CR.* 8 *Juillet*, 97.

— Propriétés magnétiques des corps à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

différentes températures.(Curie). *Acp. Juillet*, 289.

Magnétisme. Propriétés magnétiques du fer. Altérations (Ewing.) *EE.* 29 *Juin*, 559.

— (Détermination du) (Franklin). *EE.* 29 *Juin*, 571.

Montages électro-magnétiques Irish. *EE.* 6 *Juillet*, 28.

Ondulations électriques. (Synthèse des) (Barr). *El.* 28 *Juin*, 286.

Orgues électriques. *Elé.* 13 *juillet*, 17.

Potentiels explosifs, statique et dynamique (Swingedawn). *CR.* 8 *Juillet*, 118.

Pile sèche Ludvigsen. *Elé.* 6 *Juillet*, 11.

— (Étude sur la) (Goodwers). Technology Quarterly. *Décembre* 1894, 329.

— thermo-électrique Cox. *EE.* 6 *juillet*, 26.

Résonnance dans les circuits de transformateurs (Bedelt et Crehore). *EE.* 29 *Juin*, 577.

Ressorts pour conducteurs Siemens. *EE.* 6 *Juillet*, 26.

Soudure électrique Lerener. *EE.* 29 *Juin*, 590. Thomson, Coffin, Parkinson (G. Richard). *EE.* 6 *Juillet*, 14.

Stations centrales. Budapesth. *VDI.* 6 *Juillet*, 789.

— Leicester. *E'.* 21 *Juin*, 531.

— Londres (exploitation en 1894). *El.* 29 *Juin*, 296.

Télégraphie (Utilisation des accumulateurs en) (Montpellier). *Elé.* 6 *Juillet*, 1.

— Câbles sous-marins Wilkinson. *El.* 5 *Juillet*, 328.

— Télégraphe sous-marin Wilkinson. *El.* 29 *Juin*, 300.

Transmission de la force dans les ateliers (Bunshwick). *EE.* 29. *Juin*, 587.

GÉOGRAPHIE

Afrique (Expansion française en). *Rgds.* 15 *Juillet* 593.

Chine. Commerce avec le Japon. *UsR. Juin*, 314, 339. — Péking. *Rs.* 6 *Juillet*, 16.

Dahomey. *Ef.* 6 *Juillet*, 7.

— (Bibliographie du). *Rmc. Juin*, 491.

États-Unis. La nouvelle Angleterre. *Ef.* 13 *Juillet*, 42.

Guyane hollandaise. *Sgc.* 15 *Juin*, 502.

Madagascar (Douliot). *Sg.* vol. XVI, 112.

Oubangui à la Bénoué. Itinéraire (Maistre). *Sg.* vol. XVI, 5.

Perse. *Ef.* 22-29 *Juin*. 13 *Juillet*, 809, 849, 44.

Touareg-Azdyr (Les) (Foureau). *Sg.* vol. XVI, 10.

GUERRE

Canon de campagne (Le) Hennebert. *Ln.* 29 *Juin*, 65.

— rapide Ternstrom. *E.* 28 *Juin*, 847.

Fortification des côtes. Revue du génie militaire. *Juin*, 528.

Fusil (Le meilleur). *Co.* 13 *Juillet*, 457.

— (Munitions du) *E'.* 28 *Juin*, 557.

Transformation du matériel militaire. *Rt.* 25 *Juin*, 10 *Juillet*, 280, 304.

HYDRAULIQUE

Aqueduc d'Achères. *Gc.* 6 *Juillet*, 149.

Barrage du Bouzey. *Gc.* 22 *Juin*, 125. *Rt.* 10 *juillet*, 311.

— les barrages réservoirs (Dumas). *Gc.* 22, 29 *Juin;* 6, 13 *Juillet*, 122, 134, 151, 172.

Canal de Kiel. *VDI.* 22 *Juin*, 741. *E.* 21, 29 *Juin*, 5, 12 *Juillet*, 783, 817, 3, 34.

Canon (Le) du Rhône et le lac de Genève. *Sg.* vol. XVI, p. 75.

Danube (Le) et son régime à Vienne. *ZOI.* 5 *Juillet*, 523,

Digue de retenue des eaux (Rousselet). *Bam. Juillet*, 600.

Distribution de force hydraulique à Londres. *VDI.* 6 *Juillet*, 804.

— d'eau de Moscou. *VDI.* 23 *Juin*, 741.

Drainage des tourbières. *E.* 5 *Juillet*, 18.

Irrigations dans le Wyoning. *In.* 20 *Juin*, 548.

Moteurs hydrauliques Avrol et Foulis. *E.* 5 *Juillet*, 29.

Pompe à puits profond des eaux de Londres. *E.* 12 *Juillet*, 42.

— à jet d'air. Théorie (Harris). *Fi. Juillet*, 32.

Pulsomètres et pompes rotatives. *Dp.* 28 *Juin*, 289.

Turbines Hercule Singrun. *Ci.* 23 *Juin*, 305.

— américaines. *Gc.* 29 *Juin*, 133.

HYGIÈNE

Atmosphère d'une grande ville manufacturière. analyse de (Mabery). *ScP.* 20 *Juin*, 869.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Désinfection par le formol. *Sn.* 13 *Juillet*, 103.
Drainage de la Chambre des Communes. *E'.* 21 *Juin*, 526.
Épuration des eaux. Procédé Bordas et Girard. *ScP.* 20 *Juin*, 667.
Étuve à désinfection Vaillard-Besson. *Ln.* 29 *Juin*, 75.
Filtration scientifique (la). *E.* 12 *Juillet*, 41.
— des eaux de Hambourg. *VDI.* 13 *Juillet*, 834.
— des eaux à Berlin. *Rt.* 10 *Juillet*, 309.
Fumées sulfureuses (Action nocive des). *Rs.* 13 *Juillet*, 61.
Respirateurs Loeb. *Si.* 29 *Juin*, 67.
Venins (Immunités contre les) (Fraser). *Rs.* 13 *Juillet*, 43.
Voierie (la). *Fi. Juillet*, 56.

MARINE, NAVIGATION

Allemagne. (La construction navale en). *VDI.* 15 *Juin*, 679.
Canal de Kiel VDI. 22 *Juin*, 741. *E.* 21, 29 *Juin*. *S.* 12 *Juillet*, 783, 817, 3, 34.
Constructions navales. Assemblages des tôles de navires. Bell et Rocliffe. *E'.* 5 *Juillet*, 19.
— Chantiers et ateliers de la Clydebank Shipbuilding C°. *E.* 12 *Juillet*, 31.
— Recouvrement des coques d'acier en bois et cuivre (White). *E.* 21-28 *Juin*, 813, 843. En cellulose. *Fi. Juillet*, 53.
— Roulis des navires (Bertin). *E.* 21 *Juin*, 810.
— Porte de cloisons Van Olifen. *E'.* 5 *Juillet*, 5.
— Lois de similitude (dans les) (Normand). *E.* 12 *Juillet*, 54.
— Machinerie du paquebot *Saint-Louis*, *E.* 21 *Juin*, 800.
— Planimétrie des coques. *VDI.* 13 *Juillet*, 843.
Distillateur Normanby. *E.* 5 *Juillet*, 12.
États-Unis (La marine des). *Rs.* 29 *Juin*, 809
Gouvernails électriques (Les). *VDI.* 22 *Juin*, 751.
Houle (Extention de la) aux grandes distances (Boussinesq). *CR.* 24 *Juin*, 18 *Juillet*, 1381, 15, 85.
Loch électrique Baule. *Elé.* 29 *Juin*, 407.
Marine de guerre. Perte du *Victoria*. *Rmc. Juin*, 545.
— Le croiseur *Terrible*. *E.* 28 *Juin*,, 823.
Marine de guerre. Rencontres et chasses à la mer (Tournier). *Rmc. Juin*, 430.
Pêcheries américaines à Chicago. *Rmc. Juin*, 545.
Pirogues en aluminium. Ln. 29 *Juin*, 75.
Réservoirs (Les grands) et la navigation intérieure. *Ef.* 6 *Juillet*, 3.
Roues à aubes nouvelles. *VDI.* 15 *Juin*, 719.
Yachts Winans. *E.* 28 *Juin*, 848.

MÉCANIQUE

Aérostation. Ballon captif de 3000me. *In*, 12 *Juillet*. 21. *Rt.* 10 *Juillet*, 289.
Ascenseurs Otis. *E.* 28 *Juin*, 821. Kerr. *E.* 28 *Juin*, 847.
Aiguilles (Fabrication des). *Sue.* 1er *Juillet*, 609.
Bielle et *manivelle* Cinématique (de la) *VDI.* 15 *Juin*, 716. *E.* 12 *Juillet*, 55.
Chaudières (Les). *Dp.* 21 *Juin*, 272.
— (Contrôle des). *Dp.* 12 *Juillet*, 37.
— (Essais de) *E.* 12 *Juillet*, 42.
— (Explosion de). Redcar. *E'.* 21 *Juin*, 525, *E.* 12 *Juillet*, 51, *Ri.* 13 *Juillet*, 277.
— *tubulées* (Les) (Normand). *E'.* 28 *Juin*, 564, *E.* 12 *Juillet*, 59, *Ri*, 13 *Juillet*, 273. Belleville. *E.* 22, 28 *Juin*, 815, 823. *E'.* 28 *Juin*, 548. Montupet. *Ri.* 22 *Juin*, 241. Niclause. *E'.* 28 *Juin*, 559. Stirling. *E.* 28 *Juin*, 5 *Juillet*, 825, 30.
— *Mixtes.* Solignac. *Ie.* 25 *Juin*, 263. Galloway. *E.* 12 *Juillet*, 65.
— Chauffe (Efficacité des surfaces de). *E.* 12 *Juillet*, 50.
— Combinaison de chaudières de différents types (Segunday). *E.* 21 *Juin*, 792.
— Purgeurs Meyer et Junge. *Ri.* 13 *Juillet*, 278. Socinor. *E.* 12 *Juillet*, 43.
— Émulseur Dubiau. *Ci.* 30 *Juin*, 331.
— *Foyers* (Porte de) Serve. *E.* 21 *Juin*, 816. *Fumivores* Espen. *E.* 12 *Juillet*, 65. Mugna. *Ci.* 14 *Juillet*, 382 et grilles. *Dp.* 21, 28 *Juin*, 272, 298. *Ondulés.* Blake. *E.* 5 *Juillet*, 30. *Au pétrole* Kermode. *E.* 5 *Juillet*, 30. *A gadoues* Baker. *E.* 12 *Juillet*, 66. *A tirage forcé* Meldrum et *pour menus* Eckley Coxe. *Rt.* 10 *Juillet*, 307 et 308.
— Soupapes de sûreté américaines, *ZoI*, 21 *Juin*, 341.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Chaudières. Surchauffeurs Rosenthal. *E.* 21 *Juin*, 816.
Chaînes Klatte. Essais *Sue.* 15 *Juin*, 575.
Compresseurs d'air Walker. *E.* 5 *Juillet*, 29.
— De la New-York Air Brake C° *Eam.* 6 *Juillet*, 5.
Concasseur Marsden. *E'.* 28 *Juin*, 554.
Contrôleur de rondes. Gosse. *Ri.* 6 *Juillet*, 161.
Débrayage électrique. *In.* 20 *Juin*, 545.
Drague marine porteuse. *Ri.* 25 *Juin*, 283.
Elasticimètre. Noël et Clermont. *Suc.* 15 *Juin*, 575. Greenleaf. *Fi. Juillet*, 27.
Frottement de glissement (Loi du) (de Painlevé). *CR.* 8 *Juillet*, 112.
Froid. Progrès des machines frigorifiques. *VDI.* 15 *Juin*, 697.
Garniture à cuirs emboutis Boulet. *Bam. Juillet*, 364.
Graisseurs pour manivelle. Lnndley. *E.* 21 *Juin*, 816.
— Valeur des lubrifiants. Industria. 14 *Juillet*, 435.
Horlogerie. Industrie de la montre aux États-Unis. Revue chronométrique. *Juin*, 280.
— Horloge astronomique de Lyon. *Ln.* 29 *Juin*, 71. Pendule éventail. *Ln.* 6 *Juillet*, 92.
Joints de vapeur au carbominium. *Ci.* 14 *Juillet*, 383.
Levage (Appareil hydraulique pour le) des essieux de locomotives. *Gc.* 22 *Juin*, 121.
— Transporteur électrique de Victoria-Station. *E.* 28 *Juin*, 841. Grues électriques des ports. *VDI.* 13 *Juillet*, 825.
— Monte-charges hydraulique de la gare Montparnasse. *Pm. Juillet*, 98.
Machines à bois. Scie à ruban horizontal Landis. *E'.* 5 *Juillet*, 23.
— Scie circulaire double Colburn. *Ri.* 6 *Juillet*, 261.
Machines outils à polir les tubes Mac-Ghee. *E.* 22 *Juin*, 815.
— Raboteuse universelle Shanks. *E.* 5 *Juillet*, 9.
— Cisaillement et poinçonnage, théorie expérimentale (Fremont). *CR.* 24 *Juin*, 1408; *Ln.* 29 *Juin*, 77.
— Marteau à friction Koch. *Ri.* 29 *Juin*, 253.
— Cisaille Harvey. *E.* 28 *Juin*, 824.
— Machine à fabriquer les écrous Bennett. *E.* 12 *Juillet*, 65.
Machines outils. Perceuse électrique Kodolitsh. *EE.* 22 *Juin*, 558.
— Dresseuse de tôles Harvey. *E.* 28 *Juin*, 824.
— *Petite meule d'atelier Raffard. Bam. Juillet*, 393.
— Presse à forger Fielding et Platt. *E'.* 28 *Juin*, 547.
— Perceuse électrique Oerlikon. *Sue.* 1er *Juillet*, 634.
— Fraiseuse aléseuse Wilkinson. *E'.* 28 *Juin*, 550.
— Géométrie de la fraise (Pregel). *Dp.* 21 *Juin*, 265.
— Aciers profilés pour outils. *Ci.* 7 *Juillet*, 361.
— Tour à couper les barres Noble. *Ri.* 13 *Juillet*, 273.
Meunerie. Mélangeurs Airton, Weber, Zeidler. *Ci.* 29 *Juin*, 308.
Moteurs *à gaz* Southall. *Rc.* 22 *Juin*, 242.
— — Thwaites (au gaz pauvre). *E'.* 5 *Juillet*, 3.
— — Pour stations électriques. *El.* 29 *Juin*, 297.
— — Comparés à la dynamo pour les petites forces. *Dp.* 5 *Juillet*, 16.
— — et à pétrole à l'exposition d'Anvers. *Ru. Mai*, 128. *VDI.* 29 *Juin*, 770.
— *à pétrole* de faible puissance (Gay). *Rgds.* 15 *Juillet*, 574.
— — Carter. *E.* 28 *Juin*, 286. *E'.* 5 *Juillet*, 7.
— — Britannia C° (Robey). *E.* 5 *Juillet*, 7 et 9.
— — Locomobiles (Clayton). *E'.* 28 *Juin*, 552.
(Howard). *E'.* 28 *Juin*, 554. *E.* 28 *Juin*, 828. (Gibbons). *E.* 28 *Juin*, 828.
— *à vapeur* (Essais des). *E.* 5 *Juillet*, 17. Pilon Robey. *Ri.* 22 *Juin*, 248. Corliss triple expansion Frikart. *Gc.* 6 *Juillet*, 161.
— — Surchauffée Smith. *Rt.* 25 *Juin*, 271.
— — Avec cylindre à réchauffage constant Lacroix. *Ri.* 29 *Juin*, 255.
— — Et air Field. *Es. Avril*, 5. *E'.* 5 *Juillet*, 15.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Moteurs *à vapeur*. Distributions Delville Anspach. *Ru. Mai*, 109. Honegger. *E.* 12 *Juillet*, 65.
— — Espaces nuisibles (Les). *E'*, 12 *Juillet*, 41.
— — Pistons (garnitures de) Lochwood. *E.* 21 *Juin*, 815.
— — (Régularisation des) (Johnson). *E.* 21 *Juin*. 807.
— — Régulateurs centrifuges (Les) (Tolle). *VDI.* 22, 29 *Juin*, 735, 777. — Direct Mann et Charlesworth. *E'.* 5 *Juillet*, 9.
— — Pour machines marines Wilson et Morrison. *E.* 5 *Juillet*, 30.
— — Turbine de Laval (Sosnowsky). *Ic. Mai*, 697.

Presse à copier hydraulique. *E'.* 5 *Juillet*, 23.
Robinet Bony. *Bam. Juillet*, 596.
Scléromètre Malher Digeon. *Ri.* 22 *Juin*, 248.
Sand blast Mathewson. *Dp.* 5 *Juillet*, 12.
Tachéomètre Charnot. *Rt.* 25 *Juin*, 284.
Textiles (Les industries) en Allemagne. *SA.* 28 *Juin*, 741. — Moyen de reconnaître les anciennes broderies (Cole). *SA.* 12 *Juillet*, 757. — Nouveaux métiers à tisser. *Dp.* 5, 12 *Juillet*, 5, 31.
— Jacquard Reuter. Industria. 14 *Juillet*, 438.
Théorie mécanique de la chaleur (Brun). *Rmc. Juin*, 468.
Transmissions. Expériences sur le frottement et le graissage (Hanappe). *Ru. Mai*, 160.
— Commande de deux arbres à 90° par courroies croisées superposées. *Ri.* 6 *Juillet*, 268.
Ventilateurs Rubble. *E'.* 5 *Juillet*, 5.

MÉTALLURGIE

Aluminium. Procédé Hall. *Eam.* 22 *Juin*, 581. *In.* 12 *Juillet*, 25.
Alliages d'argent, (Fowler et Hartog). *ScP.* 5 *Juillet*. 920. — (Les) (Le Chatelier). *Rgds.* 30 *Juin*, 530.
— (Rapport du Comité des Mechanical Engineers sur les) (R. Austen). *E.* 21 *Juin*, 811.
Argent électrolytique (L') (Hendryxon). *ScP.* 20 *Juin*, 865.
Bronzes (Dosage rapide du manganèse dans les). (Jones). *Ms. Juillet*, 520.
Coke (Fours à) allemands en Amérique. *Sue.* 1er *Juillet*, 636.
Cuivre. Affinage électrolytique en Amérique. *Dp.* 21 *Juin*, 284.
— Essai du — et des mattes. *Eam.* 29 *Juin*, 602.
— Fonte au cubilot Herbertz. *Cs.* 29 *Juin*, 578.
Étamages Bangert. *E.* 28 *Juin*, 848.
Ecrouissage des métaux (Faurie). *CR.* 24 *Juin*, 1407.
Fer et Acier. Forgeage et coulée de l'acier au creuset pour outils (Kern). *CN.* 28 *Juin*, 307. 5 *Juillet*, 5.
— Emploi de la baryte pour le dosage du cuivre dans l'acier (Handy). *ScP.* 20 *Juin*, 270.
— Dosage du nickel dans l'acier au (Campbell). *ScP.* 20 *Juin*, 865. — Volumétrique du phosphore dans les aciers et les fontes (Noyes), *ScP.* 20 *Juin*, 865. — du fer dans les minerais, procédé Zimmermann-Reinhart. *ScP.* 5 *Juillet*, 923.
— (Micrométallurgie des). (Andrews). *Eam.* 6 *Juillet*, 7.
— Fontes en coquille. *Dp.* 12 *Juillet*, 25.
Sidérurgie en Saarre et Moselle. *Sue.* 1er *Juillet*, 617. *VDI.* 15 *Juin*, 705. *Sue.* 15 *Juillet*, 656. Au Brésil, *Gc.* 13 *Juillet*, 165.
Trempe (moyen de resserrer les frettes par la) (Dolo). *Bom. Juillet*, 598.
Aciers au réverbère. Travaux de Le Chatelier. *Im.* vol. VIII, 845.
— Fabrication. Procédé Esteve. *Cs.* 29 *Juin*, 580.
— et fonte homogène Lencauchez. *Cs.* 29 *Juin*, 582.
— Carbone dans les aciers fondus (Wedding). *Sue.* 15 *Juin*, 570.
— l'arsenic (dans les) (Stead). *Sue.* 15 *Juillet*, 653.
Fumées et poussières métalliques. (Condensation des) (Le Verrier). *Im.* vol. VIII, 929.
Mercure. (Métallurgie du) à Guadaleazar (Mexique.) *Eam.* 29 *Juin*, 607.
Or. Procédé au cyanure, à Victoria. *Eam.* 22 *Juin*, 582. Dissolution dans les cyanures (Warwich). *Eam.* 29 *Juin*, 604.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Or. Procédé Sulmann. *Gc.* 13 *Juillet*, 179.
— Procédé Siemens, *Cs.* 29 *Juin*, 579, 583.
— Traitement des liqueurs d'or et d'argent. Pélatan. *Cs.* 29 *Juin*, 582.
Préparation mécanique. Théorie des appareils de lavage (Richards). Technology Quarterly. *Octobre*, 1894, 232.
Plomb. (Installations hygiéniques des usines, de) à Friederichsuhe. *Em.* vol. VIII, 933.
Résistance. Effet de la chaleur sur la — des métaux. *Suc.* 1er *Juillet*, 622.
Silicium. Réduction par le charbon (Moissan). *CR.* 24 *Juin*, 1343.
Zinc. Analyse des minerais et des produits de fabrication (Meyer). *Ms Juillet*, 518.
— Traitement des minerais complexes. (Hart). 29 *Juin*, 546.

MINES

Chrome. Mines des Galles du Sud. *Eam.* 29 *Juin*, 603.
Corindon de Georgie. *Eam.* 15 *Juin*, 558.
Diamant (Le). *Co.* 22 *Juin*, 373.
— *Électricité* (Emploi de l') — puits Margarit. *E.* 5 *Juillet*, 2.
— à Silverton. *Eam.* 22 *Juin*, 580.
Étain. Mines du North Quesnland. *Eam.* 15 *Juin*, 550.
Houille. Bassin du Donetz. *Im.* vol. VIII, 869.
— Formation de la — (Coste). *id.* 941.
— Appropriation d'un puits d'air. *id.* 883.
— Appareil à abattre les poussières dans les mines de — (Ross). *E.* 5 *Juillet*, 29.
Or. État de l'industrie des mines. *In.* 20 *Juin*, 5, 12 *Juillet*, 535, 10, 32.
— Types principaux de mines d'or. Californie. *Rt.* 10 *Juillet*, 296.
Mines métalliques du New Zeeland. *Cs.* 29 *Juin*, 612.
— de la Haute Silésie. (Hofer). *Ru*, *Mai*, 207.
Perforatrice (Les). *Dp.* 12 *Juillet*, 36.
— Lessens. *Suc.* 15 *Juillet*, 677.

PHOTOGRAPHIE

Les appareils photographiques. *Ci.* 7 *Juillet*, 353.
Bromo-lampe. Marion. *In.* 20 *Juin*, 562.
Cylindrographe. Moessart. *Si.* 6 *Juillet*, 91.
Compact Camera. Mackenstein. *Sfp.* 1er *Juillet*, 323.
Contretypes à la chambre noire. Balagny. *id.* 329.
Expériences sur glaces orthochromatiques. (Vallot). *id.* 313.
Héliochromie composite (L'). (Ives). Technology Quarterly. *Décembre*, 1894, 317.
Jumelle stéréoscopique Mackenstein. *Sfp.* 1er *Juilllet*, 32.
— Carpentier, perfectionnée. *id.* 327.
Obturateur Decaux. *id.* 324.
Orthochromatisme (L') (Lumière). *Sfp.* 15 *Juin*, 300, 308.
Va-et-vient. Echasoux. *Sfp.* 1er *Juillet*, 321.
Pile photo-électrique Fitzgerald et Wilson. 11 *Juillet*, 247.

Le Gérant : Gustave Richard.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

94e ANNÉE. Quatrième Série, Tome X. AOUT 1895.

BULLETIN

DE

LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

ARTS MÉCANIQUES

RAPPORT *fait par* M. ALFRED TRESCA, *au nom du Comité des Arts mécaniques, sur une* MACHINE A RÉDUIRE ET A SCULPTER *de M. le capitaine* CHASTANET.

Sans parler des anciens tours à portraits, dont l'invention date d'une époque assez reculée (1), le système de réduction imaginé par Collas a conduit à la vulgarisation des modèles artistiques les plus renommés, en permettant leur réduction parfaite, d'une manière pour ainsi dire individuelle, et certains fabricants de bronze ont dû, en grande partie, leur renommée à l'emploi de ces procédés de réduction.

Depuis lors, ces procédés se sont perfectionnés, mais ils exigeaient toujours l'emploi de machines compliquées, pour lesquelles une exécution de grande précision était indispensable.

M. le capitaine Chastanet, du 12e régiment d'artillerie, a présenté à la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale une machine à réduire de son invention, d'une construction notablement plus simple que celles jusqu'ici en usage lorsque l'on veut, au moyen d'un modèle en bas-relief ou en ronde bosse, obtenir un objet semblable, de dimensions ordinairement plus petites que le modèle à reproduire.

Au lieu de modifier à chaque instant la position de l'outil devant entamer la surface à préparer en même temps que la position du palpeur devant rencontrer successivement les différents points de la surface du modèle, M. le capitaine Chastanet s'est posé le problème inverse.

(1) Le Conservatoire des Arts et Métiers possède, dans ses collections, un tour à portrait donné par le tzar Pierre le Grand.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'outil et le palpeur étant fixés en deux points déterminés d'un bras rectiligne manœuvré à la main, pouvant tourner autour d'un axe fixe et, en même temps, s'abaisser ou se relever suivant les reliefs à reproduire, le modèle et la masse à sculpter sont réunis l'un à l'autre par un système de leviers articulés, constituant un pantographe ordinaire, qui permet le déplacement de ces deux pièces devant les outils correspondants, de manière que ces déplacements simultanés se trouvent dans le même rapport que celui de la réduction à obtenir.

Si donc l'on vient à déplacer les deux plateaux chaque fois que l'outil et le palpeur auront décrit en projection horizontale deux arcs de cercle d'une amplitude suffisante, on pourra recommencer la même opération un certain nombre de fois et obtenir ainsi, par arcs de cercle successifs, le contact du palpeur avec tous les points de la surface du modèle et le découpage, par l'outil, de la matière à la surface de laquelle doit être obtenue l'image réduite.

M. Chastanet conseille de faire l'opération en deux fois, en chaussant le palpeur d'un manchon le relevant d'une certaine quantité, et relevant ainsi, de quantités proportionnelles, l'outil devant attaquer le bloc à préparer. En déplaçant les deux plateaux devant l'outil et le palpeur, et en déplaçant aussi le levier portant ces deux outils, on obtient une surface dégrossie, qui peut être terminée avec tout le fini voulu en enlevant ensuite l'enveloppe du palpeur et en obligeant celui-ci à venir rencontrer les différents points du modèle.

S'il s'agit d'une matière se travaillant facilement, comme la paraffine, l'outil employé peut être un simple burin ; s'il s'agit, au contraire, de matière plus dure, telle que l'ivoire, par exemple, le burin devra être remplacé par une petite fraise à mouvement rapide de rotation permettant de tailler l'ivoire avec une grande facilité.

Avant de décrire les dispositions de la machine inventée par le capitaine Chastanet, et dont un spécimen a pu fonctionner comme réducteur de médaillons, il est nécessaire d'indiquer les deux principes sur lesquels repose cette invention.

1° Si deux figures F et f sont (fig. 1) semblables et semblablement placées par rapport à un centre de similitude O, et si l'on prend, sur un rayon vecteur issu du point O, deux points M et m tels que les segments OM et Om soient entre eux dans le rapport de similitude des deux figures F et f, les points M et m seront des points homologues de ces deux figures.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2° Si deux figures F et f sont (fig. 2) homothétiques par rapport à un centre de similitude O, et si l'on imprime à ces deux figures des translations parallèles et proportionnelles, c'est-à-dire telles que les points M et m viennent respectivement en M_1 et m_1, les segments MM_1 et mm_1 étant parallèles et dans le rapport de similitude, les deux figures F et f, dans leur nouvelle position, seront encore homothétiques par rapport au centre de similitude O.

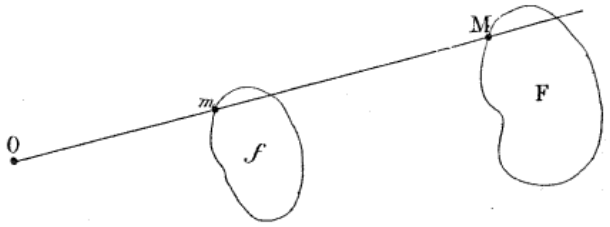


Fig. 1.

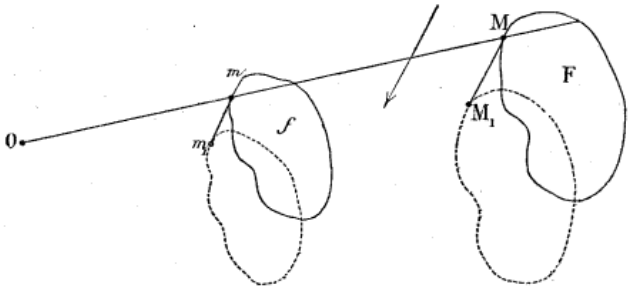


Fig. 2.

Ces deux principes étant posés, dont le second, s'il n'a pas été énoncé ici pour la première fois, est du moins peu connu, supposons que, sur deux guides parallèles G et G', on dispose (fig. 3) trois plateaux, A, B et C, reliés entre eux par les tiges articulées d'un pantographe, aux points a, b, c, qu'en un point

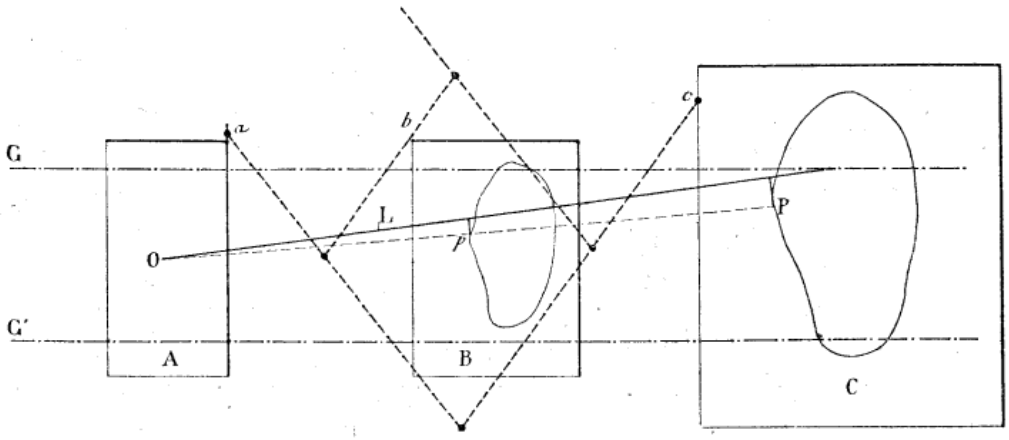


Fig. 3.

du plateau A on dispose le centre O d'oscillation d'un levier L, que, sur le plateau B, on fixe le bloc de paraffine à tailler, et qu'enfin, sur le plateau C, on dispose le modèle à reproduire.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Si, sur le levier L, on dispose, en p et P, deux pointes qui, jointes au point O, soient sur une même ligne droite OpP, et tels que, de plus, on ait la relation

$$\frac{OP}{Op} = \frac{ac}{ab},$$

il suffira de faire varier la position des plateaux B et C, après avoir fixé à demeure le plateau A, en agissant sur l'un ou sur l'autre de ces plateaux mobiles, pour être assuré que ces déplacements rectilignes seront toujours dans le même rapport $\frac{OP}{Op}$.

En amenant le palpeur P successivement au contact des différents points du modèle, le burin, dont la pointe est supposée en p, sera obligé de venir enlever de la matière en différents points du bloc de paraffine, en préparant ainsi sa surface de manière à la modeler en réduction du modèle situé sur le plateau C.

Il est de toute évidence que l'on peut immobiliser l'un quelconque des trois plateaux A, B et C. Si l'on emploie un modèle de grand poids disposé en C, ce sera ce plateau C que l'on fixera à demeure sur la table de la machine, en laissant aux plateaux A, B toute la mobilité nécessaire. Ce plateau pourrait même être supprimée complètement et remplacé par une selle de sculpteur portant l'objet à reproduire. Si la matière à préparer exige l'emploi d'une fraise au lieu d'un burin, ce sera le plateau A qui sera maintenu immobile, et, de ce plateau, devra partir la transmission par corde ou par arbre flexible actionnant l'arbre de la fraise.

Ces différents mouvements sont les seuls nécessaires lorsqu'il s'agit de bas-reliefs; mais lorsqu'il s'agit de réductions en ronde bosse, il est indispensable d'ajouter des rotations simultanées du modèle et du bloc à tailler, en disposant les tiges des deux outils p et P de manière que le burin, par exemple, puisse se fixer au-dessous du levier L, dans une direction horizontale, et que le palpeur, formé d'une tige coudée à angle droit, puisse se fixer sur l'une des faces latérales de ce même levier.

Quant à la réalisation pratique de la machine à réduire, les figures 4 et 5 donnent, en élévation et en plan, la disposition d'ensemble de cet appareil.

En A se trouve le plateau portant en dessus un joint universel destiné à donner une grande mobilité au levier L. Ce levier porte en p le burin, et en P la touche ou palpeur venant se poser en un point du modèle disposé sur le plateau C.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Un réglage préalable, nécessitant l'emploi d'une règle divisée que l'on vient placer en dessous du levier L, de manière à amener le burin p et le palpeur P dans les positions relatives voulues en déplaçant le levier lui-même sur le corps cylindrique qui lui sert d'axe horizontal, permet d'amener la ligne droite passant par les pointes des deux outils à rencontrer le centre du joint universel.

Entre les deux plateaux extrêmes A et C se trouve le plateau B, sur lequel

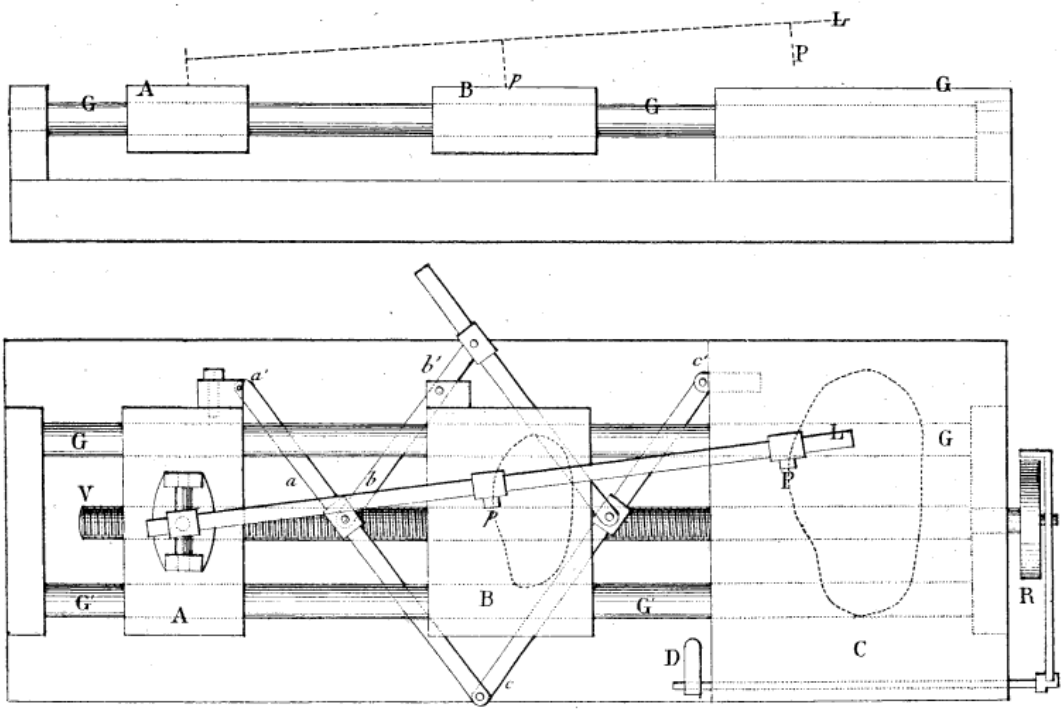


Fig. 4 et 5.

est fixé le bloc de paraffine par exemple, et ces trois plateaux, supportés par deux tiges horizontales d'un gros diamètre, GG et G'G', sont reliés par les branches d'un pantographe a, b, c, disposé en dessous.

La branche a est fixée en un point a' du plateau A, la branche b est articulée en b' au plateau B, et enfin le levier c est attaché en c' au plateau C.

Lorsqu'il s'agit seulement de réductions à la pointe, sans qu'il soit nécessaire de faire usage d'une fraise, la vis horizontale V, qui ne peut que tourner sur elle-même, permet le déplacement du plateau A au moyen d'un écrou fixé au-dessous de ce plateau.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les déplacements successifs de ce plateau étant toujours assez faibles, il est possible de les obtenir en agissant sur un doigt D, oscillant autour d'un axe horizontal, et transmettant à distance le mouvement intermittent à une roue à rochet R fixée à l'extrémité de la vis V.

L'opérateur n'a donc qu'à saisir, d'une main, l'extrémité du levier L, de manière à promener constamment le palpeur sur la surface du modèle, et à agir, de temps en temps, sur le doigt D pour obtenir la rotation intermittente de la vis V, et, par suite, le mouvement d'avancement du plateau A, le plateau C étant supposé fixe, et le plateau B recevant son mouvement par l'intermédiaire du pantographe.

La machine à réduire ainsi disposée est relativement assez simple et d'une construction n'exigeant presque pas de travail d'ajustage; les parties mises en mouvement par la main de l'homme, constituées par le levier portant les deux outils, sont considérablement allégées, et cette machine permet d'obtenir des réductions d'une grande précision.

Le Comité des Arts mécaniques vous propose de remercier M. le capitaine Chastanet de son intéressante communication et d'insérer le présent rapport dans les *Bulletins* de la Société, avec les figures nécessaires pour faire connaître les principes sur lesquels repose la machine à réduire et à sculpter, ainsi que la disposition de cette machine telle qu'elle a été réalisée par son inventeur.

Signé : A. TRESCA, *rapporteur.*

Approuvé en séance le 26 *juillet* 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS CHIMIQUES

Revue des perfectionnements apportés récemment a l'industrie de la distillerie,

par **M. L. Lindet**, *Professeur à l'Institut national agronomique, Membre de la Société.*

J'ai entretenu, il y a quelques mois, la Société des progrès accomplis récemment dans l'industrie du sucre (1) ; la Rédaction du *Bulletin* a pensé qu'il serait intéressant de mettre en parallèle ceux qu'a réalisés l'industrie de l'alcool. Mais la tâche est plus difficile et la question plus complexe. Si la fabrication aboutit à un produit unique : l'alcool, ce n'est pas à une matière première unique qu'elle le demande. L'emploi des boissons fermentées des betteraves, des mélasses, des grains et des pommes de terre donne lieu à des industries différentes, soucieuses, les unes et les autres, des perfectionnements capables de leur assurer la supériorité. Mais plusieurs de ces perfectionnements sont applicables à deux ou trois des branches de la distillerie ; aussi ai-je pensé qu'au lieu de diviser le sujet en autant de chapitres qu'il y a de matières premières employées, il était préférable de séparer les différentes étapes que la fabrication parcourt dans chacune de ces industries pour obtenir finalement l'alcool. Quelle que soit la matière première employée, il faut, en effet, préparer le moût, le faire fermenter, le distiller ; purifier et rectifier le flegme ; utiliser les résidus. Ce sont ces différentes étapes que je me propose d'examiner, en signalant les perfectionnements apportés, pour chacune d'elles, aussi bien dans la distillerie de vins et de betteraves que dans la distillerie de grains, de mélasses ou de pommes de terre.

I. — Préparation du moût

a. *Emploi de la diffusion dans la distillerie de betteraves.* — Dès les premières années de l'apparition, en sucrerie, du système d'épuisement par diffusion, la distillerie songea à substituer ce nouveau procédé au procédé d'extraction du jus par macération ou par pressurage.

Les phénomènes physiques qui président à l'épuisement de la betterave par macération ou par diffusion sont les mêmes, et il semblait que les opérations ne dussent pas présenter plus de difficultés dans un diffuseur fermé que dans une cuve ouverte. Cependant, dès le début, on se heurta aux difficultés que présentait l'installation du nouveau procédé.

(1) *Bulletin* de Février 1895, p. 147.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

D'abord, les petites distilleries agricoles, travaillant 25 000 à 50 000 kilos de betteraves par jour, ne devaient pas songer à l'adopter, une batterie de diffusion ne pouvant traiter économiquement moins de 100 000 kilos.

Il fallait ensuite renoncer aux anciens coupe-racines Champonnois, donnant des cossettes plates qui se seraient trop tassées dans les diffuseurs, et eussent empêché la circulation des jus; il fallait adopter les coupe-racines de sucrerie donnant des cossettes *faîtières* ou triangulaires.

Il fallait aussi renoncer à l'emploi de la vinasse pour épuiser les cossettes, et se servir d'eau, comme en sucrerie. Or, la vinasse a l'avantage de ne ne pas enlever à la cossette les matières azotées et salines, qui restent au bétail, et elle forme en outre, pour la levure, un excellent bouillon de culture. L'eau, au contraire, délave la cossette, et ne fournit pas une solution assez concentrée en sels et en matières azotées pour nourrir la levure. Cette nécessité de rejeter les vinasses du travail de la distillerie vient de ce que ces vinasses sont acides et attaquent la tôle dont les diffuseurs sont d'ordinaire construits. De plus, si l'on épuise à l'eau, on évite difficilement, dans la batterie, les fermentations lactique et butyrique. Ces fermentations qui n'ont, en sucrerie, d'autre inconvénient que de diminuer d'une façon insensible le rendement, présentent, en distillerie, un véritable danger, en ce sens qu'elles entravent la fermentation alcoolique. Il faut donc aciduler l'eau ou la cossette au moyen d'un acide minéral pour arrêter les ferments lactique et butyrique, et l'on voit alors, comme dans le premier cas, les jus acides attaquer les diffuseurs.

M. Boullenger, distillateur à Moyenneville (Oise), a, dans le but de conserver l'emploi des vinasses, fait construire une batterie de diffuseurs dont les parois de tôle sont intérieurement garnies de bois. Ce système présente l'inconvénient d'être d'un nettoyage difficile et d'exiger de fréquentes réparations.

M. Boullenger n'a pas tardé à le reconnaître et à substituer à ces diffuseurs en bois des diffuseurs entièrement en fonte, celle-ci n'étant pas attaquée par la vinasse acide. C'est avec des diffuseurs de ce genre que M. Boullenger a monté les distilleries de Boulleaume (Seine-et-Oise), de Merval (Aisne), etc.

MM. Wauquier et fils, de Lille, installaient en même temps des diffuseurs en fonte aux distilleries de Deulémont (Nord), de Lieusaint (Seine-et-Marne), de Guyancourt (Seine-et-Oise), puis à celles de Wambrechies (Nord), de Quesnoy-sur-Deule (Nord), de Montsoult (Seine-et-Oise), de Persan-Baumont (Oise), de Lomme (Nord), etc. MM. Warein et Defrance en installaient à Houdain (Pas-de-Calais) et à Wanarvilliers, et M. Barbet établissait également la diffusion à la vinasse dans un certain nombre d'usines.

Quand il est appliqué à la distillerie, l'appareil de diffusion est en général simplifié, en ce sens qu'il ne comporte pas de calorisateurs. Le jus est réchauffé dans la batterie même au moyen d'injecteurs de vapeur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans l'appareil de M. Boullenger, la vinasse, venant d'un réservoir peu élevé, est distribuée dans 10 diffuseurs par un robinet à dix voies. Dans l'appareil de MM. Wauquier et fils, la distribution a lieu par des soupapes identiques à celles des batteries de sucrerie.

M. Boullenger alimente le diffuseur de queue, celui qui contient les cossettes presque épuisées, avec des vinasses chaudes; les liquides soutirés de ce dernier (n° 10) et de l'avant-dernier diffuseur (n° 9), constituant ce que l'on nomme les petits jus, sont remontés à l'aide d'une pompe et entrent dans le diffuseur n° 8, pour, de là, circuler dans la batterie. Le jus ne pénètre pas, comme en sucrerie, par le bas du diffuseur de tête, celui qui contient les cossettes fraîches, mais par le haut, où il est divisé au moyen d'une tôle perforée; on n'opère donc pas le *meichage* dans les conditions ordinaires. Les jus se refroidissent, dans ce diffuseur de tête, au contact des cossettes froides, et peuvent, après une légère réfrigération, être envoyés à la cuverie.

M. Barbet préfère envoyer en queue de l'appareil de l'eau froide, de façon à désacidifier les cossettes épuisées et à faciliter leur pressurage. Il emploie alors de la vinasse au moment de la poussée du jus au bac, et de l'eau au moment du meichage; et, de cette façon, évacuant l'eau dont est rempli le diffuseur de queue au moment où il doit être vidé de ses cossettes épuisées, M. Barbet supprime le réemploi des petits jus.

La distillerie ne se préoccupe pas autant que la sucrerie d'obtenir des jus concentrés; aussi, la quantité de jus extrait, bien qu'avec des betteraves plus pauvres en général, atteint-elle 13 à 15 hect. par 1 000 kilos, alors, qu'en sucrerie, elle ne dépasse guère 11 à 12 hect. L'épuisement est analogue à celui que l'on obtient dans la fabrication du sucre; la cossette ne renferme que de 0, 10 à 0, 25 p. 100 du sucre contenu dans la betterave, tandis que, dans le procédé par macération, on considère un épuisement de 0, 50 comme très satisfaisant.

En dehors de l'avantage que présente un meilleur épuisement, en dehors de celui que présente l'économie de main-d'œuvre, le procédé de la diffusion permet encore de travailler des betteraves riches dont la culture est plus rémunératrice. Le procédé par macération est trop lent pour que l'on puisse espérer, dans les conditions actuelles, épuiser des betteraves à grande richesse; celles-ci restent trop longtemps dans les cuves de macération, et y sont envahies par la fermentation gommeuse ou pectique.

Il ne faut cependant pas exagérer la portée de l'inconvénient que présente, pour la petite distillerie, l'obligation où elle se trouve de ne faire usage que de betteraves pauvres. Celles-ci épuisent les terres davantage, mais, fournissant plus de racines à l'hectare, elles livrent au bétail du distillateur agricole une plus grande quantité de pulpe.

A ce chapitre, se rattache encore la question des coupe-racines. Nous avons

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dit plus haut que les cossettes doivent être faîtières ou triangulaires, d'une forme telle qu'elles ne se tassent pas dans le diffuseur et permettent la circulation des jus. Dans beaucoup de distilleries de betteraves, même dans celles qui emploient le procédé par macération, on fait usage du coupe-racines de sucrerie. M. Stéphen David a imaginé un coupe-racines, que construit M. Egrot, dans lequel les couteaux sont disposés verticalement, suivant les génératrices d'un cylindre, qui est fixe; les betteraves arrivent à l'intérieur, sont projetées contre les couteaux au moyen d'un poussoir rotatif, et découpées en cossettes.

B. *Procédé de M. Martinand pour la préparation du moût de pommes de terre.* — M. Martinand, reprenant l'idée de MM. Bondonneau et Foret, a conseillé d'utiliser le matériel des distilleries de betteraves pour la préparation du moût de pommes de terre (1). Les tubercules sont découpés en cossettes et mis à diffuser dans les macérateurs en présence de l'acide chlorhydrique. Comme dans le procédé cité plus haut, si l'on a soin de faire passer l'eau pure dans le macérateur de queue, les cossettes désacidifiées peuvent être utilisées à la nourriture du bétail.

C. *Emploi de l'acide fluorhydrique pendant la saccharification des grains et des pommes de terre.* — On verra plus loin les avantages que l'on peut tirer de l'emploi de l'acide fluorhydrique à la fermentation des moûts de grains et de pommes de terre. Cet acide fluorhydrique doit être ajouté soit pendant la préparation du moût, soit pendant celle du levain. Loin d'affaiblir l'action de la diastase, l'acide fluorhydrique facilite et régularise la saccharification, en entravant la production des acides lactique et butyrique qui seraient de nature à la retarder.

D. *Dénitrage continu des mélasses.* — On sait que, pour éviter la présence des composés nitriques dans la mélasse, il est d'usage de les chauffer en présence de l'acide sulfurique; puis la mélasse doit être refroidie à 25° pour subir la fermentation. M. Barbet (2) a imaginé un appareil dans lequel la mélasse qui a été chauffée se refroidit au contact de la mélasse froide qui se rend au dénitreur. Le procédé permet de réaliser une sérieuse économie de charbon et d'eau froide.

III. — FERMENTATION DU MOUT

A. *Emploi de la levure pure.* — La première idée qui vient à l'esprit de tout distillateur qui a suivi le développement des théories microbiologiques modernes est que, pour obtenir le meilleur rendement en alcool, il faut stériliser les moûts, les ensemencer d'une levure pure, et les faire fermenter à l'abri de toute contamination.

Bien que le travail à la levure pure doive être considéré comme le plus

(1) Martinand, *l'Alcool et le Sucre*, 1894-95, p. 76.
(2) Barbet et Arachequesne, *Manuel des fabricants d'alcools*, p. 476.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rationnel et le plus scientifique, il ne présente pas en distillerie assez d'avantages et assez de sécurité pour que nos industriels l'aient adopté. Il n'est pas d'usage, en distillerie, de stériliser les moûts, opération coûteuse, qu'entraîne nécessairement l'emploi de la levure pure. D'ailleurs, dans le travail des grains ou des pommes de terre, cette stérilisation ne saurait se faire sans détruire la diastase sur laquelle on compte pour saccharifier les dextrines pendant la fermentation. Le seul avantage de l'emploi de la levure pure est d'apporter à la cuve une levure jeune et active, capable de paralyser les ferments étrangers qui tendent à se développer à côté d'elle.

M. Delbrück a peut-être été le plus ardent à préconiser l'emploi de la levure pure en distillerie; il a montré (1) que le rendement en alcool pouvait, de ce fait, augmenter de 10 p. 100. D'autres, M. Martinand (2), M. Jacquemin (3), MM. Rivière et Bailhache (4), ont fait voir, dans différentes publications, les avantages que le distillateur peut retirer du travail à la levure pure. L'institut Laclaire (Doubs), la fabrique de la société *la Levure* de Juvisy, etc., livrent au commerce des levures pures conservées dans la gélatine ou dans la gélose, et qui, une fois introduites dans un moût sucré, reprennent toute leur activité.

B. *Emploi de l'acide fluorhydrique en distillerie.* — Pour obtenir le même résultat, les distillateurs se sont adressés aux antiseptiques, en recherchant ceux qui agissent avec plus d'énergie sur les ferments de maladie, et même sur les levures étrangères, que sur les levures dont on veut favoriser le développement, et en fixant la quantité d'antiseptique capable de ralentir la marche des premiers sans nuire aux seconds.

Déjà, en 1886, M. U. Gayon (5) avait eu l'idée d'ajouter au moût une certaine quantité de sous-nitrate de bismuth, et il avait vu, de ce fait, le rendement alcoolique augmenter dans la proportion de 2 à 12 p. 100 de l'alcool formé.

Depuis longtemps également, on avait remarqué que les moûts acides donnaient de meilleures fermentations; de là, l'emploi de l'acide sulfurique dans la distillerie de betteraves, de l'acide chlorhydrique dans la distillerie de maïs, de l'acide lactique, provenant de l'acidification naturelle du moût, dans la distillerie de grains.

C'est en s'inspirant de ces idées que le Dr Effront a étudié l'action de l'acide fluorhydrique et des fluorures alcalins. Les travaux remarquables de M. Effront ont été d'ailleurs appréciés de la Société d'Encouragement, qui, en 1892, a décerné à ce savant une médaille d'or.

(1) Delbrück, *Journ. Distillerie française*, 1892, p. 514.
(2) Martinand, *Journ. Distillerie française*, 1894. p. 527-537.
(3) Jacquemin, *Bull. Ass. des Chimistes de sucrerie et de distillerie*, 1895-96, p. 31.
(4) Rivière et Bailhache, *Journ. Distillerie franç.*, 1891, p. 158.
(5) Gayon, *Comptes Rendus*, t. CIII, p. 883.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il fallait tout d'abord se préoccuper de savoir si l'acide fluorhydrique et les fluorures n'altéreraient pas l'action de la diastase, qui, comme nous l'avons dit plus haut, évolue même pendant la fermentation. M. Delbrück avait déjà montré que les acides minéraux, pris à une dose déterminée, activent l'énergie saccharifiante de la diastase. M. Effront a recherché les doses d'acide fluorhydrique capables de conserver la diastase sans altération, et il a fait voir le parti que l'on peut tirer de l'emploi de cet antiseptique pendant la saccharification chaude. L'acide agit alors, comme il agit pendant la saccharification froide qui accompagne la fermentation, en empêchant le développement des ferments lactiques et butyriques, dont les produits de sécrétion altéreraient la diastase (1).

Ce point de vue écarté, les travaux de M. Effront devaient se porter uniquement sur le rôle antiseptique de l'acide fluorhydrique et des fluorures pendant la fermentation.

Il a d'abord montré que l'acide fluorhydrique présente de sérieux avantages sur les acides minéraux ordinairement employés ; qu'il arrête la fermentation lactique sous une dose huit fois plus faible que l'acide chlorhydrique et douze fois plus faible que l'acide sulfurique ; il a montré ensuite qu'il agit mieux sur les ferments butyriques que sur les ferments lactiques ; or, ce sont les premiers surtout qu'il faut éviter dans la fermentation (2).

M. Effront a attribué encore à l'acide fluorhydrique un rôle qui, sans être essentiellement indépendant de son rôle d'antiseptique, mérite d'être signalé spécialement. Il a fait voir que la cellule de levure, vivant en dehors du contact des cellules étrangères, prend, sous l'influence de l'acide fluorhydrique, plus de vigueur ; elle prolifie avec plus de lenteur, il est vrai, mais chaque cellule devient plus active. Les cellules, dans une fermentation, s'apprécient moins par leur nombre que par l'activité de chacune d'elles (3). Aussi, l'effet de l'acide fluorhydrique se fait-il d'autant plus sentir que la levure se trouve, dans le moût, en plus petite quantité ; d'autant plus sentir également que le moût est plus nutritif, et que la levure y trouve les éléments dont elle a besoin pour satisfaire sa suractivité (4).

L'influence de l'acide fluorhydrique ne se produit pas avec la même intensité pour toutes les races de levure ; son action revivifiante est insignifiante pour le S. Pastorianus I, relativement faible pour la levure Carlsberg, très énergique pour le S. Cerevisiæ. De plus, chaque race de levure supporte une dose d'antiseptique au delà de laquelle elle ne peut se développer (5).

(1) Effront, *Mon. Scientifique*, 1890, p. 455 et 790.
(2) Effront, *Mon. Scientifique*, 1890, p. 449.
(3) Effront, *Comptes rendus*, t. CXVII, p. 559.
(4) Effront, *Mon. Scientifique*, 1890, p. 254, et 1892, p. 82, et 1893, p. 179.
(5) Effront, *loc. cit.*, 1890, p. 1137.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Mais on peut, et c'est là une des découvertes les plus originales du Dr Effront, habituer chacune de ces races à la présence de l'acide fluorhydrique ; quand on transplante successivement une même levure dans des milieux nutritifs et contenant des doses de plus en plus fortes d'acide fluorhydrique ou de fluorure, on est étonné de voir que celle-ci est capable de résister à des doses d'antiseptique dix et vingt fois plus fortes que celles qui arrêtaient au début son développement (1).

Mais une levure accoutumée à l'acide fluorhydrique ne donne de bons résultats, au point de vue fermentatif, qu'à la condition d'être transportée dans un milieu fluorhydrique ; et, comme l'a montré M. Cluss, elle éprouverait, dans un moût exempt d'antiseptique, la même gêne qu'une levure ordinaire éprouverait, transplantée brusquement dans un milieu fluorhydrique un peu concentré. Il semble, en effet, qu'il y ait là une modification importante dans l'organisation de la cellule, puisque, dans un cas comme dans l'autre, elle se trouve paralysée par l'effet d'un milieu auquel elle n'est pas habituée (2).

Ce fait de l'accoutumance de la levure à l'acide fluorhydrique et de la suractivité qu'elle détermine a été dernièrement vérifié par M. Sorel. Celui-ci a montré qu'une levure cultivée dans des moûts fluorhydriques donne des cellules d'autant plus actives que le milieu primitif est plus chargé de matière antiseptique. Il a montré également qu'une levure habituée aux hautes doses d'acide fluorhydrique conserve, après huit ensemencements successifs dans des milieux également chargés d'antiseptique, l'énergie fermentative qu'elle avait le premier jour (3).

M. Delbrück, qui ne s'est jamais montré partisan de l'emploi de l'acide fluorhydrique, a fait, à propos de ces dernières constatations, une objection qui ne manque pas d'une certaine valeur. Ne faut-il pas craindre que, dans les ensemencements successifs, une levure étrangère ou un ferment de maladie ne s'accoutume, lui aussi, à l'acide fluorhydrique et prenne une activité qu'il n'avait pas au début? Le fait est peu probable, étant donnée la prédominance de la levure vraie dans les premiers levains; si un ferment étranger vient, dans l'une des transplantations, à s'introduire dans le moût, il se trouve brusquement au contact d'une solution fluorée dans laquelle il ne peut s'acclimater.

Ce principe d'acclimatation a permis à M. Effront d'augmenter la dose d'acide fluorhydrique nécessaire à la fabrication de ce que l'on nomme le pied de cuve, et d'éviter ainsi l'emploi, à cette fabrication, de l'acide lactique, jugé jusqu'ici indispensable (4). La levure se conservant pure, on peut fabriquer des levains en y introduisant non plus de la levure fraîche, mais une partie du levain précé-

(1) Effront, *Comptes Rendus*, t. CXVII, p. 559.
(2) Cluss, *Journ. Distillerie française*, 1894, p. 408.
(3) Sorel, *Comptes Rendus*, t. CXVIII p. 253.
(4) Cluss, *Journ. Distillerie Française*, 1894, p. 381, 408, 429, 443.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dent. Quand le moût de pommes de terre ou de grains saccharifié a été refroidi à 30°, on prélève 4 litres de moût par hectolitre. Ces 4 litres sont additionnés de la dose calculée d'acide fluorhydrique et d'un litre de levure mère. Quand ce levain est en pleine fermentation, on le divise : une partie (1 litre) est mise de côté pour constituer la levure mère du levain suivant, une autre (4 litres) sert à ensemencer un hectolitre de moût. La fermentation est donc continue, en ce sens que la même levure rentre constamment en travail. Naturellement (et ceci relève de ce que nous avons dit précédemment), le moût dans lequel on introduit le levain fluorhydrique doit être fluorhydrique également. La quantité d'acide dans le moût ne doit être ni supérieure à celle contenue dans le levain, ni inférieure à la moitié ; en général, elle en représente la moitié, c'est-à-dire que, si l'on a mis 10 à 20 grammes d'acide fluorhydrique par hectolitre de levain, on doit en mettre 5 à 10 grammes dans le moût.

Le Dr Cluss a publié récemment (1) les résultats obtenus à la distillerie de Buir (Allemagne) en suivant ce procédé dit *sans acidification préalable*. Le travail a été rendu plus facile et plus régulier, a fourni plus d'alcool que le travail avec acidification ; les drêches ne s'acidifient pas et la levure se conserve bien.

L'augmentation de rendement du fait de l'emploi de l'acide fluorhydrique est incontestable ; et cette augmentation tient à deux causes : ensemencée dans un milieu fluoré, la levure consomme seule le sucre et fournit plus d'alcool ; dans les expériences de M. Effront (2), cette augmentation s'est élevée à 5 et même 10 p. 100 de l'alcool produit, et les distillateurs qui font usage du procédé ont pu constater que ce chiffre n'a rien d'exagéré. En outre, la levure acclimatée à l'acide fluorhydrique, ayant une plus grande activité, dédouble la molécule sucrée en fournissant un pourcentage d'alcool plus considérable que dans les conditions ordinaires (3).

Le travail chimique, qui aboutit à la dislocation de la molécule sucrée, est, de ce fait, tellement modifié que la levure acclimatée donne moins de glycérine et d'acide succinique que la levure qui n'a pas encore subi l'action de l'acide fluorhydrique (4). M. Effront a même remarqué que c'était à la fin de la fermentation, surtout quand la levure a épuisé les matériaux nutritifs qui contribuent à produire sa suractivité, que se forment la glycérine et l'acide succinique (5).

L'emploi de l'acide fluorhydrique modifie également la composition du flegme ; M. Lindet a fait voir dernièrement que les flegmes obtenus au moyen

(1) Dr Cluss, *Journ. Distillerie française*, 1895, p. 262-274.
(2) Effront, *Mon. Scientifique*, 1890, p. 1013.
(3) Effront, *Comptes Rendus*, t. CXVIII, p. 1420.
(4) Effront, *loc. cit.*
(5) Effront, *loc. cit.* t. CXIX, p. 92.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de moûts fluorés renferment (1), il est vrai, plus d'alcools supérieurs que les flegmes abandonnés à l'acidification naturelle, mais renferment moins de bases, d'acides et d'éthers. Ces derniers produits étant plus difficiles à séparer par la rectification que les premiers, ces flegmes doivent être considérés comme plus purs que ceux obtenus par les procédés ordinaires.

L'acide fluorhydrique a été employé en France, dans ces dernières années, en distillerie de betteraves. Les résultats ont été d'autant meilleurs que la distillerie présentait, avant l'introduction du procédé, un travail plus imparfait. Mais l'acide fluorhydrique a quand même, chez un certain nombre de distillateurs connus pour la bonne marche de leur travail, permis d'améliorer le rendement et d'abaisser l'acidité des moûts fermentés de $0^{gr},5$ — $0^{gr},6$ à $0^{gr},1$ — $0^{gr},2$. D'autres distillateurs ont quelque peu abandonné le procédé, ayant reconnu qu'un travail soigné, qu'un renouvellement fréquent de la levure, et que l'emploi de pieds de cuves, dont il sera parlé plus bas, produisent sensiblement les mêmes résultats. Le procédé Effront semble devoir s'appliquer mieux encore aux distilleries de grains et aux distilleries de pommes de terre.

C. *Emploi de l'aldéhyde méthylique.* — M. Trillat a étudié récemment les propriétés antiseptiques de l'aldéhyde méthylique (formaldéhyde, formol, etc.), en même temps qu'il dotait l'industrie d'un procédé économique de préparation de ce corps. M. Boulet (brevet 242 595) a imaginé de substituer, dans la préparation et la fermentation des moûts, cette aldéhyde à l'acide fluorhydrique. Les résultats obtenus par cette nouvelle méthode ont été, au mois de juillet dernier, communiqués à l'Association des chimistes de sucrerie et de distillerie par M. Woussen, directeur de la distillerie de Bapeaume (Seine-Inférieure).

L'addition de 2/10 000 de formol au moût a permis d'obtenir un rendement de 6.25 p. 100 d'alcool, tandis qu'un moût non additionné ne donnait que 5.23 p. 100.

D'après M. Sorel, qui a suivi les essais de M. Woussen à la distillerie de Quiberon, le formol a, dans le travail de la distillation, la même valeur que l'acide fluorhydrique. La levure peut s'acclimater à supporter de fortes doses de formol, et la diastase n'est pas gênée par la présence de cet antiseptique.

D. *Emploi de pieds de cuves en distillerie de betteraves.* — Depuis un certain nombre d'années, plusieurs distillateurs de betteraves, instruits des dangers auxquels ils s'exposent quand ils ne renouvellent pas assez fréquemment leurs levures, s'appliquent à ensemencer régulièrement, à époque fixe, une ou deux fois par vingt-quatre heures, leurs cuves de levure fraîche. Pour donner à cette levure la plus grande énergie possible, ils fabriquent un pied de cuve de grains

(1) Lindet, *Comptes Rendus*, t. CXVII, p. 122.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans les conditions ordinaires de la saccharification diastasique, et à la préparation duquel peuvent entrer 7 à 8 kilos de malt d'orge sec et 2 kilos de farine de seigle pour 50 litres d'eau; quand la saccharification est terminée, on refroidit le moût à 25°, et on ajoute la levure; ce n'est qu'au bout de quelques heures, quand la fermentation du pied est bien active, qu'on introduit le moût dans la grande cuve, où l'on fait arriver immédiatement le jus de betterave; on opère ensuite par le prodédé ordinaire de coupage des cuves, jusqu'au moment où le distillateur estime qu'il faut renouveler la levure. Ce procédé, bien pratiqué, donne des résultats comparables à ceux que donne le procédé à l'acide fluorhydrique.

E. *Aération des moûts. Aérolevure.* — M. Cambier (1), s'appuyant sur les idées émises par M. Pasteur, les recherches spéciales de M. Durin et d'autres expérimentateurs, a préconisé un procédé d'aération des moûts qui nuit au développement des bactéries anaérobies et qui, déterminant une suractivité de la levure, fournit un rendement plus élevé en alcool. Cette aération doit être faite au début, quand la levure s'organise, et ne doit pas être prolongée pendant la fermentation active. Il y aurait à craindre, en effet, des pertes d'alcool par volatilisation. C'est pour éviter ces pertes d'alcool que le Dr Francke, de Berlin, a proposé de ramener toujours à la cuve le même air, après lui avoir fait traverser une colonne remplie de chaux, où il se débarrasse de l'acide carbonique et où il se stérilise; une semblable installation ne serait peut-être pas en rapport avec le bénéfice qu'elle réaliserait.

On peut craindre également que, par une oxygénation trop prolongée, comme l'a d'ailleurs fait remarquer M. Cambier, il y ait formation d'aldéhyde. M. Rœser (2) a en effet démontré que, si une partie de l'aldéhyde formé pendant la fermentation est le résultat de la vie normale et physiologique de la levure, une autre partie vient de l'oxydation directe de l'alcool.

C'est en se basant également sur les expériences de M. Pasteur et de M. Duclaux, qui ont fait voir que la production de la levure est d'autant plus grande que l'aération est plus active, que l'on a imaginé un procédé (3) de fabrication de levure dite *aérolevure*, fort répandu, paraît-il, en Allemagne. Les cuves sont garnies d'un faux fond au-dessous duquel s'étale un serpentin percé de trous. A travers ce serpentin, on peut faire passer 12 à 13 mètres cubes d'air par heure et par 1000 litres de moût. Les cuves, d'une capacité de 15 à 1700 litres, reçoivent 1000 litres d'un moût fabriqué avec du malt, du seigle et du maïs. Chacune d'elles est mise en levain avec 2 ou 3 kilos de levure à la température de 22°-24°;

(1) Cambier, *Bulletin de l'Association des Chimistes de Sucrerie et de Distillerie*, 1893-94, p. 110; 1895-96, p. 25.

(2) Rœser, *Annales de l'Institut Pasteur*, VII, p. 41.

(3) Dejonghe, *Association des Chimistes de Sucrerie et de Distillerie*, 1891-92, p. 889 et 1895-96, p. 37 et *Journ. Dist. française*, 1895-96, p. 177.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

on a soin de ne pas laisser le moût en fermentation s'échauffer au delà de 26°-30°; on fait arriver l'air, au début, d'une façon modérée, puis on augmente progressivement jusqu'aux dernières heures de la fermentation, où l'on ralentit au contraire l'oxygénation.

Des essais ont été entrepris de plusieurs côtés pour obtenir de la levure industriellement au moyen de moûts clairs, comme avait tenté de le faire autrefois M. Billet. Le procédé semble encore rencontrer des difficultés qui retardent son apparition en distillerie.

F. *Amélioration du pouvoir fermentatif des mélasses. Fabrication de levure.* — Le Dr Effront (1) a montré qu'il faut attribuer à la présence des bactéries vivant dans les mélasses la difficulté que l'on éprouve à faire fermenter ces liquides; la chaleur de l'ébullition qu'on leur fait subir au dénitrage est insuffisante pour les stériliser; l'acide fluorhydrique, employé à la dose jugée nécessaire pour ne pas gêner l'action de la levure, est également impuissant. M. Effront a proposé d'ajouter aux mélasses une certaine quantité de blancs d'œufs, qui, au moment de l'ébullition, se coagule et emprisonne les bactéries. On peut alors ensemencer de levure cette mélasse purifiée, l'additionner d'acide fluorhydrique et obtenir une fermentation régulière.

La découverte du Dr Effront se trouve en contradiction avec les expériences de M. Neale et du Dr Mœrker, qui attribuent la non-fermentescibilité de certaines mélasses à la présence d'acides volatils. M. Neale propose de saturer les mélasses non plus avec des acides minéraux, mais avec de l'acide tartrique, qui ne met pas les acides organiques en liberté. Le Dr Mœrker conseille de faire bouillir les mélasses avec un excès d'acide sulfurique, de façon à chasser les acides volatils, pour saturer ensuite l'excès d'acide par de la craie. M. Greger (2) a repris dernièrement la même idée; il chauffe les mélasses à 60°-75°, en présence de l'acide sulfurique en excès, puis il les filtre à l'état concentré ou dilué.

M. Deubler (3) préconise l'addition, tant au moût de grains employé comme pied de cuve qu'à la mélasse diluée, d'une certaine quantité d'eau de touraillon qui constitue, comme on le sait, pour la levure, un excellent bouillon de culture. C'est le même principe qui a conduit M. Jacquemin (4) a ajouter de la peptone aux moûts de mélasse stérilisés et destinés à subir l'action de la levure pure.

Le Dr Francke et M. Nycander (5), de Berlin, se sont préoccupés d'obtenir de la levure pendant la fermentation du moût de mélasse. Celui-ci est acidulé, additionné de son de seigle ou de germes de malt, et aussi d'acide lactique.

(1) Dr Effront, *Moniteur Scientifique*, 1894, p. 161.
(2) Greger, *Journ. Distillerie française*, 1893, pp. 505-612.
(3) Deutler, *Ibid.*, 1894, p. 73.
(4) Jacquemin, *Bulletin de l'Association des Chimistes de Sucrerie et de Distillerie*, 1895-96, p. 31.
(5) Francke et Nycander, *Journal Dist. française*, 1893, p. 108.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La mélasse se décolore partiellement, et on peut obtenir de la levure presque blanche. Le Dr Schudi (1) a fait remarquer que l'emploi de l'acide lactique offre encore l'avantage d'augmenter le rendement en alcool et de diminuer la production d'acide.

G. *Fermentation industrielle des pommes.* — L'abondance de la récolte des pommes en 1893 a permis à MM. Flisseau et Letailleur, distillateurs à Méru (Oise), de distiller ces fruits. M. Dupont (2), qui a dirigé ce travail, a fait connaître les résultats de cette expérience industrielle. Le jus provenant du râpage et du pressurage de la pulpe était additionné de biphosphate d'ammoniaque et mis en fermentation. Le rendement en alcool a été de 5 p. 100.

III. — DISTILLATION

Nous devons signaler, en commençant ce chapitre, les remarquables études que vient de faire paraître M. Sorel (3) sur la distillation et la rectification des alcools, sur la condensation, l'enrichissement des vapeurs, etc. Ces études, faites au double point de vue théorique et pratique, sont de nature à éclairer nos constructeurs et nos distillateurs, et à les engager à modifier ou à régulariser les pratiques empiriques auxquelles ils étaient habitués. Le travail de M. Sorel est trop considérable pour qu'il puisse être analysé dans cet article, et nous renvoyons le lecteur aux ouvrages où il est exposé.

Plus récemment, M. Barbet (4) a publié un ouvrage sur la rectification, que les industriels auront également intérêt à consulter.

Les grands appareils distillatoires n'ont guère été modifiés dans ces dernières années, et la colonne Savalle, la colonne Champonnois, sont restées à peu près telles que leurs inventeurs les avaient conçues.

Appareils Egrot, Deroy, etc. — Il n'en est pas de même des alambics de la petite industrie. M. Egrot, d'une part, M. Deroy, de l'autre, ont transformé, et transforment chaque jour les appareils destinés à la distillation des vins, des cidres, etc. La tendance de ces deux constructeurs, ou plutôt des distillateurs, aux désirs desquels ils cherchent à satisfaire, est de rendre la distillation continue et de produire d'un seul jet des alcools concentrés, deux conditions qui sont de nature à diminuer la qualité de l'eau-de-vie distillée, mais qui répondent à une grande économie dans les frais de fabrication. Nous ne saurions décrire ici les différents appareils de ces deux constructeurs, que l'on trouvera dans leurs catalogues; qu'il nous suffise de dire que la continuité du travail est

(1) Dr Schudi, *Ibib.*, 1893, p. 154.
(2) Dupont, *Association des Chimistes de Sucrerie et de Distillerie*, 1893-94, p. 528.
(3) Sorel, Encyclopédie Leauté : *La Distillation, la Rectification.*
(4) Barbet, *La Rectification* (Bernard).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

obtenue soit par le jeu de plusieurs chaudières, soit par une disposition analogue à celle de nos grands appareils industriels; que la concentration de l'alcool se fait par le passage des vapeurs soit dans une série de lentilles cloisonnées intérieurement en colimaçon (appareils Deroy), soit entre deux sphères concentriques, dont l'une, la sphère intérieure, est remplie d'eau, dont l'autre, la sphère extérieure, est arrosée continuement (appareils Egrot); quelques appareils destinés à produire des alcools à haut degré comportent des rectificateurs à plateaux.

Depuis quelques années, M. Besnard construit un appareil distillatoire continu destiné aux petites installations, dans lequel le rectificateur à plateaux et le réfrigérant formant chauffe-vin sont placés directement au-dessus de la chaudière à vinasse.

M. Lavy a imaginé également un appareil qui, comme le précédent, a le mérite de tenir peu de place. Au-dessus de la chaudière, se déroulent deux serpentins concentriques; entre les deux serpentins, passe le vin qui s'échauffe et se rend à l'alambic; dans le serpentin intérieur, se condense l'alcool.

Appareil Sorel. — M. Sorel, directeur technique de la maison Savalle fils, a construit, dans ces derniers temps, un appareil entièrement différent de ceux qu'emploie habituellement la distillerie. La colonne, au lieu d'être verticale, est disposée horizontalement, et déjà l'on saisit les avantages que présente cette disposition pour la mise en place de l'appareil; on évite de cette façon la construction de bâtiments élevés, capables de contenir les hautes colonnes dont l'emploi était jugé jusqu'ici indispensable, et l'on peut (cet appareil étant destiné spécialement à la petite distillerie agricole) installer l'usine dans les bâtiments existants de la ferme.

Mais ce qui différencie surtout l'appareil de M. Sorel des appareils ordinaires, c'est le principe nouveau sur lequel son fonctionnement repose. Le barbotage nécessaire pour établir le contact entre les vapeurs qui s'enrichissent d'alcool et les liquides qui s'en appauvrissent est complètement supprimé. Les vapeurs alcooliques viennent lécher les couches minces de liquide répandues sur les disques dont il va être question, et l'échange de température et de richesse se produit par un simple contact de surface. M. Sorel a démontré par l'expérience que le résultat était identique.

L'appareil, long de 2 à 3 mètres, est en cuivre; la caisse est constituée par un berceau dont la coupe est celle d'une demi-ellipse aplatie, et ce berceau est recouvert d'un dôme, formé de deux demi-cylindres juxtaposés. Les deux pièces, munies de brides, sont réunies au moyen de boulons.

A l'intérieur, est montée une série de cloisons verticales qui divisent la caisse en compartiments. Les cloisons sont, à la partie médiane, munies d'échancrures horizontales, qui permettent le passage du moût d'un compartiment à l'autre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Allongés horizontalement, et traversant les cloisons, se trouvent deux arbres parallèles; ceux-ci tournent en sens inverse l'un de l'autre. Sur ces arbres, sont disposés des disques de cuivre munis de raclettes qui se logent dans chacun des compartiments. Le moût arrive d'un côté de l'appareil, remplit l'appareil jusqu'au niveau de l'arbre, et chemine, en passant par les échancrures des cloisons, à travers les compartiments; il est, dans chacun de ceux-ci, entraîné par le disque, et vient ruisseler à sa surface. Les vapeurs alcooliques, dont une injection de vapeur appliquée du côté opposé de l'appareil a déterminé le régime de distillation, cheminent en sens inverse, et s'échappent, enrichies à 60°, du côté de l'appareil où le moût est entré.

IV. — ÉPURATION ET RECTIFICATION DES FLEGMES

Un grand nombre de procédés ont été, dans ces dernières années, proposés pour l'épuration des flegmes : la potasse (M. Traube), le plombate de chaux (M. Kassner), le permanganate de potasse (M. Maumené), etc. Tous ces procédés, en présence de la perfection qu'atteint aujourd'hui le travail de la rectification, ne semblent pas appelés à un plus grand avenir que les procédés proposés autrefois, basés sur l'emploi de l'électricité, l'emploi des huiles de pétrole, etc.

Le seul procédé d'épuration qui paraisse devoir subsister est la filtration sur le charbon, qui, si dispendieuse qu'elle soit, produit, dans certains cas, d'excellents résultats. M. Barbet (1), pour supprimer la perte d'alcool qu'entraîne, dans ce procédé, la revivification du charbon, a conseillé de laver le charbon qui a servi, et d'utiliser les eaux de lavage, qui ne possèdent aucune odeur, à diluer les flegmes à purifier.

L'appareil à rectifier d'une façon continue de M. Barbet est connu. Dans une première colonne dite *épurateur*, on produit l'élimination des *têtes*. L'alcool, ainsi épuré, passe dans une seconde colonne dite *rectificateur*. Là, l'alcool subit une nouvelle épuration dite *pasteurisation*, où s'élimine encore une certaine quantité de produits volatils de tête qui avaient échappé à la première colonne. A la partie supérieure du rectificateur, on extrait les alcools de cœur; à la partie inférieure, les alcools de queue.

M. Prangey (2) a aussi imaginé une colonne de rectification continue, composée également de deux appareils, dont l'un est chargé d'extraire des flegmes la plus grande partie des produits de tête et dont l'autre sépare l'alcool pur de l'eau et des produits de queue. Dans l'appareil Prangey, les vapeurs alcooliques

(1) Barbet, *L'Alcool et le Sucre*, 1893-94, p. 101.
(2) *Journal des Fabricants de Sucre*, 1892, n° 37.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sont prélevées dans une partie de la colonne comprise entre deux rétrogradations du condenseur, dont l'une, celle du haut, est destinée à assurer la richesse alcoolique, et l'autre, celle du bas, à augmenter leur pureté. Les rétrogradations sont munies de renflements constituant autant de volants de liquide et assurant la régularité du fonctionnement de l'appareil.

V. — UTILISATION DES RÉSIDUS

A. *Drêches de grain.* — MM. Boulet, Donard et Contamine ont proposé d'extraire, des résidus de la distillerie de maïs travaillé à l'acide, l'huile que ces residus renferment en abondance, au moyen des pétroles légers. La drêche, recueillie au filtre-presse, est passée dans une sorte de machine à vermicelle, séchée dans le vide et épuisée par le pétrole dans un appareil spécial. Les résidus sont livrés à l'agriculture comme engrais.

On a mis également, il y a quelques années, sur le marché, un produit, auquel on a donné le nom de Maltine, et qui provient de la dessiccation ces drêches de grain par le malt. Ce produit, analysé par M. Aubin, s'est montré riche à 31 p. 100 de matières azotées.

B. *Drêches de pommes de terre.* — Une des difficultés que l'on rencontre dans l'établissement d'une distillerie de pommes de terre est l'écoulement de la drêche liquide, qui, par sa grande hydratation, ne présente des qualités alimentaires suffisantes que si elle est consommée sur place, et ne peut supporter de grands frais de transport. M. Aimé Girard a étudié, dès 1893, la concentration de ces drêches liquides en faisant usage de la colonne horizontale de M. Sorel; en partant de drêches à 5,25 p. 100 de matière sèche, il a obtenu une matière pâteuse, maniable à la pelle, dans laquelle la proportion de ces matières sèches s'élevait à 11,9 p. 100; cette drêche pâteuse, mise en silo, s'est conservée sans altération pendant plusieurs mois.

Plus récemment, M. Barbet (1) a proposé un appareil à multiple effet pour la concentration de ce même résidu; il est parvenu ainsi à réduire au tiers de son volume la drêche liquide pure ou mélangée de paille, et à l'amener à contenir 13 p. 100 de matière sèche.

Enfin, on a proposé, en Allemagne, de mélanger la vinasse de pommes de terre à la mélasse, et de dessécher le tout dans le four Buttner et Meyer, qui a été imaginé pour déshydrater les cossettes de sucrerie. Des essais intéressants ont été faits en Allemagne sur la valeur alimentaire de ce nouveau fourrage.

(1) Barbet, *L'Alcool et le Sucre*, 1894-95, p. 81.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS CHIMIQUES

REVUE DES PROGRÈS RÉCENTS FAITS, PAR L'INDUSTRIE MEUNIÈRE PAR **M. Colson-Blanche**, *Membre de la Société, Président de l'Association nationale de la Meunerie française.*

Il y a à peine quelques années, une semblable revue eût demandé bien peu de lignes. Avant l'introduction des cylindres dans l'industrie meunière, celle-ci n'avait jamais connu les véritables révolutions que les changements d'outillage ont apportées successivement dans toutes les industries similaires. Un bon entretien des meules, joint à un choix sévère des blés employés, suffisait à assurer à un meunier une supériorité sérieuse sur ses confrères. Le mode de rayonnement des meules constituait également une sorte de secret de fabrication propre à chaque grand moulin; mais il n'y avait, en réalité, que des différences bien légères entre le moulin le mieux monté en 1870 et un moulin également bien outillé cinquante ans auparavant.

Il n'en est plus de même aujourd'hui. L'emploi des cylindres, venu de la Hongrie et introduit en France vers 1878, a obligé nos meuniers français à un renouvellement complet de leur outillage; d'ailleurs, le fait que les meules pouvaient et devaient être remplacées par des appareils supérieurs donnait lieu à un vaste mouvement d'idées. De nombreux inventeurs admirent que le cylindre lui-même pouvait n'être pas la perfection, et l'on vit apparaître ou ressusciter un assez grand nombre de systèmes différents : broyeurs, meules métalliques, cylindres en pierre, etc., ayant tous pour objet de faire mieux que la meule et mieux que les appareils similaires. Cette émulation des inventeurs ne s'arrêta pas aux appareils de broyage, mais s'étendit à toutes les parties du travail de la mouture, et l'on peut dire que, de l'Exposition de 1878 à l'Exposition de 1889, l'outillage meunier subit une transformation générale.

Il n'entre pas dans notre cadre de décrire et d'étudier cette transformation, puisque nous n'avons pour but que de signaler les progrès introduits dans les dernières années. Pour qui voudrait se faire une idée complète du travail opéré, nous ne pouvons que renvoyer au très beau rapport fait par M. Béthouart sur les appareils de mouture à l'Exposition de 1889.

Pour la clarté et l'exposition de notre plus modeste étude, il est cependant nécessaire de rappeler rapidement quelles sont les différentes phases du travail du meunier. Nous examinerons ensuite, pour chacune d'elles, les derniers progrès accomplis.

Ces phases comprennent :

1° Le nettoyage du grain;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2° Le broyage;
3° Le sassage;
4° Le convertissage;
5° Le blutage, opération qui accompagne le broyage et le convertissage.

1° Le *nettoyage* n'a pas besoin de définition. Il est évident que, pour arriver à faire une belle farine, le meunier a intérêt à traiter du blé débarrassé de toutes ses impuretés. Nos blés français nous sont généralement livrés assez bien nettoyés par la culture, surtout dans le Nord; mais ils contiennent encore de la poussière, des graines longues ou rondes, des pierrailles, de l'ail, des parcelles de fer, des clous, de la menue paille, etc.

Les principaux appareils de nettoyage seront donc des brosses et des râpes pour enlever la poussière, des tarares pour enlever les menues pailles, les grains creux et toutes les matières plus légères que le blé, des trieurs qui enlèveront les parties plus grosses ou plus petites que le blé normal, les trieurs à alvéoles qui retiendront les graines rondes, vesces, nielle, etc.; des élimineurs d'air (nécessaires dans certaines parties de la France seulement), des épierreurs, des appareils magnétiques retenant les parcelles de fer, enfin des fendeurs qui, entr'ouvrant le blé dans le sens du sillon longitudinal, permettront d'en extraire, au moyen d'un brouage énergique, la poussière noire qui s'y loge, et, dans une faible mesure, le germe qui s'y trouve.

Tous ces appareils sans exception figuraient en abondance à l'Exposition de 1889, et, depuis cette époque, aucun progrès sérieux n'y a été ajouté. On a pu les grouper sous un plus petit volume, de façon à modérer la dépense de force motrice.

La principale, et l'on peut dire la seule amélioration notable a consisté dans le fait, se généralisant de plus en plus, de les isoler dans un bâtiment séparé complètement du moulin. Les chances d'incendie étant en effet assez grandes dans ces appareils travaillant au milieu de la poussière, il y a grande sécurité à les éloigner du bâtiment principal ou à les en séparer au moins par un gros mur. C'est ce qui se fait actuellement partout.

2° *Broyage*. — Le broyage est la première opération de mouture proprement dite. Il consiste à séparer de l'amande farineuse l'enveloppe de son qui la contient, et la façon dont s'opère cette séparation a une grande importance au point de vue de la blancheur et de la beauté des farines à obtenir.

Dans l'état actuel de la fabrication des farines, on admet qu'un broyage, pour être bien fait, doit donner le minimum possible de farine et le maximum de semoules, celles-ci contenant elles-mêmes le moins possible de semoules *habillées*. La meule opérait ce broyage soit en une seule opération, à la suite de laquelle les sons sortaient finis (mouture basse), soit en deux et même trois opérations (mouture haute ou ronde). Mais, même dans ce dernier cas, ses propriétés

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

brisantes et râpantes donnaient une faible proportion de semoules et une forte proportion de farine. De plus, une notable proportion de son était réduite en poussière impalpable qui se mélangeait à la farine sans séparation possible.

L'action des cylindres était notablement différente. Comme on le sait, cette action tient à la fois du laminage, et, grâce à la différence des vitesses circonférentielles, de l'étirage. Le grain, entr'ouvert par compression, est ensuite vidé un peu comme avec une cuiller énergique. Si l'on ajoute que cette opération, au lieu de se faire brutalement, se fait en plusieurs fois, et par conséquent avec une grande douceur chaque fois, on concevra, et l'expérience le vérifie, que le broyage par cylindre : 1° ne fait qu'une quantité très faible de poussière de son ; 2° donne une proportion beaucoup plus forte de semoules.

Quant au nombre des passages, il est extrêmement variable et encore discuté. Quelques meuniers, notamment en Amérique, vont jusqu'à huit passages ; le nombre ordinaire en France est de six, mais quelques meuniers trouvent préférable, ou tout au moins sans inconvénient, de les réduire à cinq et même à quatre. Il ne faut pas oublier d'ailleurs que, les blés que nous traitons en France étant souvent très différents, d'abord entre eux, puis d'une année à l'autre, suivant les conditions de la récolte, il n'y a pas de règle absolue pour leur traitement, et que l'intelligence et l'initiative du meunier jouent un rôle important dans la conduite de sa mouture.

Quelles modifications les cylindres ont-ils subies en ces dernières années? — A la vérité, elles sont peu nombreuses et s'appliquent plutôt à un meilleur fonctionnement qu'à leur action sur le blé.

Cependant, MM. Brault Teisset et Gillet ont introduit une modification d'une certaine importance en préconisant le système de cannelures dit système Beall dans les premiers passages. Cette modification consiste en ce que la cannelure ordinaire, au lieu d'être tracée sur le corps cylindrique lui-même, est tracée sur une série de cannelures beaucoup plus grandes, préalablement tracées sur le cylindre. L'emploi de cette cannelure Beall supprimerait la farine noire résultant du premier broyage et donnerait une moindre proportion de farine et plus de gruaux. D'autres constructeurs ont proposé des systèmes analogues tendant au même résultat.

Une maison anglaise, la maison Sloan et Cie, a introduit un système assez différent du modèle ordinaire des cylindres, au moins quant au fonctionnement. Les deux cylindres tournent dans le même sens. Le blé n'est plus soumis à une action double de laminage et de curage, mais à cette dernière seulement. Quelques montages importants ont été faits de cette façon. Nous ignorons si les résultats sont notablement différents de ceux du système ordinaire.

Dès le début de l'emploi du cylindre, on s'est préoccupé d'avoir un appareil automatique destiné à avertir le conducteur d'une marche à vide imminente ; et, à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'étranger, depuis longtemps, on a joint à cet avertisseur un système de déclenchement également automatique éloignant les cylindres l'un de l'autre dans le cas de marche à vide. Nos constructeurs français ont longtemps considéré ce dernier appareil comme inutile. Pourtant, dans le broyage, on a introduit partout un taquet d'arrêt qui empêche les cylindres d'arriver jamais au contact, et rend par suite la séparation automatique inutile. Il n'en est pas de même dans le convertissage, où, dans la plupart des cas, le serrage nécessaire rend le contact forcé quand la matière à moudre fait défaut.

Les moulins de Wegmann présentent un dispositif donnant toute sécurité à cet égard, et, progressivement, nos constructeurs français, s'en inspirant plus ou moins, introduisent ce perfectionnement, à notre avis très utile.

La maison Wegmann a introduit également un perfectionnement ingénieux dans la commande des cylindres l'un par l'autre. Cette commande se fait ordinairement par engrenages directs soit droits, soit à chevrons. Lorsque les cylindres s'usent et ont subi quelques rhabillages, leur diamètre a forcément diminué ; il en résulte que les engrenages, directement calés sur les axes des cylindres, engrènent trop l'un dans l'autre, et finissent même par ne plus pouvoir fonctionner bien avant que les cylindres aient atteint toute l'usure possible. On y remédie ordinairement en changeant les engrenages par des roues dentées de diamètre moindre. Cela n'est pas nécessaire avec le dispositif adopté par la maison Wegmann et dont la description serait trop longue pour trouver place ici. Ce dispositif permet la mise en contact des cylindres sans changement d'engrenages quelle que soit l'usure des cylindres. Il est à souhaiter que tous les constructeurs adoptent ce système.

3° *Sassage.* — Le sassage a pour but de traiter le mélange de semoules et de sons fins obtenus dans le broyage après séparation des farines et des sons. Depuis l'usage des cylindres, un certain nombre de meuniers contestent l'utilité de cette opération. Le convertisseur, disent-ils, aplatissant et respectant les sons, ceux-ci se retrouvent à l'issue des bluteries.

Nous ne partageons pas cette façon de voir. Certes, les sons fins ne sont pas attaqués par le convertisseur avec la même énergie que par la meule, mais de nombreuses expériences nous ont prouvé qu'on obtenait une blancheur très supérieure en ne faisant passer au convertisseur que des semoules bien épurées.

Les instruments de sassage ont été longtemps des sas à main. Vers 1870, on a introduit des sasseurs mécaniques consistant essentiellement en un tamis soit en soie, soit en peau d'âne trouée. Ce tamis incliné est agité d'un mouvement de saccade rapide. Une ventilation énergique venant soit au-dessous, soit par-dessus, maintient en suspension dans l'air toutes les parties légères (son fin, folle farine, etc.), et laisse au contraire tomber la semoule plus dense au travers

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des trous ou des mailles. Les sons et soufflures tombent au bout de l'appareil. Tel est le principe des premiers sasseurs mécaniques (Loron-Bardier, Cabannes). On peut dire qu'aucune modification capitale n'y a été apportée. On est arrivé pourtant à diminuer les appareils de volume, à faire le classement par grosseur en même temps que le sassage, à supprimer, en la canalisant, la folle farine qui, autrefois, entourait les sasseurs au grand détriment de la santé des meuniers et de la propreté des moulins.

Il faut ainsi signaler les sasseurs du système Haggenmackher, où la séparation se fait sur une nappe mince tombant d'une certaine hauteur. Le courant d'air bien réglé traverse cette nappe et entraîne les parties légères, qui tombent plus loin que les semoules, et sont ainsi séparés.

Tous ces perfectionnements ont leur importance, et quelques-uns constituent de véritables progrès : mais il faut bien dire, qu'au point de vue de la beauté des produits, il n'y a pas eu de différences assez sensibles pour mériter d'être signalées. Au surplus, il faut reconnaître que, dans cet ordre d'idée, on était arrivé du premier coup presque à la perfection.

4° *Convertissage.* — Nous en pourrons dire à peu près autant du convertissage. Cette opération se fait actuellement avec des cylindres lisses en fonte ou avec des cylindres en porcelaine. Il serait difficile de faire un choix entre les deux systèmes. Il semble pourtant que les cylindres en porcelaine sont préférables pour les semoules fines et que les cylindres en fonte conviennent mieux aux gros numéros de semoule. On remarque en effet, qu'au bout d'un certain temps de travail, la fonte durcie, par suite de l'usure, prend un grain assez gros et qu'une certaine quantité de semoule fine passe sans avoir été touchée, d'où nécessité de repolir souvent les cylindres.

Les convertisseurs que l'on construit actuellement n'offrent guère d'autres modifications que celles que nous avons signalées à propos du broyage. En un mot, on convertit actuellement comme on le faisait il y a dix ans, et nous ne voyons là aucun progrès sensible à signaler.

5° *Blutage.* — Le blutage accompagne toutes les opérations de la mouture. C'est, on le sait, l'opération de tamisage qui, après chaque opération de mouture, en sépare et classe les produits par ordre de grosseur. Il semble, qu'en ces dernières années, l'attention des meuniers et des constructeurs se soit spécialement portée sur cette opération importante, et il est certain, qu'à l'heure actuelle, on est peu fixé sur le meilleur appareil de blutage. Dans les expositions organisées chaque année par l'Association nationale de la meunerie, et où tous les constructeurs apportent les nouveautés de l'année, on peut dire que tout ce qui concerne le blutage diffère sensiblement d'une année à l'autre depuis 1890.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'un des trop rares savants qui se sont occupés de notre industrie, M. Grandvoinet, dans une conférence faite au Congrès de la meunerie en 1889, exprimait cet avis : qu'il ne pouvait y avoir de bon blutage s'il y avait choc. Il y avait d'autant plus de mérite à soutenir cette opinion que cela se passait au moment de la grande vogue de la bluterie centrifuge, appareil brutal par excellence, M. Grandvoinet donnait comme appareil idéal la bluterie ronde. Mais il reconnaissait avec regret que l'opération nécessitait une très grande longueur pour l'appareil et une très grande lenteur.

Depuis cette époque, les constructeurs se sont ingéniés, et aujourd'hui la bluterie centrifuge a vu sa vogue considérablement diminuer, et a été, en bien des moulins, remplacée soit par des bluteries rondes, soit par l'ancienne bluterie à pans, soit par les nouvelles bluteries planes dites *plansichters*.

Le reproche fait aux bluteries centrifuges était de donner un blutage forcé. La puissance avec laquelle les batteurs projettent les molécules de farine contre la soie, puissance qui croissait avec la grosseur et le poids de ces molécules, donnait un blutage peu régulier; et d'ailleurs, avant même les observations de M. Grandvoinet, un grand nombre de meuniers les avaient démontées, ou, tout au moins, affectées à des blutages spéciaux.

La bluterie ronde, telle que l'ont établie MM. Outrequin et tous les autres constructeurs, offrait une grosse difficulté. On sait que, suivant la température, l'espèce de blé, en un mot l'état plus ou moins sec, plus ou moins gras de la matière à traiter, le blutage se fait très différemment et demande plus ou moins de temps. Les solutions pour permettre de varier à volonté le temps de blutage ont été assez nombreuses.

On a d'abord muni l'intérieur de la bluterie d'accélérateurs pouvant approcher plus ou moins la soie dans le bas de la bluterie. En les rapprochant de la soie, on les oblige à ramasser beaucoup de boulange, et, par suite, celle-ci passe vite jusqu'au bout de l'appareil (blutage rapide) ; si, on contraire, on les éloigne de la soie, la bluterie ayant son axe horizontal, la farine roule lentement et en couche épaisse, et met longtemps à arriver au bout (blutage lent).

D'autres constructeurs, disposant l'axe sur des paliers mobiles qui permettent de donner à la bluterie des inclinaisons différentes, arrivent au même but.

D'autres obligent la boulange à s'engager dans une sorte de conduit hélicoïdal en contact avec la soie, et on peut modifier le pas de l'hélice pour accélérer ou ralentir l'opération.

On a imaginé d'autres procédés encore; et, dans presque tous les cas, on a adapté à la bluterie ronde une brosse qui, dégommant la soie continuellement, lui laisse toute sa puissance blutante.

Quel qu'en soit le système, ces bluteries rondes sont encore discutées. Elles semblent pourtant, au moins comme mélangeuses, avoir une réelle supériorité, au

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

point de vue du fini du travail, sur celles qui les précédaient, particulièrement quand elles travaillent sur des produits secs. Dès que l'on travaille sur des farines de blés humides, le passage devient très long, et elles blutent peu, laissant aller en bout une très grande quantité de produits.

Plansichters. — La bluterie à pans, la bluterie centrifuge, la bluterie ronde ont donc chacune des inconvénients inhérents à leur fonctionnement. Aucune ne réalise, dans des conditions possibles industriellement, le desideratum de M. Grandvoinet — surface blutante considérable et absence de chocs —. Il semble que l'introduction du plansichter en meunerie nous rapproche de cet idéal, et même que, sous ses formes les plus récentes, il le réalise.

Cet appareil, usité depuis quelques années en Hongrie, Allemagne et Belgique, a fait son apparition en France il y a cinq ans environ. C'est un blutoir horizontal destiné à remplacer les bluteries et diviseuses.

C'est, en principe, un cadre horizontal garni de soie à sa partie supérieure. La matière à traiter est reçue sur cette soie. Tout l'appareil se meut horizontalement par un mouvement d'excentrique, en sorte que chacun des points décrit un cercle de rayon égal à l'excentricité. La matière entraînée décrirait donc ce même cercle sans aucun travail, si elle n'était contrariée par une suite de palettes qui rompent ce cercle et la font avancer d'un bout à l'autre de l'appareil.

On conçoit qu'ainsi : 1° la surface entière de la soie est utilisée sans interruption comme surface blutante, ce qui est une supériorité sur tous les systèmes de bluterie; 2° le mouvement de cercle décrit par la matière à bluter fait que celle-ci revient en partie en arrière à chaque mouvement, ce qui augmente encore le trajet et la durée du contact avec la soie. On voit donc que la puissance blutante de cet appareil est considérable sous un petit volume. De plus, dans ce mouvement horizontal, les parties légères, et par conséquent les piqûres, sont amenées à la surface de la couche, et n'ont pas de raisons pour revenir en contact avec la soie. Il s'ensuit, qu'avec des numéros de soie relativement forts, on évite toute piqûre. Cependant, l'absence de chocs n'est pas tout à fait réalisée, en raison des palettes nécessaires pour avancer la matière, palettes qui, par leurs chocs, peuvent remettre en contact avec la soie les soufflures de la partie supérieure. Mais il est clair que ce mouvement, absolument tangentiel à la soie, n'a pas les inconvénients ni la brutalité de la centrifuge ou de la bluterie à pans.

Tel est le principe du plansichter. Ajoutons que, ces tamis horizontaux ne nécessitant que quelques centimètres d'épaisseur, il est possible et tout indiqué d'en superposer plusieurs, avec des numéros de soie différents. On va jusqu'à 7 et 8. De plus, rien n'empêche, dans chacun des tamis, de faire une division en 2, 3 ou 4 parties, et même davantage. On arrive ainsi à traiter à peu près tous les produits d'un moulin dans un seul appareil. Hâtons-nous de dire que cette manière de faire devient très médiocre dès qu'il ne s'agit pas de très petits moulins.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Mais, pour ces derniers, elle est une économie d'argent et de force considérable.

Pour les moulins de plus grande importance, cet appareil rend de très grands services en économisant la force motrice, en diminuant l'emplacement, enfin et surtout en améliorant le blutage et, par suite, la blancheur et la qualité des farines.

On aura une idée suffisante de l'appareil par la figure 1, qui représente un plansichter système Haggenmacher, construction Daverio.

Comme on le voit, il se compose de la caisse rectangulaire en bois suspendue en quatre points par des tiges flexibles. Elle porte, au centre et en dedans, un

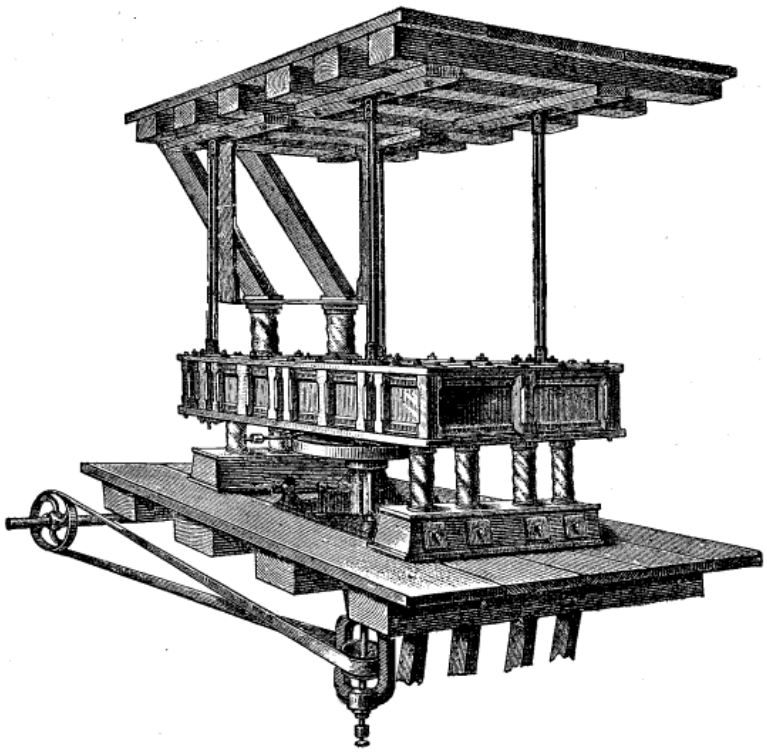


Fig. 1. — Plansichter Naggenmacher.

bouton de manivelle. Une chaise spéciale, reposant sur le plancher, contient, sur une crapaudine et entre un coussinet, un arbre vertical. Cet arbre porte la poulie de commande sous le plancher, et, à sa partie supérieure, un volant équilibré minutieusement ayant un coussinet excentré où se loge le bouton de manivelle du plansichter. La vitesse est environ de 180 tours par minute. La caisse contient les tamis superposés parfois au nombre de sept.

Le mode de suspension a une grande importance pour la régularité de la marche horizontale. Il a été perfectionné par M. Bittinger, qui a remplacé les lames par des tiges en rotin.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Tel est l'appareil, tel qu'il était à l'origine.

M. Luther, de Brunswick, et MM. Daverio et C^ie^, de Zurich l'ont, depuis cette époque, amélioré par des dispositions de détail, qui n'en ont d'ailleurs pas modifié le principe.

Une maison française, la maison Brault, Teisset et Gillet, de Passy, vient d'introduire un nouveau modèle de plansichter qui semble marquer un progrès considérable. Cet appareil, appelé plansichter Bunge, en conservant le mode de frottement tangentiel du plansichter précédent, supprime également l'intervention des palettes. Il n'y a plus aucun choc d'aucune espèce. Il est, au plansichter précédent, ce que la bluterie ronde est à la bluterie ordinaire.

Cet appareil se compose (fig. 2), d'une série de tamis superposés, et circulaires. La distribution se fait à la circonférence au moyen d'un cône de distribution. Le mouvement d'excentrique dont est doué l'appareil fait décrire à la matière un chemin en spirale gagnant le centre. Arrivée au centre, elle tombe sur un deuxième cône qui l'amène à la circonférence du tamis inférieur, et ainsi de suite. Chaque tamis est suivi d'un ramasseur qui amène à une poche déterminée le produit criblé. Comme on le voit, il n'y a plus trace de choc. Le côté ingénieux de l'appareil consiste surtout dans l'emploi des brosses, tout différent de ce qu'il est dans les bluteries et autres appareils analogues.

Au-dessous de chaque tamis, circulent trois brosses, dont les soies sont d'une certaine finesse. Ces trois brosses sont adaptées à peu près tangentiellement à un anneau métallique d'un diamètre un peu plus fort (de 1 ou 2 centimètres) que le manchon central qui traverse l'appareil, et autour duquel il est placé. Il tourne donc librement autour de ce manchon. Quand celui-ci décrit son mouvement d'excentrique, il n'entraîne donc pas l'anneau porte-brosse du même mouvement, comme si celui-ci était serré contre lui, mais il l'entraîne d'un certain angle (environ 12 à 15°). Les brosses sont donc douées, vis-à-vis de la soie, d'un mouvement alternativement dans un sens et dans l'autre, mais plus fort et plus rapide dans un sens que dans l'autre. Il en résulte un dégommage continu et d'autant plus énergique qu'on règle ces brosses de façon qu'elles pénètrent de un ou deux dixièmes de millimètre dans la soie. Dans ces conditions, la puissance blutante de ces appareils est énorme, et, dans les expériences faites devant nous et où les matières avaient été choisies parmi les plus grasses, les résultats ont été très remarquables au point de vue de la blancheur des farines et de la sécheresse des fins et gros gruaux en résultant.

Si l'on ajoute que, sur des produits de quatrième et cinquième convertissages le débit paraît être de 600 kilos à l'heure, on voit que cet appareil semble appelé à jouer un rôle très important dans le blutage. Si l'usage dans les moulins, qui lui manque encore, confirme les apparences, cet appareil réaliserait un haut degré de perfectionnement.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans cette étude rapide, nous ne saurions prétendre n'avoir rien oublié. C'est par centaines qu'il faut compter les brevets pris depuis quelques années pour tout ce qui touche à l'outillage meunier. Mais toutes ces modifications n'ont pas

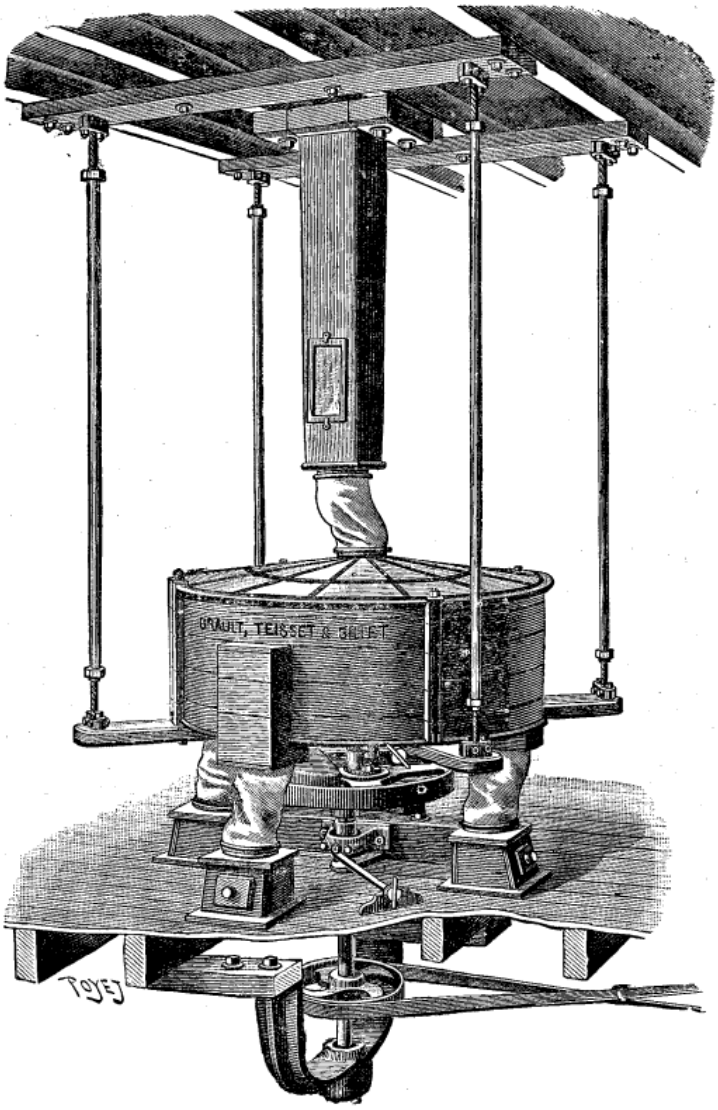


Fig. 2. — Plansichter Bungé.

la même importance, et en parler nous ferait sortir du cadre de cette étude. Il faut cependant signaler les efforts faits pour trouver un moyen de recueillir les poussières sans les laisser s'échapper en partie à l'extérieur (cyclones, collec-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

teurs, etc.). Si nous ne les avons pas décrits, c'est que, tout en se rapprochant du but, aucun appareil de ce genre ne nous semble l'avoir atteint complètement.

Il ressortira, de ce qui précède, que, depuis quelques années, l'industrie meunière n'a eu à subir que de bien légères modifications dans son outillage, sauf en ce qui concerne le blutage. Faut-il conclure, comme le faisait dernièrement l'ingénieur très compétent d'une grande usine allemande qui affirmait qu'il n'y avait plus rien de fondamental à trouver pour cette industrie?

Le cylindre tiendra-t-il le grand rôle dans les moulins aussi longtemps que l'a fait la meule avant lui? Peut-être, et cela est à souhaiter.

Je dois pourtant ajouter, pour être complet, quelques mots sur des expériences auxquelles il m'a été donné d'assister, expériences d'ailleurs encore trop incomplètes pour permettre une conclusion.

Dans ce nouveau système de mouture, présenté par MM. Danvin et Gibory, le blé est broyé par projection sous l'action d'un puissant ventilateur contre des lames d'acier. Ce broyage, effectué au milieu même du courant d'air, semble se faire avec une extrême douceur, puisque, dans ce premier passage (le seul que nous ayons vu), il ne se produit pour ainsi dire pas de farine (1), mais seulement des semoules et semoulines en grande quantité. Ces appareils remplissent donc la condition considérée actuellement comme nécessaire à un bon broyage; nous ignorons encore ce que donnera la suite de ce traitement sur les semoules produites et sur les sorties de ce premier blutage, mais il nous a paru intéressant de signaler ce nouveau principe de mouture, et nous croyons qu'il y a là un procédé d'avenir. Il ne faut pas oublier, en effet, que depuis quelques années, l'emploi de l'air envoyé à énorme vitesse a trouvé des applications intéressantes dans quelques industries, et qu'il ne serait pas impossible qu'il apportât quelque changement dans l'industrie de la meunerie.

(1) 2 à 3 kilos pour 1000 kil. de blé traités.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS ÉCONOMIQUES

Revue des progrès récents de l'industrie du caoutchouc, par **M. Chapel**, *Membre de la Société.*

L'appréciation des conditions générales dans lesquelles évolue une industrie est relativement facile lorsqu'on se reporte à une époque assez éloignée et que l'on compare les procédés de fabrication d'alors avec les méthodes nouvelles. En ce qui concerne l'industrie du caoutchouc, nous n'avons pas le bénéfice de cette circonstance, puisque les progrès accomplis ont été constatés tout récemment : d'une part dans les *Rapports du Jury de l'Exposition universelle de* 1889 (1), et, d'autre part, dans une monographie professionnelle qui a été l'objet d'une distinction flatteuse de la part de la Société d'Encouragement (2).

Nous nous bornerons donc à faire ressortir les modifications apportées dans cette industrie depuis la publication de ces documents.

Matière première. — L'importance de la production n'a cessé d'augmenter d'année en année. Cette progression constante résulte de l'augmentation de la consommation qui va sans cesse grandissant par suite des applications de plus en plus nombreuses que reçoit le caoutchouc.

De tous les pays producteurs, le Brésil est celui qui nous fournit toujours le plus fort contingent de gomme.

La production totale annuelle de la sorte supérieure et sans rivale connue sous le nom de *para*, qui était en 1889 de 17000 tonnes métriques, a atteint en 1894 le chiffre de 20319 tonnes. Les autres régions de l'Amérique continuent à alimenter nos marchés avec les sortes connues sous les désignations de *pernambuco*, *ceara scraps*, *pérou*, *guatemala*, etc. Toutefois, l'importance des expéditions a varié très sensiblement, et il est de ces sortes qui tendent à disparaître.

Si nous passons au continent africain, nous trouvons nombre de sortes nouvelles.

L'influence exercée par les hardis explorateurs qui, depuis une vingtaine d'années, ont cherché à découvrir les mystères du continent noir, cette influence, disons-nous, a produit des résultats considérables. Les routes qu'ils ont frayées ont mis en rapport les peuplades de l'intérieur avec les négociants de la côte. Bien plus, le rayon d'action de ces derniers qui, autrefois, ne s'étendait pas au delà d'une portée de mousquet, se fait sentir actuellement jusqu'à des centaines de kilomètres dans l'intérieur des terres. Les principales factoreries n'ont pas craint

(1) *Rapports du Jury de l'Exposition universelle de* 1889, Cl. 45.
(2) *Le Caoutchouc et la Gutta-percha,* par E. Chapel. Paris, 1892.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de fonder, parfois à des distances considérables de l'établissement principal, des comptoirs, véritables postes avancés de la civilisation dans des régions réputées barbares jusqu'alors. De là, de nombreuses modifications apportées non seulement dans le commerce de la gomme, mais encore dans les procédés de récolte.

C'est principalement de la région baignée par le Congo ou ses affluents que nous viennent ces nouvelles gommes qui, selon la situation des centres de production, sont acheminées vers la côte occidentale ou vers les établissemeuts de la côté de l'océan Indien.

De la côte occidentale, nous recevons sous le nom d'*équateur-afrique* de petites boules noires avec le centre blanc. On reçoit, sous la qualification de *kassàï*, une gomme présentant une grande analogie avec les anciens *thimbles*. A ce sujet, empressons-nous de dire que, parmi les sortes nouvelles, il en est un certain nombre qui présentent, avec quelques variantes, les principaux caractères des gommes que nous recevions autrefois sous des désignations différentes. Cela tient à ce que, grâce à nos progrès vers l'intérieur, nous avons atteint certains centres de production. Les relations étant plus directes, les indigènes ont été amenés tout naturellement à modifier leurs procédés de récolte.

Nous recevons également de la côte occidentale une sorte connue sous le nom de *lopori*. Cet affluent du Congo, de même que le Kassaï, a donné son nom aux gommes récoltées sur les territoires qu'il arrose.

Il nous est particulièrement agréable de constater cette tendance à donner aux caoutchoucs le nom des cours d'eau qui fertilisent les régions de production. C'est la généralisation d'une méthode de nomenclature qui présente les plus grands avantages, et qui est plus rationnelle que celle qui consistait à donner aux gommes le nom des places par lesquelles elles étaient exportées.

Les *cakes du Congo*, que nous recevons encore de cette partie de l'Afrique, ne sont autre chose que les anciennes *boules du Congo*, présentées maintenant sous forme de petites galettes. Enfin, signalons encore les *Kassaï rouges*, qui ont beaucoup de ressemblance avec les anciennes *loanda prima*.

Parmi les arrivages de gommes reçus de la côte occidentale d'Afrique, on remarque des boules agglomérées désignées sous le nom de *haut-congo*, que l'on appelait autrefois *mozambique*.

Les gommes qui nous parviennent de Madagascar se sont augmentées d'une nouvelle sorte : les *madagascar niggers*. C'est un bon caoutchouc qui a une certaine analogie, comme qualité, avec les *loandas* et l'apparence cornée des *ceara scraps*. Cette sorte, malheureusement, est mélangée de beaucoup de terre ; son rendement est sujet à des écarts considérables variant entre 30 et 60 p. 100.

On ne possède pas encore de renseignements sur l'origine botanique de cette gomme, non plus que sur son mode de récolte ; mais l'inspection de ce caoutchouc permet de croire qu'il est obtenu par coagulation spontanée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'exportation de cette sorte, très nerveuse et très appréciée, a atteint l'année dernière le chiffre de 400 000 kilogrammes.

De la Nouvelle-Zélande, on a recu quelques colis d'une gomme paraissant très nerveuse, mais dont l'élasticité est bien amoindrie par le déchiquetage. Nous doutons que les exportations en deviennent importantes par suite des considérations particulières que nous croyons devoir signaler. L'arbre producteur de ce caoutchouc est le fameux *banyan* (*ficus religiosa*), dont un seul individu fournit parfois à lui seul une véritable forêt. Ce phénomène est facile à comprendre par suite de la facilité avec laquelle se forment des racines adventives à l'extrémité des scions, lorsque ceux-ci, s'infléchissant des grosses branches, viennent à toucher terre. C'est ainsi que se produisent de gracieux arceaux se répétant bientôt à l'infini et ne laissant tamiser la lumière que par les rares éclaircies du feuillage. Ces arches qui se succèdent, cette demi-obscurité et le silence qui règnent sous ces voûtes irrégulières, font éprouver au voyageur un sentiment étrange, qui le porte au recueillement et à la méditation. Les indigènes, d'un naturel superstitieux, ont attribué au banyan un caractère sacré; ils ont placé cet arbre sous l'invocation d'un dieu puissant et terrible, dont ils fléchissent le courroux par de nombreux sacrifices. On prétend que les Canaques exposent leurs morts sur les maîtresses branches du banyan. Aussi conçoit-on que les tentatives faites pour saigner les arbres soient considérées comme des sacrilèges par les indigènes qui se refusent non seulement à se livrer à la récolte, mais qui se porteraient aux plus extrêmes violences sur tous ceux qui seraient assez téméraires pour troubler le repos de leur idole.

On ne saurait espérer voir de sitôt s'effacer ces traditions qui, tant qu'elles seront vivaces, seront l'obstacle le plus important à l'exploitation des forêts de banyans.

En dehors des gommes nouvelles dont nous venons de parler, il ne s'est pas produit d'autre modification dans les procédés de récolte du caoutchouc que nous tirons des régions indienne ou malaise.

Nous avons eu bien des fois à signaler les pratiques détestables des indigènes qui, pour obtenir une plus ample récolte, mutilent les arbres au point de causer leur mort. Ces déplorables agissements ont eu pour résultat de faire disparaître complètement les plantes à caoutchouc dans certains centres. Aussi, s'est-on préoccupé de conserver les principales espèces, et, depuis longtemps déjà, les directeurs des grands jardins botaniques ont cherché à acclimater les plantes à caoutchouc. C'est ainsi qu'à Buitenzorg, Libreville, etc., on a expérimenté les différentes méthodes de reproduction des espèces de façon à en assurer la perpétuation. Mais ces essais étaient forcément limités et ne pouvaient donner lieu qu'à des études fort intéressantes. Ce qui importait surtout, c'était d'entreprendre des plantations importantes en mettant à profit les connaissances acquises par les botanistes éminents qui dirigent les grands établissements dont nous venons de par-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ler. Ce n'est que depuis quelques années que des tentatives sérieuses ont été faites sur différents points.

Nous avons déjà eu l'occasion de rendre compte des essais faits en Colombie. Nous devons à l'obligeance de M. Bourdarie, secrétaire de la Société africaine, communication de quelques renseignements sur une nouvelle entreprise.

A quelques heures au sud de Loango, a été créée une plantation hollandaise, dite du lac Cayo, située sur la lagune baignée par la rivière Soémé. S'inspirant des avantages que devait présenter l'acclimatation du *manihot glaziowii*, on fit venir des grains qui furent semés dans une terre sablonneuse meuble, recouverte d'une forte couche d'humus variant de 70 centimètres à un mètre. La germination s'étant produite dans de bonnes conditions, le nouveau plant atteignait au bout d'un an une hauteur de trois mètres et donnait ses premières fleurs et ses premières graines. Un nouvel essai de semis fut entrepris, mais ne réussit pas par suite de la résistance que l'écorce, particulièrement dure et épaisse, opposait à la germination. On tenta alors de multiplier le plant par voie de bouturage. L'opération, par elle-même, réussit, mais les plants étaient loin de présenter la vigueur des sujets obtenus par semis. C'est alors que M. Chalot, directeur du jardin de Libreville, eut l'idée de fendre légèrement la graine près du hile. Le résultat fut merveilleux, la germination se fit en huit jours et les plants ainsi obtenus avaient un magnifique aspect. Un essai de récolte sur un sujet de deux ans entraîna sa mort, ce qui prouve que l'on ne saurait commencer l'exploitation d'une pépinière avant que les arbres aient acquis la force nécessaire. Nous estimons qu'il conviendrait d'attendre sept ou huit ans au minimum. Il serait même préférable d'attendre dix ans; à cet âge, les végétaux résisteront mieux aux assauts répétés de la hache ou du couteau.

C'est, du reste, l'excessive durée de la période préparatoire qui a détourné nombre de colons d'entreprendre ces sortes de plantations. Il faut espérer cependant que la perspective des merveilleux résultats que l'on peut obtenir décidera les propriétaires de concessions à s'adonner à la culture des plantes à caoutchouc, et il est à souhaiter que ces tentatives se généralisent afin de parer au dépeuplement des forêts causé par l'avidité des récolteurs. Nous avons signalé il y a quelques années les avantages qu'il y aurait à propager le *manihot glaziowii*. Cet arbre, dont la rusticité est remarquable, se plaît indistinctement dans les sols calcaires ou rocailleux, il supporte très bien la sécheresse, et ne craint pas la trop grande humidité. Toutefois, les essais d'acclimatation doivent s'étendre aux différentes espèces : la composition du sol, son degré d'humidité, les conditions climatologiques, etc., sont autant de facteurs avec lesquels il faut compter pour la réussite d'une plantation.

Nous ne saurions trop insister sur la nécessité de voir se multiplier des tentatives de cette nature. Il importe au plus haut point de ne pas laisser se tarir la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

source d'un produit dont l'emploi s'est tellement généralisé qu'il est devenu en quelque sorte indispensable.

Fabrication. — Les procédés de fabrication proprement dits n'ont pas varié, mais on constate une tendance à augmenter la puissance de l'outillage. Nombre d'usines ont abandonné les cylindres de faible dimension pour les remplacer par des laminoirs permettant de traiter des quantités trois ou quatre fois plus considérables qu'auparavant. Cette manière de procéder a permis de réaliser de notables économies.

Il convient de signaler quelques perfectionnements dans l'emploi des déchets qui autrefois n'étaient pas utilisés. On traite à chaud les déchets par des huiles, la réaction qui s'opère est des plus simples : sous l'influence de la température variant entre 110 et 120° centigrades, l'huile se combine au soufre en excès et forme un composé solide, élastique, qui n'est autre que le caoutchouc factice dont l'usage s'est propagé lors de la grande spéculation sur les caoutchoucs en 1882.

L'ingéniosité des fabricants s'exerce à rechercher les huiles les plus convenables, de façon que les produits obtenus ne soient pas exposés à se dessécher ou à s'altérer par la suite.

Malgré les progrès réalisés dans cette voie, on n'est pas encore parvenu à éliminer complètement le soufre contenu dans les déchets de caoutchouc vulcanisé, et le problème de la dévulcanisation n'a pas encore reçu de solution. Il serait à souhaiter que cette découverte se produisît; l'industrie du caoutchouc entrerait alors dans une nouvelle phase, et les consommateurs seraient les premiers à en bénéficier. En effet, la concurrence excessive que se font les fabricants a eu pour résultat l'amoindrissement des qualités. Produire à bon marché, tel est le but visé.

Les industriels sont, du reste, stimulés dans cette voie par les acheteurs mêmes, qui ne s'arrêtent qu'au prix et non à la valeur des produits. Les articles établis en suivant ce principe ont une belle apparence qu'on s'attache, du reste, à leur donner, mais ils n'offrent plus les garanties de résistance, de solidité et de durée des produits de l'ancienne fabrication.

Cette tendance à produire à bas prix est malheureusement générale, et rien n'autorise à supposer qu'il se produira de sitôt une réaction salutaire. Nous estimons toutefois qu'elle résulterait inévitablement de la découverte de la dévulcanisation. En effet, si l'on pouvait, en traitant les déchets de caoutchouc vulcanisé, récupérer la gomme avec ses propriétés originelles, et cela par un procédé peu coûteux, on n'aurait plus besoin d'incorporer dans les mélanges les matières que l'on s'ingénie à associer au caoutchouc. On entrerait dans l'ère bienheureuse de la loyauté obligatoire. Verrons-nous de sitôt se produire cette révolution bienfaisante?

Situation de l'industrie. — Les applications de plus en plus nombreuses du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

caoutchouc ont permis à cette industrie de continuer à se développer, et la plus grande activité n'a cessé de régner dans les fabriques. L'extension prise par la vélocipédie a apporté un fort contingent de commandes pour la confection des bandages qui servent à garnir les roues de ces machines légères, qui constituent un nouveau mode de locomotion. C'est par centaines de mille qu'il faut compter le nombre de ces garnitures fabriquées annuellement. Ce nombre augmentera encore considérablement dès que l'on aura réalisé dans la construction des voitures automobiles les progrès qui permettront à la masse de faire usage de ce nouveau moyen de transport.

L'énumération des objets ou appareils confectionnés, en tout ou partie, avec du caoutchouc n'a pour ainsi dire pas de limite, et toutes les branches d'industrie s'en servent plus ou moins sous ses divers aspects, souple ou durci.

L'importation des matières premières en France, qui était de 1 736 671 kilogrammes en 1892, a atteint, en 1894, le chiffre de 1 888 006 kilogrammes.

Le mouvement général des marchandises fabriquées a accusé les variations suivantes :

	1892	1893	1894	
Importation	776 883	880 107	793 558	kilogrammes.
Exportation	859 760	794 829	720 664	—

Il ressort de ces derniers chiffres que nos exportations ont fléchi de 140 000 kilogrammes à deux ans de distance, alors que les importations ont, au contraire, augmenté.

Cette situation est loin d'être brillante. Faut-il en attribuer les mauvais résultats au nouveau système économique qui régit nos échanges internationaux? Nous ne le croyons pas. De nombreuses usines ont été créées à l'étranger, et les barrières élevées par presque toutes les nations à l'importation ont privé l'industrie du caoutchouc de nombreux débouchés. Tant que la consommation intérieure suffira à alimenter nos usines, la situation se maintiendra, mais si les demandes venaient à diminuer pour quelque motif que ce soit, il se produirait une crise, que l'on a déjà entrevue il y a quelques années, et dont les conséquences pourraient être funestes à une industrie à laquelle le plus bel avenir paraissait réservé.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS CHIMIQUES

LA COMBUSTION DES HUILES MINÉRALES DANS LES LAMPES ORDINAIRES

La question de l'éclairage domestique au moyen des lampes est toujours des plus intéressantes. Les différentes formes de lampes que nous voyons se produire d'époque en époque prouvent que leur construction se modifie assez souvent, et que les constructeur reconnaissent le desideratum d'une lampe qui pourrait véritablement répondre aux besoins d'un bon éclairage. Mais, jusqu'ici, la construction des lampes s'est faite plutôt d'une manière empirique, de sorte qu'une lampe bonne avec certaines dimensions devient presque inutilisable dès qu'on la modifie tant soit peu. Jusqu'à présent, on s'est en effet contenté d'étudier la combustion des différentes huiles tantôt dans des lampes déjà fabriquées, tantôt en changeant le système qui force l'huile à monter vers la flamme. La question de l'influence des autres facteurs a été négligée ou considérée accidentellement. Un seul facteur, cependant, a été toujours pris en considération par ceux qui ont étudié la question de l'éclairage au moyen de différentes huiles, ainsi que par ceux qui construisent les appareils nécessaires à cet éclairage : ce facteur est le courant d'air, indispensable pour un bon éclairage. Mais l'importance énorme qu'on attribuait au libre passage de l'air dans le foyer a fait négliger d'autres phénomènes dont l'importance n'est pas moindre que celle du courant d'air; ce sont le frottement interne des huiles, la vitesse du courant d'air, la hauteur de l'enveloppe de la mèche, etc.

Dans une étude approfondie et documentée par de nombreuses expériences, insérées dans les *Annales de la Société impériale technique de la Russie* (janvier 1895), M. Stepanoff, chimiste du laboratoire de la Société, examine les différents phénomènes dont l'étude est d'une nécessité primordiale pour qui s'occupe de la construction des lampes ordinaires, et s'intéresse à la question de l'éclairage aux huiles minérales, légères et lourdes.

D'après M. Stepanoff, les conditions d'un bon éclairage dépendent des lois suivantes : 1° L'ascension de l'huile vers le foyer ne dépend pas directement de la densité de l'huile, comme on le pense généralement, elle est proportionnelle au carré de la *constante capillaire* et inversement proportionnelle au frottement interne du combustible ; 2° les constantes capillaires des différentes huiles de naphte utilisées pour l'éclairage sont assez rapprochées entre elles, et, pour les huiles d'une même provenance, elles augmentent avec leurs densités. Les données exposées plus loin expliquent nettement le sens de ces formules. Ces données ont été obtenues par l'auteur au moyen du capillarimètre de Traubé; l'huile était aspirée dans le tube par une poire en caoutchouc, placée sur l'extrémité supérieure du tube; la constante capillaire des huiles a été calculée comparativement avec celle de l'eau.

	Température de l'expérience, en centigrades	Hauteur de l'ascension, millimètres	Constante capillarités, en milligrammes
Eau.	21°,2	106	8,75
Pétrole de Noble (d = 0,8212 à 19,4° C)	19°,2	45	3,06
Pyronaphte rouge (d = 0,85428 à 17,9° C)	18°,8	47	3,32
Huile de Solar (d = 0,8554 à 19,5° C)	20°,3	48	3,39
Pétrole américain (d = 0,7782 à 19° C)	19°,3	46	2,96

(1) *Annales de la Société technique impériale de la Russie*, janvier 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ainsi, l'ascension des pétroles russe et américain est à peu près la même, quoique leur densité soient notablement différente; il est donc absolument erroné d'affirmer qu'un pétrole d'une densité inférieure atteint plus vite le foyer qu'un pétrole plus lourd. Il est évident que cette ascension dépend de la qualité de la mèche. Supposons une mèche dont la densité propre est assez élevée, c'est-à-dire une mèche d'un tissu compact, nous verrons les deux pétroles atteindre en même temps l'extrémité supérieure de la mèche, puisque l'ascension de ces huiles dans la mèche dépend de la

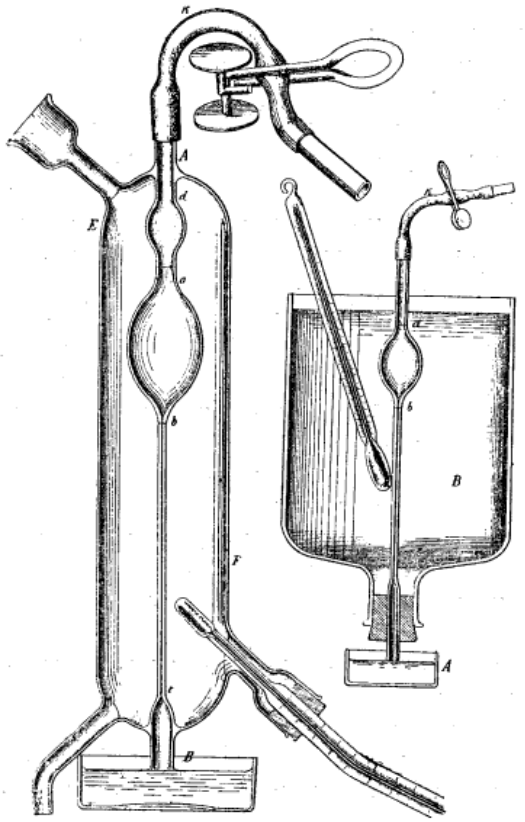


Fig. 1 et 2. — Appareils Oswald : primitif et perfectionné par M. Stepanoff.

qualité de celle-ci. En ce qui concerne la *qualité de la mèche*, l'auteur est arrivé aux résultats suivants : dans une mèche peu serrée, l'huile remplit les espaces libres entre les fils de la mèche, tout près de la surface de l'huile, beaucoup plus facilement que dans une mèche compacte. Mais, au fur et à mesure que l'huile monte dans la mèche, le débit de l'huile diminue beaucoup plus vite dans une mèche peu serrée que dans une mèche compacte. Ici, la densité des huiles ne joue aucun rôle. Prenons par exemple une mèche peu serrée, dont la densité propre est 0,212, et une mèche compacte d'une densité 0,342. En les mettant en contact avec la surface d'une huile, on constate que la première mèche présente, à la limite du contact, 85,87 p. 100 de sa section

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

primitive et la seconde 77,15 p. 100; mais, à 15 centimètres au-dessus de la surface de l'huile, la première n'en présente que 22,5 p. 100, tandis que la seconde en présente 35,07 p. 100.

D'après Engler et Lewine, la constante capillaire, qui joue un rôle actif dans l'as-

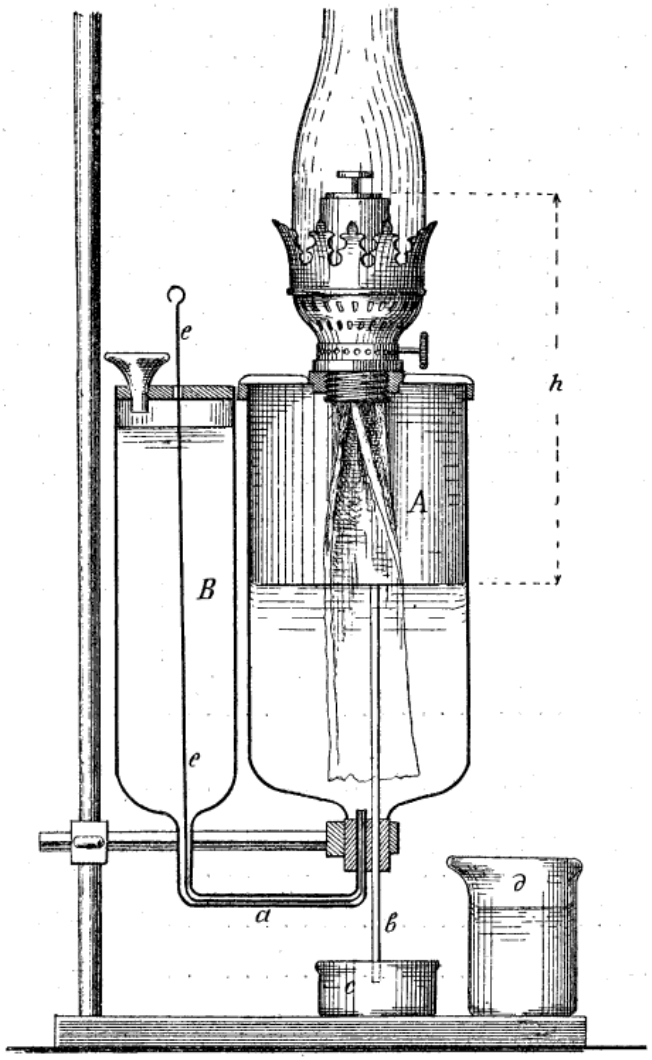


Fig. 3. — Appareil Stepanoff.

cension des huiles, diminue avec l'augmentation de la densité. Bartholi et Strocciati ont trouvé qu'elle augmente avec l'élévation de la température d'ébullition. D'après les chiffres indiqués ci-dessus par M. Stepanoff, on voit que la constante capillaire augmente avec la densité : elle est de 2,96 pour le pétrole américain et de 3,06 pour le pétrole russe.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En raison de la faible différence des chiffres précédents, on peut affirmer que la constante capillaire influe peu sur la différentiation des huiles, et qu'elle peut être même négligée dans certains cas. La véritable caractéristique d'une huile d'éclairage, indépendamment de la température d'explosion : point éclair ou *Ftashing Point*, est, d'après M. Stepanoff, le *frottement interne* de l'huile, négligé jusqu'à présent dans les essais des huiles d'éclairage et de graissage. Dans l'industrie l'on attribue actuellement une trop grande importance à la densité de l'huile, qui, comme nous venons de le voir, peut être, au point de vue de l'éclairage, même écartée ; dans quelques cas seulement elle influe sur le frottement interne qui, alors, augmente avec la densité. Le frottement interne ou la *viscosité* des huiles d'une même provenance augmente avec la densité et diminue avec l'élévation de la température. D'une façon générale, une huile d'une densité élevée fonctionnera bien si on a soin de ne pas augmenter son frottement interne. Pour déterminer la valeur du frottement interne des différentes huiles, l'auteur a employé l'appareil d'Ostwald soit dans son état primitif, soit perfectionné par M. Stepanoff. La fig. 1 présente l'appareil d'Ostwald non perfectionné. On aspire l'huile de A par le caoutchouc K, jusqu'au trait *a*, et l'on note la durée de la descente de l'huile jusqu'au trait *b*. L'eau de B permet d'obtenir une température à peu près constante. Pendant l'écoulement de l'huile, la pression sous laquelle se produit cet écoulement change avec la hauteur de l'huile dans le tube, et, pour une même hauteur, la pression est proportionnelle à sa densité. Ainsi, connaissant la densité de l'huile et la durée de l'écoulement, on peut en déduire la valeur du frottement interne.

Numéros	NOMS DES HUILES ET LEURS DENSITÉS	TEMPÉRATURE d'expérience	FROTTEMENT interne en unité absolue (C.G.S)
		degrés Centigrades	
1	Pétrole américain, $d = 0,7782$ à 19°, 0,7631 à 40°,2. Explosible à 43° C.	12,6	0,01762
		19,2	0,015856
		99,96	0,0055074
2	Pétrole de Bakou, $d = 0,8212$ à 19° C.	8,5	0,02436
		13,4	0,02074
		19,4	0,01863
		99,82	0,006153
3	Fraction du pétrole de Bakou (120-230°), $d = 0,812$ à 15°. Explosible à 30° C.	16,65 — 16,8	0,01398
4	Fraction du pétrole de Grosenensk (150-260°), $d = 0,8261$ à 17°,5	17,0 — 16,75	0,01628
5	Fraction du pétrole de Grosenensk (159-275°), $d = 0,8333$ à 15°. Explosible à 38°,8.	14,7 — 14,8	0,019287
6	Pyronaphte rouge de Noble, $d = 0,85428$ à 17°,9	13,25	0,06434
		99,96	0,01115
7	Huile Solar de Noble, $d = 0,8554$ à 19°,5	99,82	0,01181
8	Benzine de Noble, $d = 0,71528$ à 17°,9, 0,7105 à 27° C.	13,2	0,005135
9	Pétrole américain, $d = 0,787$ à 15°. Explosible à 45°.	18,4 — 18,5	0,017364
10	« Spécial russe » de « Stol et Schmidt » 0,8173 à 13°	18,2 — 18,35	0,016096
11	Pétrole d'une usine de Bakou, d'un mauvais traitement, $d = 0,824$ à 17°	19, — 18,9	0,01914
12	Pétrole pris dans le résidu d'une lampe quand le niveau du pétrole est descendu à 8 centimètres et quand il n'y reste qu'un cinquième de tout le contenu.	19,1 — 18,8	0,01998

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'appareil perfectionné par M. Stepanoff (fig. 2) peut être employé non seulement pour l'essai des huiles à brûler, mais aussi comme viscosimètre pour les huiles lubrifiantes. Dans le tableau p. 646, l'auteur donne les résultats de ses expériences : on y voit que les frottements internes sont absolument indépendants de la densité des huiles, et que le pétrole de Bakou de même densité que le pétrole américain possède un frottement interne moindre que ce dernier, ce qui explique la possibilité d'employer du pétrole de Bakou d'une densité plus grande que celle du pétrole américain. Suivant le même tableau, le pétrole et les extraits du naphte de Grosenensk peuvent avoir une densité plus grande que ceux de Bakou, puisque leur viscosité est moindre.

D'après ce tableau, on voit que la valeur des frottements internes dépend aussi de la température de l'huile (ex. 1 et 2). Or, comme ce frottement est un des principaux facteurs de la qualité des huiles, la température de l'huile devient, par cela même, un agent actif dans l'utilisation d'un combustible. « Si nous ne constatons pas d'élévation de la température dans les lampes bien faites, dit M. Stepanoff, cela ne veut pas dire que l'huile ne s'échauffe pas. En effet, le tube de cuivre qui enveloppe la mèche est bon conducteur de la chaleur; l'huile, en contact avec ce tube, s'échauffe à sa partie supérieure, ce qui permet de régulariser l'ascension de l'huile, même pendant l'abaissement de la surface de l'huile, et d'éviter ainsi l'abaissement de la flamme. »

En comparant les échantillons 11 et 12 du précédent tableau, on constate que le frottement interne augmente avec l'abaissement du pétrole dans le vase; cela tient à ce que ces échantillons contenaient des essences volatiles. Les huiles minérales dépourvues d'essences volatiles, c'est-à-dire les huiles lourdes, auront un frottement interne constant. Pour les huiles de la même provenance le frottement interne diminue quand la densité ou la température augmentent. Les chiffres de la commission d'expertise confirment cette loi. D'après ces essais, le pétrole de la maison Ragosine, de densité 0,868, aurait, à toutes les températures, une viscosité moindre que le pétrole de la même maison de densité 0,874. Pour le second, les frottements sont à 20° de 0,084; à 25° de 0,068; à 40° de 0,043; pour le premier, les frottements sont à 20° de 0,126; à 25° de 0,101, et à 40° de 0,066.

De tout ce qui précède, il résulte que la vitesse de l'ascension de l'huile dépend non seulement de la hauteur de la mèche, mais aussi du diamètre des capillaires. Elle diminue avec l'augmentation de la hauteur, et est indépendante de la densité de l'huile; elle dépend principalement de la viscosité de l'huile. Il est évident qu'à chaque hauteur h correspondra un diamètre capillaire plus avantageux que les autres. Comme ces capillaires constituent, dans notre cas, les vides de la mèche, il est certain que la compacité de celle-ci aura une certaine importance pour l'ascension des huiles : la mèche peu serrée ne peut être employée pour les hauteurs notables; elle est avantageuse pour les hauteurs peu élevées. Connaissant les principales causes de l'ascension de l'huile dans les mèches, M. Stepanoff est arrivé, après une série d'expériences dont nous donnons plus loin l'exposé, à formuler les lois de la combustion des huiles dans les lampes comme il suit : « Toute huile qui atteint le foyer par la mèche est toujours brûlée. L'échauffement du bec influe sur la quantité d'huile qui atteint la flamme, et peut servir comme régulateur unique pour l'ascension des huiles et pour éviter l'abaissement de la flamme. »

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Numéros	Distances du niveau de l'huile à la flamme (cm)	QUANTITÉ DE PÉTROLE BRULÉ en grammes — DURÉE DE L'EXPÉRIENCE de	à	Pendant la durée de l'expérience	Dans une heure	Par unité d'Alteneck	Intensité de la lumière en unités d'Alteneck	RÉSULTATS D'ANALYSES DES GAZ — Co² p. 100 en volume	Rapport de l'air admis à la quantité théor°	Air admis par heure en lit.	REMARQUES
N° 1. — Bec « Reform-Kosmos », à 14″											
Hauteur du verre : 25cm,9. Son diamètre transv. : 2cm,8 ; le diamètre de la partie étranglée : 2cm,3. L'étranglement du verre se trouvait à 9 mill. au-dessus du bec. Huile-pétrole de Noble, $d = 0{,}825$.											
1	9,4	12h 57′	1h 28′5	25	47,6	2,29	16,4	9,6	1,53	833,5	
2	10,7	1 54	2 24	21	42	2,62	16	9,25	1,59	765,4	
3	12,2	2 58	3 28	20	40	2,76	14,5	9,2	1,6	732,2	
4	13	3 41	4 11	21	42	3	14	8,8	1,67	802,4	
5	14	4 23	4 53	17	34	2,5	13,6	9	1,63	634	
6	14	1 16	12 14	18,5	37	3,03	12,2	8,8	1,67	706,9	
7	15,2	11 44	12 57	18,5	37	3,08	12	»	»	»	
8	17	12 27	1 46	20	40	3,71	10,75	8	1,83	837,4	
							En moyenne.			758,9	
N° 2. — Bec « Reform-Kosmos », à 14″											
Muni d'un disque. Le verre est bombé et a 26 centim. de longueur. Huile-pétrole.											
1	9,4	2h 18′	2h 48′	19	38	3,8	10	6,8	2,14	930,3	
2	11	3 10	3 40	18,5	37	3,7	10	6,6	2,2	931,2	
3	12,3	4 9	4 39	22	44	4,23	10,4	7,6	1,9	956,4	
4	14,5	10 5	10 35	22,5	45	4,01	11,2	4,8	3	1544,4	
5	17,4	10 57	11 29	20	37,5	3,84	9,75	5	2,88	1428,1	
							En moyenne.			1187,8	
N° 3. — Bec « Reform-Kosmos », à 14″											
Le disque a 10 millim. d'épaisseur. Le verre bombé a 24 cent. de longueur.											
1	10	»	»	»	34	2,72	12,5	7,4	1,93	739	
2	12,3	»	»	»	31	2,7	11,5	7,8	1,87	663	
3	14,5	»	»	»	34	3,27	10,4	7,4	1,93	739	
4	17,3	»	»	»	37	4,35	8,5	5,8	2,5	1038	
							En moyenne			795	
N° 4. — Bec « Reform-Kosmos », à 14″											
Le verre bombé a 21cm,5 de longueur.											
1	10,2	»	»	»	33,7	3,11	12	8,6	1,7	720	
2	12,4	»	»	»	35,63	3,1	11,5	7,2	2,02	823,5	
3	14,4	»	»	»	34	3,27	10,4	6,8	2,14	832,5	
4	17	»	»	»	35	3,72	9,4	6,2	2,34	937	
							En moyenne.			828	

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Numéros	Distances du niveau de l'huile à la flamme	QUANTITÉ DE PÉTROLE BRULÉ en grammes — DURÉE DE L'EXPÉRIENCE de	à	Pendant la durée de l'expérience	Par heure	Par unité d'Alteneck	Intensité de la lumière en unités d'Alteneck	RÉSULTATS D'ANALYSES DES GAZ — CO^2 p. 100 en volume	Rapport de l'air admis à la quantité théor.	Air admis par heure en lit.	REMARQUES
N° 5. — Bec « Solar-Oel-Brenner » (la lune), à 14″											
		Le disque a 10 millim. d'épaisseur. Huile à brûler-pétrole.									
1	9	1h 10	1h 10′5	16	32	1,39	23	10,6	»	»	
2	9	1 40	2 5	25	60	2,61	23	11,4	1,3	892,3	
3	10,3	2 24	2 54	30	60	2,48	24,2	11,2	1,32	906	
4	12,5	3 15	3 44	31	64	2,91	22	11,1	1,34	981,1	
5	13	4 5	4 35	28,6	56,12	2,67	21	10,4	1,42	911,2	
6	15,1	4 55	5 25	27	54	4,7	11,5	8,2	1,78	1099,6	
							En moyenne.			958	
N° 5 *a*. — Bec « Solar-Oel-Brenner », à 14″											
		Pétrole.									
1	10	4h 46	5h 8	24	65,46	3,26	20,1	»	»	»	
2	11	9 24	9 43	15	47,4	2,15	22	»	»	»	
3	12	9 52	10 26	25	44,1	2,1	21	»	»	»	
4	13	10 34	11	22	50,8	2,9	17,5	»	»	»	
5	14,1	2	2 24	17	42,5	3,4	12,6	»	»	»	
6	16,6	3 14	3 41	17	38	4,81	7,9	»	»	»	
N° 6. — Bec « Solar-Oel-Brenner », à 14											
		Le verre étranglé, employé déjà pour le bec « Reform-Kosmos ».									
1	9,5	»	»	»	41	3,72	11	8,8	1,67	783	
2	10,7	»	»	»	35	3,11	11,2	7,8	1,87	748,7	
3	12,7	»	»	»	34	3,16	10,75	7,4	1,97	767,6	
4	14,8	»	»	»	36	3,46	10,4	8	1,83	753,7	
5	16	»	»	»	32	3,16	10,1	7,8	1,87	684,6	
6	18	»	»	»	31	3,69	8,4	»	»	»	
							En moyenne.			745,2	
N° 7. — Bec « Reform-Kosmos-Brenner »											
		Huile lourde-pyronaphte rouge de Noble, $d = 0{,}855$ à 15° C.									
1	9,6	»	»	»	45,6	3,26	14	9,6	1,53	798,1	
2	11,5	»	»	»	28	2,43	11,5	8,2	1,78	532,4	
3	13,4	»	»	»	30	4,05	7,4	6,2	2,34	803,2	
4	14,8	»	»	»	24	4,8	5	4,6	3,13	859,4	
							En moyenne.			753,4	

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Numéros	Distances du niveau de l'huile à la flamme	QUANTITÉ DE PÉTROLE BRULÉ en grammes — DURÉE DE L'EXPÉRIENCE de	à	Pendant la durée de l'expérience	Par heure	Par unité d'Alteneck	Intensité de la lumière en unités d'Alteneck	RÉSULTATS D'ANALYSES DES GAZ — CO_2 p. 100 en volume	Rapport de l'air admis à la quantité théor.	Air admis par heure en lit.	REMARQUES
	cm										
N° 8. — Bec « Solar-Oel-Brenner » (la lune)											
	Huile lourde, $d = 0{,}855$. Le verre a $21^{cm},5$ de hauteur.										
1	8,8	»	»	»	44,7	2,26	17,2	10	1,475	755,7	
2	10,9	»	»	»	34	2,52	13,5	9,4	1,56	610,6	
3	13,4	»	»	»	33	3,66	9	9,8	1,5	567	
							En moyenne			644,4	
N° 9. — Bec de Koumberg « Universel pour pyronaphte », à 18″											
	Le verre a $29^{cm},5$ de hauteur. Huile-pétrole de Noble, $d = 0{,}825$.										
1	9,2	1h 9′	1h 39′	39	78	3,39	23	10,4	1,42		
2	9,2	2 5′	2 26′	27	77,6	3,37	23	9,6	1,53	1256	
3	9,2	2 36′	3	28	70	3,11	22,5	10,3	1,43		
4	10,1	3 30′	4	31	62	2,75	22,5	9,8	1,55	1096	Le niveau est abaissé à 3h 25′ jusqu'à $10^{cm},1$.
5	10,1	»	»	»	»	»	22,5	9,7	1,55	1096	
6	11,4	4 25′	4 55′	35,5	71	3,23	22	10	1,58	1256	Le niveau est abaissé à 4h 19′ jusqu'à $11^{cm},4$.
7	11,4	4 55′	5 10′	17	68	»	»	9	1,58	1256	
8	11,4	9 15′	9 36′	25	71,4	3,24	22	»	»	»	
9	12,6	9 47′	10 34′	53	67,7	3,69	18,3	»	»	»	
10	14	10 52′	11 24′	35	65,7	3,74	17,5	»	»	»	
11	15,6	11 40′	12 1′	21	65,71	4,11	16	»	»	»	
							En moyenne			1203,5	
N° 10. — Bec « Universel pour pyronaphte » de Koumberg											
	La longueur du verre a été tantôt $29^{cm},5$, tantôt $25^{cm},7$. Huile-pétrole.										
1	10,6	12h 59′	1h 32′	36	65,5	3,28	1h 15′	20	1h 17′ à 1 45	8,5	1,72	1289	Le verre de $29^{cm},5$.
2	»	1h 51	2 18′5	2 9	63,3	2,75	2 5	23	1 55 à 2 11	8,7	1,69	1224	» $25^{cm},7$.
3	»	2 30	2 56′5	26,5	72,5	3,58	2 43	20,2	»	7,8	1,87	1654	» $29^{cm},5$.
4	12,3	3 10′5	3 37	26	59	3,47	3 25	17	»	6,3	2,39	1613	» $25^{cm},7$.
5	»	3 47	4 16′5	32	65	3,82	»	17	»	6,4	2,36	1755	» $29^{cm},5$.
6	»	4 30	5 03	29	52,7	3,98	»	13,25	»	4,8	3	1809	
N° 11. — Bec « Universel pour pyronaphte » de Koumberg, à 18″											
	On a, dans une heure, échangé alternativement le verre simple avec un verre double, (c'est-à-dire qu'un verre a été mis sur l'autre). Huile pyronaphte rouge de Noble, $d = 0{,}855$ à 15° C.										
1	11,4	12h 5′	12h 32′	22	48,9	3,05	»	16	»	6	2,41	1350,6	Un verre.
2	»	12 41	1 5	24	60	3,38	»	18	»	8	1,83	1256,1	Deux verres.
3	12,7	1 31	2 1	25	50	3,57	»	14	»	6,2	2,34	1438,5	Un verre.
4	»	2 6	2 36	30	60	4,5	»	14,75	»	6,55	2,22	1423,8	Deux verres.
5	14	10 23	10 44	15	42,9	4,64	»	9,2	»	6,4	2,27	1116,3	Un verre.
6	»	10 53	11 28	20	36	3,6	»	10	»	5,1	3	1235,5	Deux verres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ces expériences ont été faites avec l'appareil figure 3. Comme réservoir, M. Stepanoff employait un flacon de verre renversé A, dans le haut duquel on avait ménagé une ouverture où l'on montait successivement les différents systèmes de becs à pétrole. Des deux tubes capillaires *a* et *b*, le second, *b*, plus grand, servait à l'écoulement du liquide dans le vase *c*; le premier, *a*, introduisait l'huile à brûler contenue dans le réservoir supplémentaire *B*, à un niveau plus élevé que celui du vase A. L'introduction de l'huile dans le vase A se faisait au moyen d'un fil de cuivre *e*, et de telle sorte que le liquide se tenait toujours au même niveau dans le vase A. Au commencement d'une série d'expériences avec un système nouveau, le tube *b* se plaçait toujours plus haut. On mesurait la distance *h* entre le niveau du pétrole dans le vase A et l'extrémité supérieure du bec. Après un quart d'heure ou une demi-heure d'éclairage, tout l'appareil était pesé. Une demi-heure après, on pesait l'appareil de nouveau, et, par ce moyen, on déterminait la quantité de pétrole dépensée. A l'aide de la burette de Henzel, on aspirait les produits de la combustion en promenant la burette le long de la flamme de manière à en prélever un échantillon moyen. Les deux premiers échantillons furent rejetés comme contenant de l'air provenant du tube du bec. Les échantillons ainsi obtenus furent analysés chaque fois.

Les différents systèmes de bec employés pour ces expériences étaient : le « Reform-Kosmos » à 14 lignes, le « Solar-oel-Brenner », et le « Bec universel » de Koumberg pour pyronaphte. On changeait la hauteur des verres, leur forme, la distance du niveau de l'huile à la flamme, l'huile et sa densité. Les tables précédentes résument les données obtenues par l'auteur dans ces expériences.

D'après ces tables, nous pouvons conclure : 1° que la quantité d'huile consommée est réellement supérieure à celle que peut fournir la mèche à la température ordinaire ; 2° que l'échauffement de l'huile dans la mèche joue, dans la consommation des huiles, un rôle beaucoup plus important qu'on ne le croit ordinairement; 3° que, malgré la diminution de l'huile dans la lampe, la quantité d'huile consommée augmente, grâce à la conductibilité du cylindre du bec qui enveloppe la mèche, et la flamme ne baisse que si le niveau de l'huile dans A est descendu au point que l'action de la conductibilité diminue notablement. L'ascension de l'huile dépend donc non seulement de la longueur de la mèche, mais aussi de l'échauffement de son enveloppe métallique. Avec le même bec, le même pétrole et le même abaissement du niveau de l'huile, on obtient, en changeant les réservoirs, des résultats différents. Ces faits réfutent complètement l'opinion admise jusqu'à présent : que chaque système de bec ne peut bien utiliser qu'une certaine quantité d'huile, et que l'abaissement de la flamme ne se produit que lorsque la mèche ne peut plus fournir une quantité d'huile supérieure à celle indiquée. D'après les expériences de M. Stepanoff, on voit, au contraire, qu'un même système donne, avec des réservoirs différents, des résultats différents, et que l'abaissement du niveau de l'huile produit parfois une augmentation dans la consommation. Comment expliquer que, par l'abaissement brusque du liquide, on obtient les résultats différents de ceux obtenus lorsque le niveau descend lentement? Il est évident que la conductibilité de l'enveloppe de la mèche régularise l'ascension de l'huile dans la mèche, et que le bec est ainsi non seulement un support de la mèche, mais aussi un facteur principal de l'ascension de l'huile vers la flamme. L'échauffement successif de l'enveloppe métallique est donc le seul moyen d'éviter l'abaissement de la flamme, d'où il suit que l'épaisseur de l'enveloppe est une condition importante de la construction des lampes, de même que les dimensions du réservoir. Lorsque l'intensité de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la lumière reste quelque temps constante, cela prouve que l'échauffement de l'enveloppe correspond à l'abaissement de l'huile dans le réservoir; lorsque l'intensité de la lumière augmente d'abord, l'échauffement de l'enveloppe croît plus vite que l'abaissement de l'huile; et enfin, lorsque l'intensité diminue tout à coup, l'échauffement est insignifiant ou très lent, de sorte qu'il ne peut pas compenser la perte dans le débit de l'huile occasionnée par l'augmentation de la hauteur de l'ascension.

Ces raisonnements ont conduit l'auteur à résoudre le problème suivant : Quels sont les moyens qui peuvent empêcher l'abaissement de la flamme avant que le combustible ne soit entièrement consommé? MM. Alibegoff, Doliguine et Lisseuko ont conseillé de diminuer la hauteur du bec. Mais cette intervention ne donne de bons résultats que lorsque le débit de l'huile est très faible avec des réservoirs très élevés et larges. D'une façon générale, si l'échauffement de l'enveloppe est très élevé, l'huile se volatilise plus vite, et la partie supérieure de la mèche n'est pas imbibée. Dans ce cas, on est forcé de soulever l'huile à une certaine hauteur. Si, au contraire, l'échauffement est très lent, la lampe brûle à peine, surtout avec les huiles lourdes. Par conséquent, théoriquement, la profondeur du réservoir doit être égale à la hauteur de l'enveloppe de la mèche. En pratique, l'abaissement de la flamme se produit avant la limite théorique. Cela tient à ce que, pratiquement, la température de l'enveloppe n'atteint jamais celle où l'huile, à peine arrivée dans le bec, est transformée immédiatement en vapeur. Pour démontrer l'importance de la hauteur du bec, l'auteur a fait plusieurs expériences avec les becs de Wild et Wessel (Central-Vulcan), en employant comme combustible le pyronaphte rouge 0, à 855. D'après ces expériences, l'abaissement de la flamme ne se produit que quand le niveau de l'huile est descendu à 9 centimètres ou $9^{cm},5$ pour le bec « Central Vulcan » et à 7 centimètres pour le bec « Solar-Oel-Brenner » de 18″, à 6 centimètres pour le même bec de 14″, à $5^{cm},2$ pour le même bec de 12″ et à $7^{mc},5$ pour le même bec de 16″.

Donc, dans le cas des huiles lourdes, il faut, pour éviter l'abaissement de la flamme, donner au bec une hauteur déterminée, qui corresponde à la profondeur du réservoir. En même temps, il faut éviter de faire le bec en métal trop massif ou trop mince; mais il faut le faire en sorte qu'il s'échauffe d'abord à la température correspondant à l'intensité normale de la lumière, puis progressivement au fur et à mesure de l'abaissement du niveau de l'huile. La partie du bec plongée dans l'huile sera d'abord refroidie par le liquide, et, au fur et à mesure qu'elle en sortira, elle s'échauffera et contribuera ainsi à l'ascension du combustible. Il faut cependant noter que chaque bec doit correspondre à un réservoir déterminé, c'est-à-dire qu'un bec, qui donne avec un réservoir tels résultats donnera, avec un autre réservoir, des résultats différents, puisque, au même degré d'échauffement, correspondront les différents niveaux. D'où suit que, lorsqu'on fait des essais avec différents becs, il faut les essayer dans des réservoirs différents. Ces derniers doivent être choisis de sorte que l'huile contenue dans les mèches monte à la même hauteur : autrement dit, les dimensions des réservoirs doivent varier avec la quantité d'huile brûlée dans l'unité de temps.

Donc, lorsqu'on emploie les huiles lourdes, il est nécessaire : 1° d'augmenter l'épaisseur de la mèche, 2° de diminuer la hauteur du bec au-dessus du réservoir, et 3° d'accélérer l'échauffement de l'huile dans la mèche et dans le réservoir. La troisième condition est la plus importante lorsqu'il s'agit d'huile lourde de densité 0,855. Si l'on veut obtenir un éclairage régulier avec les huiles lourdes, sans employer les lampes

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à modérateurs et autres, qui maintiennent l'huile à une hauteur constante, il est nécessaire de construire la lampe de telle sorte que l'huile soit portée toujours à une température élevée. En effet, le pyronaphte de Noble, d'une densité de 0,855, explosible à 100°, peut être chauffé même jusqu'à 40°, ce qui nous donne une marge de 100° — 40° ou de 60°. On ne court donc aucun danger. Cependant, il ne faut pas pousser trop loin l'échauffement, puisqu'on risque ainsi de produire la carbonisation de la mèche, l'épaississement de l'huile, etc.

Voyons maintenant quelle est, d'après M. Stepanoff, la fonction de l'air dans un bon éclairage. On dit souvent que, lorsqu'on augmente la hauteur du verre, la flamme de-

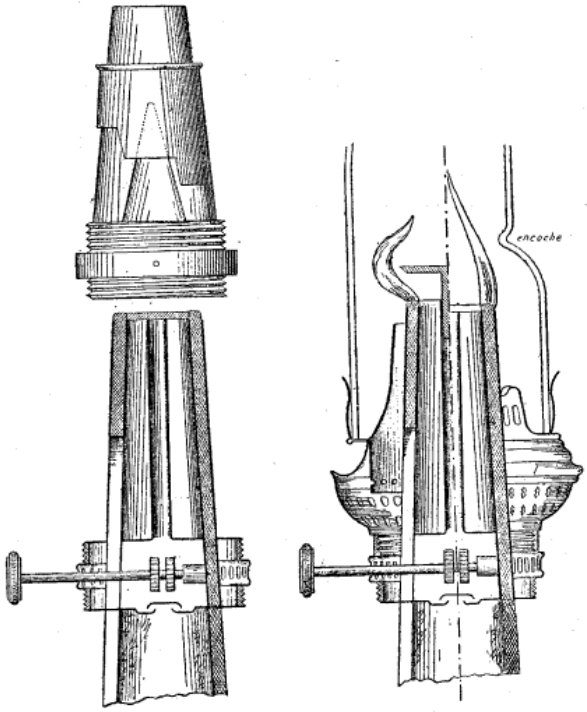


Fig. 4 et 5. — Becs à tige et à disque.

vient plus intense, et que cela provient surtout de l'acroissement du tirage par l'agrandissement même de la longueur du verre. Smelck a démontré que l'augmentation de la longueur du verre diminue l'intensité de la flamme, et que, pour que celle-ci soit plus éclatante, il faut augmenter la dépense de l'huile. Dans les tables précédentes, on voit que l'excédent d'air introduit dans le foyer est de 1,32 pour le n° V; 1,5 pour le n° VIII; 1,55 pour le n° IX, etc., que, dans 82 analyses, il varie entre 1,3 et 3, et que son débit va jusqu'à 1809 litres par heure. La vitesse du courant d'air joue comme son débit un rôle important. Cette vitesse doit avoir une valeur déterminée : quand elle est plus grande que la vitesse normale, la flamme saute; quand elle est plus petite, il se produit de la fumée, la flamme devient rougeâtre, sensible au moindre mouvement de l'air, etc. On peut ramener l'étude de l'action de l'air dans les lampes à celle des quatre cas

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

suivants : 1° la vitesse de l'air et son débit sont trop élevés ; 2° la vitesse de l'air et son débit sont trop faibles ; 3° la vitesse est trop grande et le débit trop petit et 4° la vitesse est trop petite et le débit trop grand. Dans le premier cas, l'augmentation du débit sera nuisible, la diminution avantageuse. Dans le second cas, l'augmentation du débit et de la vitesse sera avantageuse, la diminution, nuisible. Dans les deux derniers cas, l'augmentation du débit est nuisible. De la variation du débit de l'air, dépend la dépense minima de l'huile. Cette dépense est, d'après M. Stepanoff, par unité d'Alteneck, de $2^g,1$, $2^g,43$, $2^g,5$... $3^g,7$, etc. Les $2^g,43$ et $2^g,54$ des expériences 7 et 8 présentent la dépense, par unité, du pyronaphte rouge : d'où suit qu'on peut obtenir, avec le pyronaphte rouge ou toute autre huile lourde, de bons résultats au point de vue de la dépense du combustible par unité si l'air pénètre dans le bec convenablement et avec une vitesse correspondante. Par conséquent, pour les huiles lourdes, il faut diminuer le courant d'air sans diminuer sa vitesse, ce qui revient à dire : diminuer la surface du passage de l'air à la naissance de la flamme, en conservant la même hauteur de verre. Dans ce but, l'auteur recommande les conditions suivantes : 1° Pour diminuer l'accès de l'air à l'intérieur de la flamme, on peut placer au centre du bec une tige plus ou moins large, ou, fig. 4 et 5, un tube dont les deux extrémités sont fermées. 2° Pour diminuer l'accès de l'air extérieur dans les becs dépourvus de couvercle, l'espace entre la mèche et le verre doit être d'autant plus étroit que le frottement interne est plus grand ; les dimensions du verre doivent varier proportionnellement non pas à la largeur de la mèche, mais à l'espace précité qui, lui-même, doit être en rapport avec l'ascension de l'huile. 3° Dans les becs « Solar-Oel-Brenner », l'accès de l'air est diminué par le couvercle. D'après les tables 1, 5, 6, on voit que le bec « Reform-Kosmos » dépense plus d'air que le « Solar-Oel-Brenner ». 4° Pour diminuer le courant d'air extérieur, on peut se servir encore de l'étranglement du verre (tables 1, 2, 5, 6). De même, le disque diminue aussi le courant d'air. Plus l'étranglement du verre est bas, plus le courant d'air est diminué. La deuxième recommandation se rapporte plutôt aux huiles légères ; pour les huiles lourdes, elle présentera des inconvénients, puisque le verre sera trop près de la flamme. Par conséquent, pour les huiles lourdes, on doit observer strictement les conditions 1° et 2°.

D'après les tables indiquées plus haut, on voit que l'étranglement du verre et l'abaissement du disque diminuent la quantité d'air absorbé par la flamme. En outre, ces deux facteurs régularisent le rapport entre l'accès de l'air externe et celui de l'air interne. En effet, en soulevant la mèche, nous diminuons l'espace compris entre l'extrémité supérieure de la mèche et le col du verre, ou entre cette extrémité et le disque. Dans le premier cas, nous diminuons l'accès de l'air externe, dans le second, l'accès de l'air interne. En général, quand l'on est forcé de diminuer l'accès de l'air, il faut le faire sans diminuer sa vitesse linéaire, ce qui veut dire que l'accès de l'air doit être régularisé par la diminution de la longueur du verre et non par celle de son diamètre. Dans le cas du pyronaphte rouge, la rentrée de l'air dans la flamme doit être, contrairement à l'opinion courante, plutôt diminuée qu'augmentée, puisque l'ascension de cette huile dans la mèche est relativement lente.

Suivant M. Stepanoff, la plupart des becs actuels présentent quatre défauts essentiels : 1° instabilité de la lumière ; 2° forte dépense du combustible par unité de lumière ; 3° clignements de la flamme ; 4° une flamme rouge, fumante et vacillante à toute action de l'air pendant le transport.

Le premier est occasionné par l'irrégularité de l'ascension de l'huile du fait de l'é-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

chauffement irrégulier du bec, ou, ce qui revient au même, par l'insuffisance de la longueur correspondante du bec en comptant les parties au-dessus et dans le réservoir. Le deuxième défaut est dû à l'excès d'air, qui doit être en rapport constant avec la quantité d'huile brûlée. Cet excès produit en même temps des variations dans l'intensité de la flamme, puisque, avec la diminution de l'ascension de l'huile, la rentrée de l'air augmente; et si cette rentrée était déjà supérieure à la normale, elle accélérera encore davantage la dépense du combustible. Les deux derniers défauts s'expliquent par la vitesse anormale du courant d'air : le premier, lorsque le courant est trop vif; le second, lorsque courant est trop lent. Nous pouvons en tirer les conclusions suivantes : si la dépense d'huile est constante, l'échauffement du bec est progressif, les dimensions du réservoir sont convenables, et, pour obtenir une dépense minima, il ne reste qu'à diriger convenablement l'accès de l'air dans le bec. Si la lampe s'échauffe trop vite d'abord, et si l'intensité de la lumière diminue ensuite, cela veut dire que l'échauffement du bec atteint son maximum avant que toute l'huile ne soit consommée. En changeant la longueur du bec et l'épaisseur de l'enveloppe de la mèche, on peut remédier à cet inconvénient. Si, au contraire, la lampe s'échauffe lentement, et si l'intensité de la lumière diminue avec l'abaissement du niveau de l'huile, cela prouve que la température du bec ne compense pas la diminution de l'ascension du combustible dans la mèche avec la baisse de l'huile. Dans ce cas, on peut amincir les parois du tube du bec et augmenter les dimensions du réservoir. Cette intervention peut s'appliquer aussi quand la dépense du combustible est élevée et l'intensité de la lumière très petite. Si la dépense d'huile tantôt s'élève puis diminue, il faut, pour régulariser l'arrivée de l'huile au foyer, modifier la forme du réservoir en le rétrécissant où l'échauffement est trop grand et en l'élargissant où l'échauffement est lent. Par exemple, si l'échauffement augmente d'abord puis diminue successivement, il faut donner au réservoir une forme étroite en haut et s'élargissant jusqu'au fond.

En terminant, indiquons quels sont les principaux facteurs dont il faut tenir compte lorsqu'on veut essayer une huile pour l'éclairage dans les lampes ordinaires. D'après M. Stepanoff, il faut se laisser guider principalement par les deux facteurs suivants : la température d'explosion et le frottement interne de l'huile. Le second facteur a été jusqu'ici complètement négligé. Pour le déterminer, il faut employer l'appareil figure 3 pour chaque système de bec, en ayant soin de changer le niveau de l'huile dans le vase en en régularisant l'ascension, ce qui revient à dire : en dirigeant convenablement l'accès de l'air dans le foyer. Il faut tenir compte de ce qu'une lampe peut être bonne pour une huile et mauvaise pour une autre, dont le frottement interne est différent de celui de la première huile.

P. KOUINDJY.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS CHIMIQUES

Sur les allumettes á pâtes explosives, par M. Th. Schlœsing (1).

L'Académie de Médecine, le Conseil d'hygiène de la Seine, et l'on peut dire tous les hygiénistes ont condamné l'emploi du phosphore blanc dans la fabrication des allumettes; et dernièrement sa suppression a été réclamée instamment par ceux qu'elle intéresse le plus, les ouvriers allumettiers des manufactures de Pantin et d'Aubervilliers. M. le Ministre des Finances, touché de leurs plaintes, a fait appel à tous les fabricants et inventeurs d'allumettes, dans l'espoir de susciter quelque invention qui permît de proscrire définitivement les pâtes au phosphore blanc. En même temps, il instituait, pour juger les produits présentés au concours, une Commission dont les membres appartenaient, pour la plupart, à l'Académie.

L'usage du phosphore blanc serait abandonné depuis longtemps si le public avait consenti à employer exclusivement les allumettes *suédoises* (2), dont la pâte s'enflamme par une légère friction sur un frottoir spécial. Mais il s'en tient généralement aux allumettes vulgaires, soufrées, au phosphore blanc; elles ont la propriété de s'enflammer sur toute surface, même sur l'étoffe d'un vêtement, et l'on peut les porter dans une poche sans les enfermer dans une boîte. Ces avantages, très appréciés du plus grand nombre des consommateurs, doivent évidemment se retrouver dans des allumettes nouvelles destinées à remplacer celles qui les possèdent.

Parmi les sortes présentées à la Commission, quelques-unes ont rempli la condition de s'enflammer sur toute surface, sur le drap en particulier, tout en étant inférieures, sous ce rapport, aux allumettes à pâte phosphorée; mais toutes sont à pâtes explosives, composées essentiellement de chlorate de potasse et de corps combustibles tels que le phosphore rouge, divers sulfures, des hyposulfites, etc. Au fond, elles sont analogues aux allumettes qui ont précédé, il y a plus de cinquante ans, l'emploi du phosphore blanc; mais elles ont sur elles une grande supériorité, due à l'introduction du phosphore rouge dans leurs pâtes.

Ces allumettes ne présentent pas plus de danger, quant à leur magasinage et à leur transport, que certaines autres fabriquées couramment; de plus, la fabrication de leurs pâtes en grand n'est pas impossible, pourvu qu'elle soit entourée de précautions rigoureusement observées; mais elles présentent un inconvénient sérieux, inhérent à leur constitution même, celui de s'enflammer spontanément quand elles subissent quelque froissement accidentel. Les allumettes au phosphore blanc ne brûlent qu'à la condition de trouver de l'oxygène dans l'air extérieur; mais les allumettes à pâtes explosives portent en elles-mêmes tous les éléments d'une flamme. Quand elles sont sensibles au point de prendre feu sur du drap, elles peuvent aussi s'enflammer mutuellement par le frottement entre leurs boutons, et la flamme d'une seule peut aussitôt se communiquer à tout l'approvisionnement du consommateur. Sous ce rapport, les plus sensibles sont aussi les plus inquiétantes. Au reste, il ne semble pas impossible de parer à cet inconvénient; il y a là un perfectionnement à trouver.

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 19 août 1895.

(2) On sait que les allumettes suédoises sont munies d'une pâte chloratée exempte de phosphore; celui-ci ne se trouve que sur le frottoir à l'état de phosphore rouge: on a ainsi très ingénieusement séparé les deux substances dont la réunion peut offrir des dangers.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'avenir fera connaître le sort réservé à ces types d'allumettes. J'ai été amené à en faire une étude chimique, et à essayer d'acquérir quelques notions scientifiques sur la constitution à donner à leurs pâtes.

J'ai d'abord composé des mélanges binaires de chacun des composés comburants employés comme réservoirs d'oxygène avec chacun des corps combustibles en usage, et j'ai fabriqué des allumettes avec ces mélanges, après y avoir ajouté la colle nécessaire, et le verre pilé ou la silice servant, d'après les praticiens, à favoriser la production de chaleur par le frottement. Les résultats de ces premiers essais peuvent être énoncés très simplement.

Le chlorate de potasse, parmi les comburants, et le phosphore rouge, parmi les combustibles, tiennent le premier rang. Leur mélange est un explosif dangereux, quand il est sec, alors même qu'il est tempéré par la présence d'un colloïde et d'une forte proportion de matières inertes.

Avec le soufre, avec les sulfures d'antimoine ou d'étain, avec l'hyposulfite de plomb, le chlorate de potasse donne des pâtes susceptibles de s'enflammer par frottement sur une surface rugueuse, comme, par exemple, celle d'un tableau d'ardoise, mais non sur une étoffe. Ces pâtes tendent à fuser en brûlant, au lieu de détoner comme la pâte au phosphore rouge. Avec le sucre, les gommes, la gélatine, l'inflammation peut encore s'obtenir sur l'ardoise, mais plus difficilement.

Les comburants autres que le chlorate de potasse, les nitrates, le minium oxydé (1), l'oxyde puce de plomb, le bioxyde de manganèse, les bichromates et chromates neutres ne donnent de pâte inflammable au bout d'une allumette, par simple frottement, avec aucun des combustibles usités, pas même avec le phosphore rouge.

Ces premiers essais montrent que le chlorate de potasse est le comburant nécessaire dans la constitution d'une pâte, et que le phosphore rouge y est non moins indispensable.

Considérant donc comme fondamental le mélange de chlorate et de phosphore rouge, je lui ai incorporé successivement divers combustibles minéraux, pour former des mélanges ternaires, toujours avec addition de colle et de verre pilé. J'ai vu ainsi que la combustion du mélange chlorate-phosphore, si brusque et si propre à projeter de toute part des éclats enflammés de la pâte, est très atténuée par la présence d'un corps à combustion fusante, comme le soufre, les sulfures d'antimoine, l'hyposulfite de plomb, de sorte qu'on peut obtenir, sans nuire à la sensibilité due au phosphore, des pâtes ayant une combustion en quelque sorte moyenne, sans projection d'éclats.

Au reste, comme on le comprend sans peine, le degré de division des matières a une grande influence sur le mode de la combustion. Des mélanges composés avec les mêmes proportions des mêmes matières fusent en brûlant ou détonent avec éclats, selon que le phosphore s'y trouve en poudre grossière ou en poussière impalpable. Aussi, les résultats qu'on obtient au laboratoire, où les conditions de fabrication sont plus ou moins variables, ne peuvent avoir la constance de ceux qu'on obtiendrait en grand, avec un outillage fonctionnant toujours de la même façon.

Il m'a paru qu'un mélange ternaire formé de chlorate, de phosphore et d'un autre combustible était encore le plus souvent trop vif. Mais on peut toujours recourir, pour le modérer, à l'emploi de substances passives, telles que l'oxyde de zinc, les

(1) On appelle ainsi du minium additionné d'acide nitrique et séché. C'est un mélange d'oxyde puce et de nitrate de plomb.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

chromates insolubles, les oxydes de manganèse ou de fer, qui s'interposent entre les corps actifs et en modèrent les réactions.

En définitive, on se fera une idée assez nette d'une pâte explosive pour allumettes, en la considérant comme un mélange de quatre sortes de substances :

Un comburant, ou magasin d'oxygène, le chlorate de potasse;

Deux combustibles minéraux, au moins, dont l'un est invariablement le phosphore rouge;

Des substances inertes, comme la silice et le verre pilé ;

Enfin, un colloïde en dissolution, par exemple de la gomme ou de la colle-forte.

D'après mes observations, une pâte devrait contenir, à l'état sec, de 12 à 15 p. 100 de phosphore rouge, pour bien s'enflammer sur le drap, et la proportion de chlorate ne devrait pas dépasser 35 p. 100. Au delà, la combustion serait trop vive. Mais ces nombres ont été donnés par des essais de laboratoire; la pratique industrielle les modifierait probablement.

Ces principes posés, il resterait à chercher par tâtonnements le meilleur combustible à joindre au phosphore, le corps inerte le plus avantageux, les meilleures proportions des matières. Ce travail concernerait spécialement le fabricant. Avec de la méthode et une saine interprétation des résultats successivement observés, le but serait promptement atteint.

Outre les recherches que je viens de résumer, il m'a paru utile d'en poursuivre d'autres sur la composition des fumées produites par la combustion des pâtes explosives. En effet, quand on emploiera ces sortes de pâtes, on devra s'attendre encore à des inflammations accidentelles de plusieurs milliers d'allumettes à la fois, si fréquentes dans la fabrication en grand, pendant le *dégarnissage des presses* et le boîtage. Que deviendront alors le phosphore rouge et d'autres combustibles tels que les sulfures d'antimoine et l'hyposulfite de plomb? C'était une question qu'il importait de résoudre, au point de vue de l'hygiène des ateliers.

Pour recueillir des fumées, j'ai employé une grande cloche à douille, posée sur un support, la douille en bas; son bord est rodé, et peut être assez bien fermé par un disque en verre dépoli, percé à son centre d'un petit trou. La douille reçoit un bouchon traversé par une baguette pointue qui sert de support à un faisceau de 20 à 25 allumettes. On enflamme celles-ci, en touchant l'une d'elles avec un gros fil de fer chauffé au rouge, qu'on introduit par le trou du disque. Aussitôt après, on enlève les allumettes, on rebouche promptement la douille, et on laisse tomber les fumées, ce qui dure bien une demi-heure; puis l'on recommence la même opération. On brûle ainsi, en quatre ou cinq fois, 100 allumettes, après quoi on rince la cloche avec de l'eau pure pour entraîner les dépôts, et l'on procède aux analyses.

J'ai opéré ainsi sur six sortes d'allumettes, dont les pâtes contenaient, outre le phosphore amorphe, du persulfure d'antimoine ou de l'hyposulfite de plomb, ou ces deux composés à la fois. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau suivant :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

		La pâte de 100 allumettes contenait	On a recueilli dans les fumées.	Pourcentage du corps recueilli.
		mg	mg	Pour 100.
1	Hyposulfite de plomb. . .	105,6	26,4	23
	Persulf. d'antimoine. . . .	132	»	»
	Soit antimoine.	79	28	35
2	Phosphore.	93,4	35,3	37
	Persulf. d'antimoine. . . .	117	»	»
	Soit antimoine.	70	24	35
3	Phosphore.	93,4	36,4	39
	Persulf. d'antimoine. . . .	78	»	»
	Soit antimoine.	47	31	39
	Hyposulfite de plomb. . .	78	»	»
	Soit plomb.	50,5	15,7	31
4	Phosphore.	39,6	15,5	39
	Hyposulfite de plomb. . .	99	»	»
	Soit plomb.	64,2	18,8	29
5	Phosphore.	26,7	24,5	92
	Hyposulfite de plomb. . .	387	»	»
	Soit plomb.	251	52,3	20
6	Phosphore.	25	24,6	98
	Hyposulfite de plomb. . .	204	»	»
	Soit plomb.	132	32	24

Le phosphore se trouvait dans les fumées à l'état d'acide phosphorique ; le plomb, à l'état d'oxyde blanc ; l'antimoine, également à l'état d'oxyde ou d'acide antimonique.

Ces résultats sont très instructifs. Ils imposent la nécessité d'éviter les inflammations accidentelles pendant les opérations qui suivent la sortie des séchoirs. On peut bien, en effet, proscrire des pâtes l'antimoine et le plomb, bien que leurs composés figurent presque toujours dans les pâtes anciennes ou récemment inventées; mais on ne peut pas proscrire le phosphore, et si ce corps produisait dans les ateliers les fumées de son acide, on perdrait, au moins en partie, l'avantage essentiel de la suppression du phosphore blanc.

Il résulte de tout ce qui précède que la substitution des pâtes explosives aux pâtes à phosphore blanc n'est pas chose aussi simple qu'on serait tenté de le croire. Lors même qu'on s'en tient au seul point de vue technique, on voit qu'elle soulève des problèmes délicats, à peine soupçonnés et nullement résolus.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

Recherches sur la composition des raisins des principaux cépages de France; par MM. Aimé Girard et L. Lindet (1).

La Science œnologique présente en France une lacune singulière. Tandis que les analyses de vins, provenant de nos diverses régions viticoles se comptent par centaines, c'est à peine si nous possédons quelques documents, fort incomplets d'ailleurs, sur la composition des raisins qui ont été la matière première de la production de ces vins.

Nous nous sommes proposé de combler cette lacune, dans une mesure partielle tout au moins, en soumettant à des recherches comparatives les raisins des principaux cépages de France.

Élargissant le point de vue auquel se sont placés jusqu'ici, en France, les rares expérimentateurs qui se sont occupés de cette question, nous avons pensé qu'il convenait de déterminer la composition non seulement du jus des raisins, mais encore des autres parties de la grappe : peaux, pépins et rafles, qui, logés dans la cuve après le foulage en même temps que ce jus, interviennent comme celui-ci, et dans une large mesure, à la caractérisation du vin, sous le rapport du goût, du parfum et de la tenue.

L'année 1893 nous a paru particulièrement favorable pour une étude de ce genre. L'intensité de la chaleur et l'abondance de la lumière semblaient devoir, pour cette campagne, amener la vigne à son maximum de production ; il en a été ainsi, en effet, d'une manière générale ; une partie de la grappe seulement, la rafle, a souffert de la sécheresse et s'est, en certains cas, présentée avec une composition anormale ; aussi, pour retrouver cette rafle en conditions moyennes, comme aussi pour éclairer quelques points douteux, nous a-t-il paru nécessaire de revenir en 1894 sur certaines parties de l'étude faite l'année précédente.

Pour donner à cette étude un développement convenable, pour apprendre au vigneron ce que les raisins qu'il jette à la cuve apportent de matières utiles à la production du vin, nous avons, dans chacune de nos grandes régions viticoles, choisi les cépages les plus répandus, ceux dont l'aire d'expansion est la plus vaste.

Le nombre des cépages à raisins colorés et à raisins blancs que nous avons ainsi examinés est de vingt-cinq ; les uns sont des cépages fins et à rendement limité, les autres, des cépages de qualité ordinaire, mais à grande production.

Au Midi, c'est l'*Aramon*, la *Carigane*, le *Petit Bouschet* et le *Picquepoul blanc*.

Dans le Lyonnais, c'est le *Gamai du Beaujolais*.

En Bourgogne, c'est le *Pinot noir*, le *Gamai*, le *Pinot blanc* ou *Chardonnay*, le *César*, le *Tressot* et le *Plant blanc de Sacy*.

En Champagne nous retrouvons les mêmes cépages qu'en Bourgogne, le *Pinot noir* et le *Pinot blanc* ou *Chardonnay*.

Dans la région de l'Ouest, c'est le *Chenin noir* et le *Chenin blanc*.

Dans la Charente, c'est la *Folle blanche*.

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 22 juillet 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans la Gironde aux cépages variés, nous avons examiné le *Cabernet sauvignon*, le *Cabernet franc*, le *Merlot*, le *Malbec*, le *Petit Verdot*, l'*Enrageat* (blanc) et enfin les riches cépages du Sauterne, le *Sémillon*, le *Sauvignon* et la *Moscadelle*.

Pour chacun de ces cépages, nous avons, au moment de la maturité complète, déterminé d'abord les proportions relatives de râfles et de grains dont les grappes de force moyenne étaient formées, et reconnu, en même temps, le poids moyen du grain; puis, disséquant celui-ci, nous y avons déterminé de même le pourcentage de la pulpe, de la peau et des pépins.

Chacune des quatre parties constituantes de la grappe : pulpe, peaux, pépins et râfles, a été ensuite soumise à une analyse chimique complète.

Pour donner à ces analyses une précision aussi grande que possible, nous avons dû, à côté des procédés déjà connus, en instituer de nouveaux, qui, en certains cas, nous ont conduit à des résultats intéressants.

Ces procédés, nous ne saurions les développer ici; on les trouvera exposés en détail dans le Mémoire complet, qui, prochainement, paraîtra dans le *Bulletin du Ministère de l'Agriculture*.

Parmi les faits intéressants et nouveaux que l'application de ces procédés nous a permis de reconnaître, nous signalerons seulement les plus importants.

Dans les râfles, comme aussi dans les pépins, nous avons, à côté du tanin, rencontré une matière dont la formation sans doute est liée à la présence de celui-ci, qui offre avec les matières résineuses une grande analogie, et dont la saveur, âpre au début, devenant douceâtre avec le temps, joue très probablement un rôle dans la transformation que le goût du vin subit avec l'âge.

Appliquant au dosage du bitartrate de potasse et des acides libres que contiennent la pulpe, les peaux et la râfle les procédés imaginés par MM. Berthelot et de Fleurieu, nous avons reconnu que, dans la pulpe tout au moins, l'acide tartrique libre ne figure jamais qu'en très petite quantité, alors que l'acide malique libre y domine au contraire.

L'étude de la coloration des peaux nous a permis de vérifier pratiquement, sur des cépages nombreux, les faits découverts par M. Armand Gautier au sujet des transformations des acides œnoliques.

Dans ces peaux, où déjà la végétation a logé la matière colorante, nous avons également découvert le gisement d'une matière odorante caractéristique pour chaque cépage, et qui, dominant dans le vin nouveau, s'atténue peu à peu au fur et à mesure, qu'avec le temps, se forment les éthers parfumés.

A la formation de ces éthers l'étude des pépins nous a permis d'apporter un élément nouveau; dans ces pépins, en effet, nous avons découvert des acides volatils, qui, très probablement, appartiennent à la série grasse, dont l'éthérification facile joue certainement un rôle important dans les produits des bouquets, et dont la proportion, en certains cas, s'est élevée à 1 p. 100 du poids des pépins frais.

Les résultats numériques fournis par l'analyse des cépages que nous avons examinés sont condensés en vingt-cinq Tableaux, dont l'ensemble comprend un millier de dosages environ. Ces tableaux ne sauraient trouver place dans les *Comptes rendus;* c'est au *Bulletin du Ministère de l'Agriculture* que les personnes qu'intéresse l'art de la vinification les trouveront.

Nous nous contenterons de résumer les faits principaux que cette analyse a mis en lumière.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Si d'abord on considère la grappe du raisin dans son ensemble, on voit, suivant les cépages, la proportion des râfles et des grains varier du simple au double, ne pas dépasser, par exemple, 2,03 p. 100 dans le *Cabernet Sauvignon* (Gironde), pour s'élever jusqu'à 4,31 p. 100 dans le *Gamai* (Bourgogne).

Entre les grains des raisins portés par les différents cépages, nous avons pu constater, sous le rapport du poids moyen, des différences plus grandes encore ; pour le *Pinot noir* (Bourgogne), par exemple, ce poids moyen ne dépasse guère $0^{gr},78$; pour beaucoup de cépages, il varie de 1 gramme à $1^{gr},5$, atteint quelquefois 2 grammes et même pour l'*Aramon* (Midi) s'élève à $3^{gr},69$.

Des trois parties dont le grain est composé : pulpe, peaux et pépins, la première se présente le plus souvent avec un pourcentage à peu près fixe ; c'est entre 87 et 89 p. 100 que ce pourcentage oscille ; exceptionnellement, on le voit, pour deux cépages, descendre à 84 p. 100 et, pour quatre autres, s'élever à 90 et 91 p. 100.

C'est au contraire en proportions variables, comprises entre 6 et 11 p. 100, que la peau intervient dans la constitution du grain, et il en est de même de la proportion des pépins ; proportion qu'on voit, suivant les cépages, varier de 2 p. 100 à près de 7 p. 100 du poids du grain.

Si, pénétrant plus avant dans la question, on soumet à l'analyse chimique chacune des quatre parties dont la grappe de raisin est formée, et si, considérant le grain en premier lieu, on s'attache à la richesse saccharine de la pulpe, on est frappé du chiffre élevé auquel, en bonne année, cette richesse peut atteindre. Pour certains cépages, en 1893, la proportion de sucre contenue dans la pulpe s'est élevée à 22,0 p. 100 (*cépages de Sauterne*), même à 23,5 p. 100 (*Pinot noir de Champagne*), du poids de cette pulpe ; pour la moitié des cépages examinés, elle s'est tenue aux environs de 20 p. 100 ; au Midi seulement, elle n'a pas dépassé 14 p. 100 pour l'*Aramon*.

Au point de vue de sa teneur en bitartrate de potasse, la pulpe apporte une caractéristique assez nette aux cépages principaux de chaque région ; dans la Gironde, pour 1893 tout au moins, cette teneur reste voisine de 0,50 p. 100 ; en Bourgogne, elle s'élève à 0,70 p. 100, pour, dans la basse Bourgogne, redescendre à 0,50 p. 100, et, dans le Midi, remonter à près de 0,70 p. 100.

C'est dans le même sens que, suivant les régions, varie également la teneur de la pulpe en acides libres et notamment en acide malique.

Les moûts de raisins de la Bourgogne et du Midi renferment proportionnellement plus de tartre et plus d'acides libres que les moûts de la Gironde et de la basse Bourgogne.

A de rares exceptions, c'est une proportion à peu près constante de tanin que l'analyse fait trouver dans les peaux des raisins colorés ; en 1893, c'est de 1,06 à 1,53 p. 100 que cette proportion a varié. Seuls, les cépages de l'Yonne ont fait exception à cette règle : c'est à 4,23 p. 100 dans le César, à 3,25 p. 100 dans le Tressot que cette proportion s'est élevée.

Même dans la peau des raisins blancs, nous avons retrouvé le tanin, mais en faible quantité : 0,30 p. 100 environ, pour la plupart des cépages.

Quant aux proportions de bitartrate et d'acides libres dans les peaux, d'acides volatils, de tanin et de matière résineuse dans les pépins, elles ne paraissent présenter aucun rapport régulier avec le lieu d'origine des différents cépages.

Dans les râfles, nous avons reconnu des proportions souvent importantes de tanin, mais les variations ont, d'un cépage à l'autre, offert de grands écarts, sans qu'aucune

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

règle ait semblé déterminer ces variations. Dans la *Folle blanche* (Charente), la teneur de la râfle en tanin ne dépasse pas 0,95 p. 100; dans la râfle du *César* (Yonne), cette teneur s'élève à 2,72 p. 100.

Il en est autrement pour la matière résineuse; c'est en proportion presque constante qu'elle intervient à la composition des râfles; pour les deux tiers des cépages examinés, c'est entre 1,20 p. 100 et 1,55 p. 100 qu'elle est comprise.

En ce qui concerne le bitartrate de potassse, on voit les proportions que la râfle en contient rester voisines de 0,50 à 0,60 p. 100 pour la Bourgogne et la basse Bourgogne, s'élever à près de 1 p. 100 pour la Gironde et la Champagne, et, pour le Midi enfin, dépasser légèrement ce chiffre.

Dans les râfles des raisins de la Gironde enfin, nous avons vu la proportion d'acides libres ne pas s'élever au-dessus de 0,35 p. 100, tandis que, pour les raisins de la Bourgogne, elle atteint et souvent dépasse 1 p. 100.

Telles sont, en un court résumé, les résultats que nous a fournis l'étude des raisins de 1893 et de 1894; dans notre Mémoire, et pour rendre ces résultats plus saisissants pour le vigneron, nous les avons condensés en une série de Tableaux établissant, pour chaque cépage et pour 100 kilos de vendange fraîchement cueillie, les apports personnels à chacune des parties de la grappe : pulpe, peaux, pépins et râfles.

Si étendu que soit ce travail, il doit être regardé comme bien incomplet encore; il soulève, en effet, des questions plus intéressantes encore au point de vue physiologique qu'au point de vue technique, qui, jusqu'ici, n'ont pu qu'être effleurées par nous : telle est la question des rapports entre le tanin et la matière résineuse qui l'accompagne dans les râfles et dans les peaux; telle est la question de l'influence exercée par ces deux produits sur les matières azotées solubles, dont la pulpe est le principal gisement; telle est la question du goût de cépage dont nous avons observé la localisation dans les peaux; telle est, enfin, la question des acides volatils appartenant très probablement à la série grasse, dont les pépins nous ont fourni en certains cas jusqu'à 1 p. 100 de leur poids.

La solution de ces différentes questions doit être pour nous le but de recherches nouvelles.

BIBLIOGRAPHIE

SIMON et ses FILS. — Guide pratique de la production et de la fabrication des cidres et poirés. (1 vol. in-8° de 78 pages, chez l'auteur à Cherbourg.)

M. Simon a créé à Cherbourg, en 1856, un grand établissement dans lequel il fabrique les appareils pour la fabrication du cidre et du poiré, qui lui ont valu, depuis 1888, quatre prix d'honneur et douze médailles d'or dans les concours régionaux agricoles et les concours organisés par l'Association pomologique de l'Ouest.

Mais M. Simon ne s'est pas borné à perfectionner les anciens broyeurs ou concasseurs de pommes, à modifier les pressoirs à charge carrée ou à claie circulaire; avec ses fils, qui sont devenus ses associés, il a rédigé un *Guide pratique de la production et de la fabrication des cidres et des poirés*, opuscule de 70 pages in-8°, qui est à la fois

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

remarquable par sa simplicité et son exactitude. Ce livre apparaît juste au moment où la consommation du cidre véritablement hygiénique prend chaque année un plus grand développement.

Ce petit ouvrage, après avoir rappelé les qualités et la composition chimique que le cidre doit posséder pour être une boisson nutritive et salutaire, expose sommairement les fraudes qui servent à spéculer sur la bonne foi publique. Traitant ensuite de la culture du pommier à cidre, du choix des variétés et des soins qu'il est indispensable de donner annuellement aux arbres plantés dans les vergers et les champs, l'auteur fait connaître comment doit être faite la récolte, et la nécessité d'étudier ces fruits au point de vue de leur rendement. On sait aujourd'hui, dans tous les pays cidricoles, que les pommes contiennent plus ou moins de sucre, de tanin, de mucilage et d'acides malique et tartrique. Or, si le dosage du tanin et des acides exige des connaissances chimiques, la constatation de leur richesse saccharine et alcoolique se fait avec un aréomètre centésimal marquant de 1 040 à 1 100 degrés. Le moût dont la densité ne dépasse pas 1 040 degrés ne contient que 89 grammes de sucre par litre, alors qu'il en renferme 244 grammes quand sa densité atteint 1 105 degrés.

La seconde partie de cette intéressante brochure est consacrée à la fabrication du cidre. Elle est aussi lucide et complète que doit être une instruction destinée aux habitants des campagnes. Après avoir parlé du broyage des fruits, signalé les inconvénients que présentent les anciens procédés, c'est-à-dire l'emploi du *tour à piler*, et rappelé que les nouveaux pressoirs ayant quatre bielles et trois vitesses différentes ne diffèrent les uns des autres que par leurs dimensions, M. Simon s'occupe de la macération, du choix de l'eau à employer pour le trempage de la pulpe et du pressurage de celle-ci à l'aide des presses continues qui sont arrivées de nos jours à une grande perfection.

Il complète les détails qu'il donne en parlant de la mise en fûts, de la fermentation des cidres, de leur soutirage, de leurs maladies et de leurs conservation.

Le poiré, assez en usage dans les départements de l'Orne et de la Mayenne, n'a pas été oublié. M. Simon a complété son guide en rappelant que les marcs de pommes et poires contiennent des sels potassiques, calcaires et magnésiens en une dose assez notable d'azote, et qu'on peut les utiliser avec succès comme engrais ou dans l'alimentation des bêtes bovines, ovines et porcines.

M. Simon aurait pu écrire un gros livre sur la culture du pommier et la fabrication et la conservation du cidre. Il faut le féliciter d'avoir rédigé une instruction véritablement pratique et à la portée des petits cultivateurs.

GUSTAVE HEUZÉ.

ERRATUM AU NUMÉRO DE JUILLET

Au tableau des prix page 807, médailles d'or n° 4 : *lire* DUQUESNE au lieu de *Ducaisne*
A la *page* 852, *ligne* 10 à partir du haut, *lire* 9 171 000, au lieu de 917 100 : *ligne* 16, *lire* « si l'on prend le rapport entre cette différence, 30 litres, et le volume constaté de six réservoirs : 14 820 litres, on trouve 0.002 025, soit une erreur de deux millièmes environ du volume total débité. »

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LITTÉRATURE

DES

PÉRIODIQUES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIÉTÉ

Du 15 Juillet au 15 Août 1895.

DÉSIGNATIONS ABRÉGÉES DES PUBLICATIONS CITÉES

Ag. . . . Journal de l'Agriculture.
Ac.. . . . Annales de la Construction.
Acp. . . . Annales de Chimie et de Physique.
AM. . . . Annales des Mines.
Ap. . . . Journal d'Agriculture pratique.
APC . . . Annales des Ponts et Chaussées.
At. . . . Annales télégraphiques.
Bam . . . Bulletin technologique des anciens élèves des écoles des arts et métiers.
Btp. . . . Bulletin du ministère des Travaux publics (statistiques).
Ci. . . . Chronique industrielle.
Co.. . . . Cosmos.
CN. . . . Chimical News (London).
Cs.. . . . Journal of the Chemical Society (London).
CR. . . . Comptes rendus de l'Académie des Sciences.
Dp. . . . Dingler's Polytechnisches Journal.
E. . . . . Engineering.
E'.. . . . The Engineer.
Eam. . . . Engineering and Mining Journal.
EE.. . . . Eclairage Électrique.
El.. . . . Electrician (London).
Elé. . . . L'Électricien.
Ef.. . . . Économiste français.
Es.. . . . Engineers and Shipbuilders in Scotland (Proceedings).
Fi . . . . Journal of the Franklin Institute (Philadelphie).
Gc. . . . Génie civil.
IC. . . . . Ingénieurs civils de France (Bulletin.).
Ie. . . . Industrie électrique.
Im.. . . . Industrie minérale de Saint-Étienne.
IME. . . . Institutions of Mechanical Engineers (Proceedings).
In. . . . Inventions nouvelles.
Ln. . . . La Nature.
Ms. . . . Moniteur scientifique.
N. . . . Nature (anglais).
Pc. . . . Journal de Pharmacie et de Chimie.
Pm . . . *Portefeuille* économique des *machines*.
Rgc.. . . Revue générale des chemins de fer.
Rgds. . . Revue générale des Sciences.
Ri. . . . Revue industrielle.
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 (Bulletin).
Sfp . . . Société française de photographie (Bulletin).
Si. . . . La Science illustrée.
Sie . . . Société internationale des Électriciens (Bulletin).
Sg. . . . Bulletin de la Société de géographie.
Sgc . . . Bulletin de la Société de géographie commerciale.
SL. . . . Bulletin de statistique et de législation.
SuE. . . Shahl und Eisen.
USR. . . Consular Reports to the United States Government.
VDI.. . . Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure.
ZOI.. . . Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieure und Architekten. Vereins.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

Agaves (Les). *Co.* 10 *Août*, 43.
Beurre artificiel en Belgique. *USR. Juillet*, 488.
Betteraves (Recherches sur les). *Ap.* 1er *Août*, 161. Expériences de Capelle. *Ag.* 10 *Août*, 217.
— sucrières et fourragères : valeur comparée. *Ag.* 20 *Juillet*, 33.
— (Le phoma de la), *Cs.* 31 *Juillet*, 667.
Bestiaux canadiens en Bretagne. *Ap.* 1er *Août*, 147.
Bétail (Nourriture économique du) en hiver. *Ap.* 8 *Août*, 185.
— américain, bas prix du fret. *Ap.* 15 *Août*, 219.
— (Engraissement du). Expériences d'Aimé Girard. *Ap.* 18 *Juillet*, 90.
— Nourriture économique en hiver. *Ap.* 15 *Août*, 227.
Blés. Prix à Chicago, New-York et en France. *Ap.* 1er *Août*, 152.
— (Conservation des) (Baland). *Pc.* 1er *Août*, 105.
Céréales. Dépréciation en Allemagne. *Ap.* 18 *Juillet*, 82.
— (Les meules de) (Heuzé). *Ap.* 25 *Juillet*, 132.
— Les — et la pluie, Heuzé, *Ap.* 15 *Août*, 222.
Charrue électrique Brutshke. *E.* 9 *Août*, 201.
— rigoleuse Chambronière. *Ap.* 1er *Août*, 167.
Champignon (Culture du). *Ag.* 20 *Juillet*, 98.
Cidre (Distillation de l'eau-de-vie de). *Ag.* 3 *Oct.*, 164.
Chémotobie (La). *Ag.* 10 *Oct.*, 205.
Cuscute (Histoire chimique de la) (Barbey). *Pc.* 1er *Août*, 107.
Engrais. Phosphates de la Floride. *E.* 2 *Août*, 141.
— (Commerce des). *Ap.* 1er *Août*, 145.
— (Fraude dans le commerce des). *Ap.* 10 *Juillet*. 8 *Août*, 80, 195.
— Fumier de ferme (Conservation et action du). *Ap.* 8 *Août*, 181. Evaluation de sa production. *Ap.* 15 *Août*, 217.
— Dosage du calcium dans les terres par le densimètre. *Ln.* 3 *Août*, 146.
— Travail du sol et nitrification (Dehérain). *Gc.* 27 *Juillet*, 206.
Faucheuse et moissonneuse Deering. *Ag.* 20 *Juillet*, 93.
Forêts de Pensylvanie (Rothrock). *Fi. Août*, 105.
Gesse pourpre (Empoisonnement par la) (Scribeaux). *Ap.* 25 *Juillet*, 116.
Hongrie (Situation de l'agriculture en). *Ap.* 1er *Août*, 147.
Insectes. Exposition à Paris. *Ag.* 3 *Août*, 167.
Labours de déchaumage. Charrue Basac. *Ag.* 3 *Août*, 168.
Lait. Coagulation par la chaleur (Cazeneuve et Haddon). *ScP.* 20 *Juillet*, 737.
— Emploi dans le sulfatage des vignes. *Co.* 10 *Août*, 44.
Matériel agricole au concours de Berlin. *VDI.* 21 *Juillet*, 3, 10 *Août*, 866, 929, 959. Expériences à la station d'essais. Exercice 1893 (Ringelmann). *Bulletin du Ministère de l'Agriculture. Juillet.* 418.
Météorisation (La). *Ap.* 25 *Juillet*, 128.
Moutons algériens. *Ln.* 20 *Juillet*, 113.
— lauraguais. *Ap.* 8 *Août*, 194.
— New Kent. *Ag.* 10 *Août*, 201.
Orges de la mer d'Azof. *Ap.* 1er *Août*, 151.
Plantation d'arbres fruitiers sur les routes. *Ag.* 20 *Juillet*, 102.
Propriétés rurales (Amélioration des), en Prusse. *Bulletin du Ministère de l'Agriculture. Juillet*, 466.
Pomme de terre. Application à l'alimentation du bétail (Aimé Girard). Bulletin de la Société nationale d'Agriculture. *Mai*, 246, 261 et *Bulletin du Ministère de l'Agriculture. Juillet*, 376.
Semoirs en lignes au Comice agricole de Reims. *Ap.* 15 *Août*, 189.
Serigènes sauvages en Chine. *Rs.* 3 *Août*, 141.
Vignes. Protection contre les gelées. *Sn.* 3 *Août*, 41.
— La vinification en Algérie (Roos). *Bulletin du Ministère de l'Agriculture. Juillet*, 403.
Volaille. Élevage en Chine. *Ag.* 3 *Août*, 177.

CHEMINS DE FER

Ateliers de réparations pour chemins de fer secondaires (Terri). *E.* 9 *Août*, 198.
Chemin de fer de Malaga. *E'.* 26 *Juillet*, 93.
— souterrain de Glascow. *E.* 19 *Juillet*, 85.
— métropolitain de Londres. *E'.* 19 *Juillet*, 53.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

— irlandais. *E'.* 9 *Août*, 139.
— à voies étroites. *E.* 19 *Juillet.* 2 *Août*, 77, 161.
Congrès international de Londres. *E.* 19 *Juillet*, 73. *E'.* 19 *Juillet*, 54. *Rt.* 10 *Aout*, 337.
Locomotives compound à 4 cylindres. État badois. *Rgc. Juillet*, 11.
— compound à voyageurs pour le Saint-Gothard. *id.*, 3.
— au pétrole du Great Western. *Ry. Ri.* 27 *Juillet*, 294.
— Changement de marche à huile Joy. *Rt.* 25 *Juillet*, 320.
— (Suspension pour essieu de) Aspinall. *Rgc. Juillet*, 31.
— (Tiges de pistons des). *E.* 26 *Juillet*, 9 *Août*, 114, 193.
— Fonctionnement des locomotives anglaises. *E'.* 19 *Juillet*, 69.
— Détail de construction des locomotives américaines (Demoulin). *Pm. Août*, 113.
Signaux électriques Hall. *E.* 9 *août*, 179. Fiedler. *Dp.* 16 *Juillet*, 82.
— (Les). *E.* 19 *Juillet*, 80.
— au Liverpool St. Terminus. *E'.* 2 *Août*, 117.
Tampon Newark. *E'.* 2 *Août* 116.
Trains express du nord de l'Angleterre. *E.* 2 *Août*, 151. *E'.* 9 *Août*, 125.
Traversée du Simplon par le Jura-Simplon. *Gc.* 3 *Août*, 223.
Voie (La) (Hunt). *E.* 19, 26 *Juillet*, 76, 96, 125.
— Aiguilles : manœuvre à distance par fils compensateurs (Barluet). *Rgc. Juillet*, 13.
— Éclisses Pierce. *E.* 9 *Août*, 202.
— (Stabilité des : appareils pour la recherche expérimentale de la). *Rgc. Juillet*, 28.
— (Croisements de) (Zanotta). *E.* 19 *Juillet*, 76.
Wagons. Réfrigérents Major. *E'.* 9 *Août*, 140.
— Fermeture de portes Buchanan. *E.* 9 *Août*, 190.
— tubulaires. *E.* 26 *Juillet*, 112.

TRANSPORTS DIVERS

Électricité. *E'.* 19 *Juillet*, 73. Essai d'un chemin de fer électrique à Richmond. *Fi. Août*, 135.
— *Traction électrique* (Dawson). *E.* 19, 26 *Juillet. Août*, 69, 103, 157, 188 (Auvert). *E'.* 2, 9 *Août*, 119, 145.
— *Locomotives électriques* Élihu Tomson. *E.* 19 *Juillet*, 79. Bonneau-Deroziers. *E'.* 2 *Août*, 119,
— *Tramways électriques* Siemens et Halske, *E.* 19 *Juillet*, 99. Faulkner, *E.* 26 *Juillet*, 133. — à courants triphasés, *EE.* 20 *Juillet*, 130; de Vienne, à accumulateurs Waddell-Entz. *Elé.* 3 *Août*, 76. Holroyd Smith, *EE.* 3 *Août*, 221.
— Voitures à accumulateurs Jeanteau. *Ri.* 10 *Août*, 313. Bersey. *EE.* 10 *Août*, 268.
— Métropolitain électrique de Chicago. *Ln.* 26 *Juillet*, 119. *EE.* 10 *Août*, 254.
— *Chemins de fer* de Waterloo à la Cité. *E'.* 20 *Juillet.* 2 *Août*, 84, 114.
— de Barnem. *ZOI.* 26 *Juillet*, 385.
Monorail Dubois. *Ap.* 18 *Juillet*, 87.
Tramways à gaz Piers. *E.* 19 *Juillet*, 100.
— Daimler et Luhrig. *Ri.* 20 *Juillet*, 285.
— à air comprimé (Barbet). *Gc.* 20, 27 *Juillet*, 410. *Août*, 18, 99, 216, 232 (Roulement des) en courbes raides (Roisini). *Bram. Août*, 719.
Transporteurs Henkel. *E.* 19 *Juillet*, 100.
Vélocipède (Hygiène cardiaque du). *Rs.* 27 *Juillet*, 112.
— Pneumatique Stanford. *Ln.* 10 *Août*, 164.
Voitures à suspension Fargas. *Bulletin du Ministère de l'Agriculture. Juillet*, 455.

CHIMIE ET PHYSIQUE

Acétilure de calcium. Chaleur de formation. *ScP.* 20 *Juillet*, 745.
Acides azotiques. Réduction par cuivre et plomb (Higley). *Cs.* 31 *Juillet*, 661. Fabrication Hallwell, *id.*, 656.
— citrique. Formation par oxydation du sucre de cannes. *CN.* 19 *Juillet*, 31.
— borique (Dosage de l') (Jay et Dupasquier). *CR.* 31 *Juillet*, 260.
— thioacétique (Schiff). *CN.* 9 *Août*, 64.
— sulfurique. Formation par action directe de l'air sur SO^2 dans la fabrication du sulfate de cuivre (Fiese). *Cs.* 31 *Juillet*, 656. Rectification Scott, *id.*, 657. Concentration Levinstein, *id.*, 654.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Acoustique. Étude expérimentale des vibrations des cordes (Cornu). *CR.* 5 *Août*, 281.

Air liquide. Spectre d'absorption (Dewar). *CR.* 15 *Juillet*, 162. *CN.* 9 *Août*, 65.

Alcools nitrés (Formation synthétique des). *CR.* 22 *Juillet*, 210.

— éthylique. Préparation par l'acétyline (Caro). *Cs.* 31 *Juillet*, 676.

— (Bec incandescent à l'). *Co.* 10 *Août*, 33.

Allumettes. Remplacement du phosphore ordinaire par l'amorphe. *Gc.* 20 *Juillet*, 195. *SL. Juillet*, 18.

Ammoniaque. Réaction des sels ammoniacaux. *Cs.* 31 *Juillet*, 629.

— Fabrication Mackey. *Cs.* 31 *Juillet*, 657.

Amylase (L') (J. Effront). *Ms. Août*, 541.

Argon. *N.* 18, 25 *Juillet*, 278, 292. *CN.* 2, 9 *Août*, 51, 66.

Boissons oxygénées (Fabrication des). *Ln.* 27 *Juillet*, 131.

Briques vitrifiées pour pavage. *Cs.* 31 *Juillet*, 659.

Briquets à l'uranium. *Fi.* 3 *Août*, 147.

Brasserie. Maltose. Fermentation alcoolique (Bourquelot). *Pc.* 1er *Août*, 97.

— Inversion par les levures. *Cs.* 31 *Juillet*, 671.

— Recherches sur les houblons. *Ms. Août*, 590. Sulfurage des —. *Cs.* 31 *Juillet*, 661.

— Influence de l'eau sur la couleur de la bière. *Cs.* 31 *Juillet*, 668.

— Matières colorantes des bières, *id.*, 673.

— Culture des levures naturelles pures (Delbruch). *Cs.* 31 *Juillet*, 669.

— Préparation des bières Shoyu, Miso et Sake (Kellner), *id.*, 670.

— Analyse des bières, *id.*, 690.

— Fermentation des, *id.*, 693.

Cadmium et cuivre (Séparation des). *Cs.* 3 *Juillet*, 679.

Carbure de calcium (le). *Eam.* 20 *Juillet*, 50.

Cendres de houille. Relation entre la fusibilité et la composition (Prost). *Ms. Août*, 560.

Chaleurs spécifiques. Signification des deux — Stoney. *N.* 18 *Juillet*, 286. *RsL.* 16 *août*, 177.

— latente de fusion (la) (Crompton). *ScP.* 20 *Juillet*, 963.

Chaux. Ciments. Gazogènes Fraser pour fours à. *E.* 26 *Juillet*, 134.

— Fabrication des ciments Blych. *Cs.* 31 *Juillet*, 659.

Conditions des changements chimiques, lois des V. Hercourt, *RSL.* 16 août, 108.

Cyanures (Fabrication des) (Warren). *CN.* 26 *Juillet*, 40. (Castner) *Pc.* 1er *Août*, 132.

Chromates des terres rares. Thorium (Palmer). *CN.* 9 *Août*, 69.

Chlorate de potasse. Fabrication Bayer. *Cs.* 31 *Juillet*, 658.

Densités des gaz. (Nouvelle méthode pour la détermination des —, Gautier), *Acp. Août*, 568.

Distillerie (la) en 1895. *Dp.* 2 *Août*, 116.

Dynamite (Fusion de la silice pendant la combustion explosive de la —, Berthelot), *Acp. Août*, 573.

Explosifs. Rapport annuel des inspecteurs anglais. *Cs.* 31 *Juillet*, 678.

— Fabrication des Nobel. *Cs.* 31 *Juillet*, 678.

Émaillage des briques et du fer. Akern. *Cs.* 31 *Juillet*, 659.

Ferrocyanures. Fabrication des alcalins. *Cs.* 31 *Juillet*, 656, 657.

Fusion et ébullition. Quelques points de (Le Chatelier. *CR.* 12 *août*, 323.

Glucose. (Détermination par le cyanure de cuivre) (Gerrard). *Cs.* 31 *Juillet*, 690.

— Modifications moléculaires. *ScP.* 20 *Juillet*, 728.

Graisses (Analyse des) et saindoux (F. Jean). *ScP.* 5 *Août*. 780.

— Points de fusion de quelques acides gras (Massol). *ScP.* 5 *Août*, 758.

Gaz d'éclairage. Éclairage à l'incandescence, *Rt.* 25 *Juillet*, 320.

— Bec Denayrouse. *Gc.* 3 *Août*, 170. Industria, 4 *Août*, 494.

— Société technique de l'Industrie du Congrès de 1895. *Gc.* 27 *Juillet*, 3 *Août*, 210, 226.

— Chargement mécanique des cornues West, *E.* 19 *Juillet*, 99. Foulis, *E.* 26 *Juillet*, 109.

— Machinerie hydraulique des usines à (Biggard), *E.* 2 *Août*, 153.

— Usine de Glasgow, *E.* 26 *Juillet*, 9 *Août*, 107, 170.

— de Londres, *E'* 2 *Août*, 112.

— Dosage du benzène dans les Nojes et Blinks. *Pc.* 15 *Août*, 173.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

— Fabrication du gaz d'huiles Pinkney. *Cs.* 31 *Juillet*, 645.
— Les carbures et l'acétylène au point de vue commercial (Wilson et Suckert). *Ms. Août*, 567, 603. 604.
— Essais des goudrons préparés (Lunge). *Ms. Août*, 574.
— Températures de distillation des houilles. *Cs.* 31 *Juillet*, 642.
— Appareil à sécher le Bueb. *Cs.* 31 *Juillet*, 643.
— Appareil à carburer le gaz à l'eau (Humphreys), *Cs.* 31 *Juillet*, 646.
Helium. *CN.* 19 *Juillet*, 27, 32. *N.* 25 *Juillet*, 306. *RSL. Juillet*, 65, *Août*, 81.
Huile du Tilia Americana. *Cs.* 31 *Juillet*, 665.
— de coton dans les saindoux américains. *ScP.* 5 *Août*, 775.
Hydrogène. Température critique (Guillaume). *Ln.* 27 *Juillet*, 139.
— Liquéfaction de (Rgds) 31 *Juillet*, 617.
Laboratoires. Précipitation et dosage gravimétrique de l'acide carbonique (Gooch et Phelps). *American Journal of Science*, *Août*, 101.
— Appareil pour absorber l'acide carbonique en analyses organiques. *Cs.* 31 *Juillet*, 679.
— Appareils de Kreider. *American Journal of Science*, *Août*, 133.
Mercure. Recherche sur les sels mercuriques (Varet), *ScP.* 5 *Août*, 759.
Métaux alcalino-terreux (composés basiques halogènes des) (Tassilly). *ScP.* 20 *Juillet*, 725.
Mouvement Brownien (le). Malteras, *CR.* 5 *Août*, 303.
Meunerie. Travail dépensé par les moulins à farine. *Bulletin du Ministère de l'agriculture*, *Juillet*, 451.
Nickel et Cobalt. Oxydation en liqueurs alcalines et ammoniacales. Application à leur dosage (Carnot). *Am. Juin*, 624.
— Poids atomique (Winkler). *CN.* 2 *Août*, 52.
— et fer. (Séparation des). *Cs.* 31 *Juillet*, 679.
Optique. Jumelle portative. *Ln.* 20 *Juillet*. 116. Hyperdioptrique Daubresse. *Ln.* 3 *Août*, 154.
Théorie électromagnétique de la lumière et l'absorption cristalline (Brunhes). *EE.* 3 *Août*, 393.
Microscope pour corps opaque Frémont. *CR.* 12 *Août*, 321.
Sensibilité de l'œil aux couleurs spectrales (Parmand). *Rs.* 3 *Août*, 134.
Étalons photométriques du Board of Trade. *N.* 1er *Août*, 356.
Pétroles. Transport des *E'*, 9 *Août*, 137.
— Origine des (Engler). *Cs.* 31 *Juillet*, 648,
— de Roumanie, *id.* 647.
— du Pérou, *id.* 649.
— Schistes d'Écosse. *E.* 9 *Août*, 187.
— Brûleur réversible (Devoe). *id.* 647.
Peinture pour le fer Kolker. *Cs.* 31 *Juillet*, 666.
Phosphures alcalins (Hugot). *CR.* 22 *Juillet*, 206.
— Détermination de l'acide phosphorique par les citrates (Bergami). *Fi. Août*, 139.
Prussiates jaunes. Fabrication Goerlick. *Cs.* 31 *Juillet*, 637.
Papier. Nouvelle matière première. *Cs.* 31 *Juillet*, 675.
— imperméable Tiggin, *id.* 676.
Savons. (Détermination de la résine dans les). *Cs.* 31 *Juillet*, 689.
Silicates. Décomposition par le carbonate de plomb (Jammash). *CN.* 2 *Août*, 51.
Siphon compound Nadiel. *Cs.* 31 *Juillet*, 631.
Soude. Fabrication de la — et du chlore en Amérique. *Ri.* 27 *Juillet*, 297.
Strontium. Poids atomique (Richards). *CN.* 19-26 *Juillet* 2 et 9 *Août*, 29, 41, 52, 64.
Sucrerie. Congrès des ingénieurs de Paris.
— *Journal des Fabricants de sucre*. 17 *Juillet*.
— La — en 1895. *Dp.* 2 *Août*, 110.
— Les bois dans les appareils à évaporer Ballut. *Journal des Fabricants de sucre*. 31 *Juillet*.
— Appareil Berry pour extraire le jus du sucre de cannes. *E.* 2 *Août*, 168.
— En Allemagne (1871-1872 à 1893-1894). *S.L. Juillet*, 80.
— En Autriche, *id.* 92.
— Sucre de l'agave. *Cs.* 31 *Juillet*, 667.
— Influence du sucre interverti sur la formation des mélasses. *Cs.* 31 *Juillet*, 667.
— Purification électrique du jus de betterave. (Dammeyer). *Cs.* 31 *Juillet*, 667. électrolyse des jus sucrés (Gin). Bam, *Août*, 687.
Tannerie. Progrès de la. *Dp.* 19-26 *Juillet*, 66-89.
— Influence de la température sur l'extraction des tannins. *Cs.* 31 *Juillet*, 635.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Teinturerie. Distinction des couleurs naturelles et artificielles sur la fibre (Lehne et Rusterholtz). *Cs.* 31 *Juillet.* 680.
— Théorie de la (Georgiewics). *Cs.* 31 *Juillet.* 652.
— Mordançage de la laine au bichromate de potasse. *Id.* 654.
— Brevets de —. *Cs.* 31 *Juillet*, 650.
— Pouvoir tinctorial des phénols. *ScP.* 20 *Juillet*, 740.
— Couleurs bronzées. *Cs.* 31 *Juillet*, 655.
— Rouge turc. *Id.* 653.
Thermochimie des carbures d'hydrogène (Berthelot). *Acp. Août*, 493.
Thermométrie. Calorimètre Junker. *Cs.* 31 *Juillet*, 629.
Tour de condensation. Barbier. *E.* 2 *Août*, 368.
Verrerie. Fabrication des glaces Lefèvre et Michau. *E.* 2 *Août*, 168.
— Soudure métallique du verre. *Rs.* 3 *Août*, 158.
— Influence de la magnésie sur les verres. *Cs.* 31 *Juillet*, 691.

COMMERCE ET ÉCONOMIE POLITIQUE

Angleterre. Situation industrielle. *E.* 19 *Juillet*, 83, 87.
— Allemagne. Commerce extérieur depuis vingt ans. *Ef.* 27 *Juillet*, 101.
Alcoolisme. Lutte contre l'. dès l'école (Laurent) *Bulletin de la Société industrielle de Rouen, Mars*, 236.
Assurance contre les accidents du travail (Osterberger). *Bulletin de la Société industrielle de Rouen. Mars*, 222.
— sur la vie. Opérations des compagnies françaises en 1894. *Ef.* 27 *Juillet*, 108.
Assistance légale en France. Projets. *Ef.* 3 *Août*, 137.
Coton. Industrie du — en Italie. *SA.* 2 *Août*, 803.
France. Dépopulation. *Rs.* 20 *Juillet*, 91.
— Commerce extérieur, 1er semestre 1895. *Ef.* 20 *Juillet*, 71.
Habitations à bon marché pour les ouvriers de l'État prussien (les). Projet de loi sur (les). — *S.L. Juillet*, 79.
— Maisons ouvrières (les) : France. Belgique, Allemagne, Angleterre. *USR. Juillet*, 382.
Japon. Main-d'œuvre au —. *USR. Juillet*, 521.
Londres. Marchés de —, 1884 à 1894. *Ef.* 1er *Août*, 176.
Patentes (les) en 1894. *SL. Juillet*, 42.
Questions pénitentiaires. Ef. 3 *Août*, 143.
Salaires (Les hauts). *Ef.* 20 *Juillet*, 73.
Sucre. Production dans les colonies (1871-1891). *SL. Juillet*, 67.
Uranite (Nouveau gaz extrait de l'). Lockyer. *RSL.* 16 *Août*, 116.

CONSTRUCTIONS

Bois. Conservation des —. *E'. Août*, 138.
Constructions en fer et ciment. Revue du génie militaire, Juillet, 1.
Fondations à air comprimé. Écluse à déblais pour —. *Ac. Août*, 123.
Ponts. Arcs articulés et encastrés. *APC. Juin*, 618.
— Calcul des — par la méthode de la ligne d'influence (Cart et Portes). *Gc.* 10 *Août*, 241.
— Calcul des tables graphiques pour les —. (Roger.) *Gc.* 20 *Juillet*, 187.
— Charges concentrées sur les —. *E'.* 9 *Août*, 138.
— de chemins de fer. *E.* 19 *Juillet*, 77.
— effet de l'enraiement des trains sur le tablier des — (Janinski). *Rgc. Juillet*, 22,
— levis de Van Buren Str Chicago. *E.* 19 *Juillet* et 2 *Août*, 92, 159.
— de Bonn et Beuel. *VDI*, 27 *Juillet*, 883.
— sur la Sulm, 201, 19 *Juillet*, 376.
— sur le Danube, le Rhin et le Pô (Projets de). *VDI.* 20 *Juillet*, 860. *E'.* 2 *Août*, 106.
— de Wawerley Station Édimbourg. *E'.* 9 *Août*, 135.
— de Tourville et d'Oissel. Reconstruction. *Ac. Août*, 123.
Ponts tournants de 75 mètres. Manœuvre hydraulique. *Pm. Août*, 120.
— Planchers de — (Knight). *E'.* 2 *Août*, 106.

ELECTRICITÉ

Accumulateurs Bidard. *Co.* 27 *Juillet*, 535. Station de la rue Saint-Roch. *Ac. Août*, 120. Hammacher. *EE.* 27 *Juillet*, 172. Waddel. Entz. *Elé.* 10 *Aout.* 86, Drake et Marshall. *EE.* 10 *Aout*, 267.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Aimantation du fer, action des courants électriques internes sur (Hoptkinson). *EE.* 3, 10 *Aout*, 281, 229.

Coupe-circuits Siemens et Ferranti. *EE.* 10 *Août*, 266, 267.

Dynamos. Les (Boistel). *EE.* 3 *Août*, 211. Champs magnétiques tournants (Blondel). *EE.* 10 *Août*, 241. Réaction de l'induit dans les alternateurs. *EE.* 13 *Juillet*, 3 *Août*, 77, 218. Marche en parallèle des compound (Pigg). *EE.* 13 *Juillet*, 79. Shultz. *VDI*, 27 *Juillet*, 898. *Alternateurs*, 89. Chute de potentiel dans les (Hopkinson et Wilson). *RSL. Août*, 89. *EE.* 3 *Août*, 225.

— *Moteurs* dyphasés (les), dans l'industrie, *Ie.* 10 *Août*, 335. A Berlin. *Ln.* 10 *Août*, 162. Brown de 5 chevaux (Hanappe). *EE.* 13, 20 *Juillet*, 58, 114. Comparaison entre moteurs continus et polyphasés (Duer). *CR.* 15 *Juillet*, 160. Réglage à distance (Jenkins). *EE.* 13 *Juillet*, 80. Théorie des synchrones (Rhodes). *EE.* 27 *Juillet*, 181. (Rothert) id. 10 *Aout*, 273.

Éclairage de l'École Saint-Cyr. *Revue du génie militaire. Juillet*, 61.

— Par luminescence (Witz). *CR.* 5 *Août*, 306.

— *lampes à incandescence* (les), (Richard). *EE.* 20 *Juillet*, 124.

— *lampes à arc.* Éclairage public par (Blondel). *Rt.* 10 *Août*, 342. Décalage possible dans l'arc à courants alternatifs. *Ie.* 10 *Août*, 329. Effet de la pression sur la température du cratère. (Wilson). *EE.* 20 *Juillet*, 132. Température du charbon de l'arc. *Ln.* 3 *Août*, 146. Bardou. *Elé.* 27 *Juillet*, 49. — photographiques (Gwynne). *El.* 2 *Août*, 457;

Électro-chimie (Progrès de l'). *VDI.* 27 *Juillet*, 881.

Électrolyse des sels fondus. *Elé.* 27 *Juillet*, 52. — par courants alternatifs (Peukert). *EE.* 20 *Juillet*, 10 *Août*, 133, 269. *Ie.* 26 *Juillet*, 309. Électrodes Keller. *EE.* 13 *Juillet*, 75. (Dépense d'électricité dans l'). (Quinck). *Cs.* 31 *Juillet*, 664. Rendement des appareils (Andréoli). *Elé.* 3 *Août*, 69. Vitesse des ions (Whetman). *RSL.* 16 *Août*, 182.

Enregistreurs. Rôle des appareils dans l'électrotechnie (Tchikoleff). *EE.* 3 *Août*, 199, 261.

Hystérésis diélectrique (Hess). *EE.* 3 *Août*, 205.

Machines de Holtz et de Wimshurst (Théorie des). *El.* 19 *Juillet*, 382, 386.

Montages électrothermiques (Boistel). *EE.* 27 *Juillet*, 166.

Mesures. Des résistances (Précision des). (Parker). *EE.* 10 *Aout*, 286. Boîte Arnoux et Chauvain. *Ln.* 20 *Juillet*, 519. Indicateur de l'isolement des stations en marche (Frolich). *EE.* 27 *Juillet*, 176. Voltamètre à iode : emploi pour les faibles courants (Hérouin). *EE.* 27 *Juillet*, 184 Ohmmètre Goolden Evershed. *EE.* 27 *Juil et*, 169. Utilisation de la bobine d'induction comme appareil de). — *Élé.* 20 *Juillet*, 33. Indicateurs pours courants alternatifs Morday). *E'.* 27. Électromètre apériodique Hallwachs. *EE.* 13 *Juillet*, 86. Ampéremètre Nadler. *EE.* 27 *Juillet*, 171. Appareils électrothermiques Hartman et Braun. *Rt.* 10 *Août*, 356.

Orgues électriques. Elé. 20 *Juillet*, 3 *Août*, 35, 71.

Ondes. (Vitesses des). (Trowbridge). *Juillet*, 172. *American Journal of Science. Août*, 104.

Piles. Force électromotrice des étalons Clark, Gouy et Daniell. *CR.* 22 *Juillet*, 199. (Les) et la thermochimie. *Co.* 27 *Juillet* 519. Nouvel élément Morisot. *CR.* 20 *Juillet*, 251. Nouvelles, *Co.* 3 *Août*, 5. Étain chlorure chromique Skinner. *EE.* 3 *Août*, 344.

Pouvoir thermo, électrique des métaux et alliages aux températures d'ébullition de l'eau et de l'air liquéfié (Dewar et Fleeming). *EE.* 27 *Juillet*, 187.

Résistance aux courants variables. *EE.* 13 *Juillet*, 66.

Rhéostat automatique (Hartnell). *EE.* 13 *Juillet*, 73.

Stations centrales. Carcassonne. *Ie.* 26 *Juillet*, 311. Turin *Industria*, 28 *Juillet*, 11 *Août*, 467, 490. 507. Leicester. *E'.* 19 *Juillet*, 57. Indicateur de l'isolement des — en marche (Frolich). *EE.* 27 *Juillet*, 176. Rendement des usines. *EE.* 20 *Juillet*, 97 — d'accumulateurs

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de la rue Saint-Roch. *Ac. Août*, 120. Système polycyclique Steinmetz. *EE.* 3 *Août*, 217. — Règlement municipal des installations électriques intérieures. *Ie.* 10 *Août*, 344.

Télégraphie sous-marine. Outillage du service des câbles (Morris). *At. Mars*, 97. Muirhead et Fraser. *EE.* 27 *Juillet*, 171. Rapide Delany. *El.* 2 *Août*, 446. Siphon recorder Muirhead. *El.* 2 *Août*, 446. Les câbles (Wilkinson). *El.* 19 *Juillet*, 2 *Août*, 382, 386, 445. Thomson. *E.* 26 *Juillet*, 833. Câbles flottants, Felten et Guillaume. *EE.* 10 *Août*, 268.

— *multiple* (Baudot). *At. Mars*, 107.

— *électro-pneumatique pour incendies. Fi. Août*, 81.

Téléphonie. Appareil de la Société téléphonique de Berlin. *EE.* 10 *Août*, 266. Microphone Carbonelle. *EE.* 27 *Juillet*, 170. Mercadier Anizan. *Elé.* 10 *Août*, 81.

Transmission de force par courants triphasés en Amérique. *EE.* 3 *Août*, 215. Dans les usines. *Ri.* 27 *Juillet*, 10 *Août*, 298, 317. Linet. *Ln.* 27 *Juillet*, 129. Docks San Francisco. *Gc.* 27 *Juillet*, 211. Folson-Sacramento (Californie). *E'.* 9 *Août*, 133, 305.

— Chute de tension dans une ligne à courants alternatifs simples et polyphasés. *Ie. Juillet.*

Unités magnétiques (Lodge). *El.* 2 *Août*, 449.

GÉOGRAPHIE

Afrique. Mission Clozel. *Sg.* 7 *Juin*, 213.

— Établissements anglais de la Côte d'Or. *Ef.* 3 *Août*, 150.

— Guinée française. *Sgc.* 15 *Juillet*, 629.

— Dahomey (Le) en 1894 d'Albéa. *Sg.* XVI, 183.

— De Lastourville à N' Gounié, Congo (Berton), id., 211.

— Madagascar. *Rs.* 27 *Juillet*, 107. *Sgs.* 15 *Juillet*, 589. *Rgds.* 15 *Août.*

Asie. Mission Dutreuil de Rhins. *Sg.* 7 *Juin*, 228.

— Navigabilité du fleuve Rouge (Escande). *Rmc. Juillet*, 60.

Amérique. Le Manitoba et le Farwest canadien. *Ef.* 10 *Août*, 173.

Berlin. Sgc. 15 *Juillet*, 573.

Nouvelles-Hébrides (Les). *Sgc.* 15 *Juillet*, 650.

Russie. Développement récent. *U. S. R. Juillet*, 504.

Le cañon du Rhône et le lac de Genève (Bourdon). *Sg.* XVI, 219.

Carte de la terre au millionième. (Projet de Germain), id., 177.

Distribution des conditions physiques à la surface du globe (De Lapparent), id., 150.

GUERRE

Canons Vickers. E. 26 *Juillet*, 133. Rapide Hotchkiss de 57. *Ln.* 10 *Aout*, 165.

Conservation de la viande pour l'armée. Ag. 3 *août*, 157.

Tourelle à éclipses Hotchkiss du Creusot. *Ln.* 27 *Juillet*, 141.

HYDRAULIQUE

Barrages réservoirs (Les) (Dumas). *Gc.* 20-27 *Juillet*, 3.10 *Août*, 184, 202, 219 et 235. Construction des (Levy). *CR.* 5 *Août*, 288.

Distribution de force à Glasgow. *E'.* 19 *juillet*, 67. Ellington. *E.* 2 *Août*, 154.

Eaux de Londres. E' 2 *Août*, 111.

Lance à boule pour pompes à incendie. *Fi. Août*, 123. *Lu* 10 *Août*, 175.

Irrigations en Tunisie (Ronna). *Ap.* 25 *Juillet*, 116.

Moulinet Woltman. Nouveaux types : essais. *VDI.* 3-10 *Août*, 917-947.

Pompes diverses. *Dp.* 19, 26 *Juillet*, 62, 80.

— *rotatives* Silsby. *Bam Août*, 672.

— *centrifuges* à axe vertical Farcot *Gc.* 3 *Août*, 214. A air comprimé Breyer. *E.*

Prises d'eau pour puits artésiens, 201, 2 *Août*, 293.

Réservoir de Craigmadden (Eaux de Glasgow). *E.* 26 *Juillet*, 119.

Turbine Hercule Singrun. *Ri.* 20 *Juillet*, 281.

— Appareil pour maintenir la pression constante dans les conduits des. *Ri.* 10 *Août*, 318.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

HYGIÈNE

Alcoolisme (l'). Campagne contre *Ef.* 27 *Juillet*, 103.

Assainissement de la Seine. Achères. *Rt.* 25 *Juillet*, 321. Usines de Clichy et de Colombes. *Gc.* 3-10 *Août*, 213, 229.

Chauffage à vapeur. Régulateur Longridge. *E.* 9 *Août*, 191.

— domestique (Le). (Osterberger.) *Bulletin de la Soc. industrielle de Rouen. Mars*, 203.

— et ventilation d'un hôtel privé américain, *Semaine du bâtiment*, 3 *Août*, 184.

Désinfection par les solutions de savon. (Jollis). *Pc.* 1er *Août*, 117.

Étuves à vapeur, sans pression, Vaillard et Besson. *Rt.* 10 *Août*, 352.

Exposition d'hygiène à Paris. *E'.* 19 *Juillet*, 71.

Égouts. (Purification et utilisation des eaux d). *Co.* 31 *Juillet*, 674.

— de York *E'.* 26 *Juillet*, 93.

Filtre à micromembranes Breyer. *Ri.* 3 *Août*, 302. *Rt.* 25 *Juillet*, 313.

Logement (Le). Aux États-Unis (Wuarin). *Rs.* 20-27 *Juillet*, 69-105.

Masques respirateurs. Utilité des (Bricogne). *Gc.* 10 *Août*, 240.

Mobilier scolaire Savary. *Ci.* 25 *Juillet*, 403.

Salubrité (La). (Trélat). *Rs.* 10 *Août*, 163.

Viandes. (Conservation des). Wacker. *Ln.* 27 *Juillet*, 133. Molinard. *Ci.* 4 *Août*, 444.

Vert de Schweinfurth. (Mesures à prendre dans la fabrication du). *Pc.* 1 *Août*, 116.

Villes. (Emplacement et établissement des). Gherhardt. *Fi. Août*, 90.

MARINE, NAVIGATION

Ateliers et chantiers de la Clydebank Co. *E.* 19 *Juillet*, 2 *Août*, 67, 138.

Bassin à flot de Rochefort. *APC, Mai*, 459.

Canal de Kiel. E. 19-26 *Juillet*, 2 *Août*, 71, 101, 136.

Clyde. Amélioration de la navigation. *E'.* 9 *Août*, 131.

Canots à vapeur Simpson. *E'.* 9 *Août*, 169.

Docks et Port de Glasgow.

— de Southampton. *E.* 9 *Août*, 169.

Elbe (Navigation de l') en 1894. *ZOI*, 10 *Juillet*, 381

Fourreau de sûreté pour arbre d'hélice Marrisson. *E.* 9 *Août*, 191.

Gouvernail Grould. *E.* 2 *Août*, 167.

Machine à triple expansion du Lizzie Westoll. *E'.* 19 *Juillet*, 62.

Marine de guerre. Coût des navires de guerre. (Elgar.) *E.* 26 *Juillet*, 131.

— Cuirassés anglais. *Rmc. Juillet*, 141.

— Croiseurs anglais. *Id.*, 143.

— Contre-torpilleurs anglais. *Id.*, 145.

— HMS. Powerfull. *E.* 26 *Juillet*, 110.

Métacentreur Denny. *E.* 2 *Août*, 163.

Navigation intérieure en Allemagne. *E'.* 2 *Août*, 101.

— Traction sur canaux. *E'.* 2 *Août*, 109.

Navire à roue Queen of the North. *E'.* 19 *Juillet*, 55.

Ports du Havre (Amélioration des). *E'.* 26 *Juillet*, 79.

— de Trieste et de Fiume en 1894. *ZOI*, 9 août, 405.

— *Outillage des* (Guéroult) *IE, Juin*, 894.

Sauvetage (Bateau de) à vapeur. *VDI.* 27 *Juillet*, 895.

— Communication électrique avec les bateaux-bouées Evershed. *E'.* 9 *Août*, 196.

— Appareil de Roop. *Ln.* 3 *Août*, 440.

— Sirène Smith. *E'.* 26 *Juillet*, 86.

— Voies d'eau (Service des) à bord (Pugibet). *Rmc. Juillet*, 5.

MÉCANIQUE

Air comprimé. Canalisation des tramways nogentais. *Gc.* 3 *Août*, 216.

Accouplement flexible. Raworth. E'. 19 *Juillet*, 57.

Aérostations. Influence de la température sur l'évaluation des hauteurs *Aéronaute, Juillet*, 158.

— Ascension à grande hauteur. Berson. *Aéronaute, Juillet*, 147.

— Exploration des régions polaires par ballons (de Fonvielle). *Rt.* 10 *Août*, 358.

— Machines volantes Lilienthal. *Ri.* 3 *Août*, 307. Maxim. *N.* 1 *Août*, 321.

Amortisseurs (Chesnes des). Ringelman. Bulletin du ministère de l'Agriculture, *Juillet*, 439.

Ateliers de Crewe, *Si.* 10 *Août*, 161.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Briques. (Machine à). Johnson. *E'.* 19 *Juillet*, 71.
Broyeur à boulets Morel. *Ci.* 11 *Août*, 449.
Chaudières (Les). *Dp.* 19. 26 *Juillet* 49, 73.
— (Installation de) à foyers ondulés. *VDI.* 20 *Juillet*, 830.
— Acessoires des *Dp*, 2 *Août* 98.
— *à bouilleurs.* (Lefèvre). *Bam, Août*, 645.
— *Tubulées.* Tijou. *E.* 2 *Août*, 167. Niclause. *E.* 19 *Juillet*, 91. Belleville. *E.* 19 *Juillet* 100.
— *Mixtes.* Solignac. *Ci.* 28 *Juillet*, 428. *Ri.* 10 *Août*, 3145.
— *Explosion* de Wairnby. *E.* 2 *Août* 145.
— — Multiple à Glasgow. *E.* 19 *Juillet* 87 de Redcar. *E'.* 19-26 *Juillet*, 2 *Août*, 72, 80, 108. *E.* 26 *Juillet*, 9 *Août*, 122, 199. Halifax *E.* 9 *Août* 197.
— *Grille.* Wagner. *E'.* 2 *Août*, 116. A chargement mécanique Bennie. *Ri.* 27 *Juillet*, 293.
— *Injecteurs* (Les). *Dp.* 26 *Juillet*, 76.
— *Entretoises* pour (Preston). *E.* 2 *Août*, 167.
Economètre Arndt. *Ci.* 21 *Juillet*, 403.
— *Foyers* fumivores *Ci.* 21 *Juillet*, 4 *Août*, 401, 437. A pétrole Tentelen. *Août*, 738. A gaz Douin et Kestner. *Cs.* 31 *Juillet*, 647. A tubes Field Christmas. *E.* 9 *Août*, 202. A briques Docteur *Ru. Juin*, 241.
Cinématique des mécanismes (Hearson) *RSL.* 16 *Août*, 167.
Compteurs pour voitures. *Dp.* 19 *Juillet*, 55.
Compresseurs Strnad Di. 28 *Juillet*, 183.
Courroies. Agrafe Edwards. *E.* 2 *août*, 159, transmission par Hochgesand. *Ri.* 27 *Juillet*, 299.
Dragues du canal de Kiel. *E.* 2 *Août*, 137, 139, *E'.* 2 *août*, 110.
— A succion Vering *E'.* 20 *Juillet*, 105, à godets et succion Simons. *E.* 9 *Août*, 178.
Embrayage électro-magnétique Holden. *R.* 2 *Août*, 118.
Ecrou indesserrable. Co. 27 *Juillet*, 514.
Encliquetage Dorian. *Bam. Août*, 660.
Engrenages en cuir. Piat. *Ri.* 3 *août*, 310
Essoreuse continue Waugier. *Cs.* 31 *Juillet*, 641.
Froid. Machine frigorifique Osnabruck. *Industria*, 4 *Août*, 485.
Extensomètre Ewing. *N.* 18 *Juillet*, 275. *RSL.* 16 *Août*, 123.
Frottement dans les machines (Raffard). *Bam. Août*, 645.
Gaz comprimé. Explosion d'un cylindre à acide carbonique liquide, *E'* 2 *Août*, 107.
— Expériences sur la résistance des cylindres à. *E.* 2 *Août.* 165.
Graisseur automobile Lefebvre. *Ci.* 4 *Août*, 442.
— Matières lubrifiantes (Les). *Industria.* 4 *Août*, 86.
Indicateur et tachimètre électrique Hunt. *E.* 20 *Juillet*, 131.
— Tachimètre Otten *Ci.* 10 *Août*, 315.
Laboratoire de mécanique à Charlottenbourg. *E.* 19 *Juillet*, 85.
Levage. Grue avec moteur à gaz *Gc.* 27 *Juillet*, 197.
— Cric Dubois, *Bam, Août*, 669.
— Porte de sûreté pour ascenseurs Lomnitz. *Ri.* 3 *Août*, 301.
— Pont roulant électrique d'Oerlikon. *Ri.* 20 *Juillet* 282.
— Transporteur Cizch. *ZOI.* 2 *Août* 400. Temperley. *Ic. Juin*, 894. Élévateur de charbon Buchanan *E'.* 9 *Août*, 132.
Machines outils. Alésoirs. *Dp.* 9 *Août*, 128.
— A courber les blindages Scriven. *E.* 26 *Juillet*, 113.
— A cintrer les tôles Campbell. *E.* 19 *Juillet*, 67.
— Étau universel Chase. *Ri.* 20 *Juillet*, 280.
— Fraiseuses Muir. *E.* 19 *Juillet*, 70.
— Perceuse-aléseuse Shank. *E.* 2 *Août*, 135, électrique Oerlikon et Kodolitsh. *VDI.* 27 *Juillet*, 900.
Machines à bois diverses. *Dp.* 9 *Août*, 21.
— A saboter et percer les traverses Robinson. *E'.* 2 *Août*, 103.
Moteurs.
— *à pétrole* Tangye. *E.* 19 *Janvier*, 61.
— — Priestman. *E.* 9 *Août*, 201.
— — Locomobile Crossley. *E.* 19 *Juillet*, 61.
— **à vapeur** Corliss Hargreaves. *E'.* 19 *Juillet*, 58.
— *Surchauffée* Smith. *Rgds*, 31 *Juillet*, 613.
— Distributions radiales, *Pm. Août*, 122.
— Pompes à air et de circulation 3000 chevaux. *E'.* 9 *Août*, 146.
— *Condenseur* vaporisateur Morison. *E.* 26 *Juillet*, 134. Aérien Thiessen. *E.* 2 *Août*, 146.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

— *à expansion multiple.* Rendement organique. *Industria.* 28 *Juillet,* 468. (Stassano). *IC, Juin,* 909.
— Essais de (Donkin). Institution of Mechanical Engineers Proc. *Janvier.* 90.
— Détermination de l'humidité de la vapeur (Unwin). *Id.* 31.
Turbine à liquide injecté Piguet, *Ri.* 27 *Juillet,* 295.
— Laval (Sosnowski). *Bulletin de la Société industrielle de Rouen. Mars.* 186.
Tuyaux de vapeur (Soupape de sûreté pour) Grossmith. *E'.* 26 *Juillet,* 84.
Vapeur. Surchauffe (de la), *Ci.* 11 *Août,* 450.
Profilographe Ringelman. *Bulletin du Ministère de l'agriculture. Juillet,* 422.
Robinet à ouverture partielle, Bouy. *Ri.* 3 *Août,* 305.
Soudures à l'essence. *Ci.* 21 *Juillet,* 406.
— Moule à *Ci.* 21 *Juillet,* 428.
Sympalmographe. Benham Goslin. *E.* 26 *Juillet,* 9 *Août,* 127, 195.
Tendeur automatique continu. *Ci.* 11 *Août,* 458.
Thermodynamique, étude de (Brun). *Rmc. Juillet,* 82.
Textiles. Carde Schmitz. *E.* 26 *Juillet,* 134.
— Moyens de reconnaître les vieilles tapisseries. *SA.* 19, 26. *Juillet,* 769, 781.
— pare-navette. Alrali. *E.* 26 *Juillet,* 134.
— Machine à tricoter portative White *E'.* 2 *Août,* 116.
— Appareil à laver les tissus Schiedges. *E.* 26 *Juillet,* 134.
Tubes (Essais de) en fer et en acier. *Sue.* 1 *Août,* 715.
— Transmission par câbles américaine. *Rt.* 10 *Août,* 349.
Vis en fer et acier fondu (essais de). *VDI.* 20, 27 *Juillet,* 854, 889.
— pas métriques. *VDI.* 10 *Août,* 971.

MÉTALLURGIE

Aluminium amalgamé. Action réductrice en présence de l'eau (Wislicenus). *ScP.* 5 *Août,* 1025.
— Causes de l'altération (Houdaille). *Revue du génie militaire. Juillet,* 55.
— Soudure. *Ln.* 27 *Juillet,* 132.
Bronzes manganésés. Effet de la température (Rudeloff). *Cs.* 31 *Juillet,* 660.
Fer et acier. Aux expositions de Paris 1889 et Lyon 1894 (Euverte). *IC. Juin,* 781.
— Fabrication des plaques de blindage (Rogerson). *EE. Août,* 167.
— Recuit électrique des — (Hauscom). *EE.* 20 *Juillet,* 129.
— Hauts fourneaux (les). *SuE.* 1er *Août,* 704.
— Utilisation des gaz de (Thwaite). *Cs.* 31 *Juillet,* 663,
— *Aciers au nickel.* Propriétés et emplois. *SuE.* 1er *Août* 718.
— Fabrication des Mac Connell. *Cs.* 31 *Juillet,* 663.
— Machines des aciéries. (Riley). *E.* 9 *Août,* 174. *E'.* 9 *Août.* 126.
— Analyse micrographique des (Andrews). *E.* 19 *Juillet,* 89.
— Analyse micrographique des (Osmond Austen). *N.* 15 *Août,* 367.
Fer-blanc. Fabrication en Autriche. *Cs.* 31 *Juillet,* 661.
Fonderie. Moules extensibles Jendrich. *E.* 2 *Août,* 167.
Four électrique et chimie à hautes températures (Moissan). *Sn.* 10 *Août,* 167.
Résistance des alliages et métaux aux hautes températures. *E.* 9 *Août,* 187.
Cuivre. Méthodes américaines pour la métallurgie du (Douglas). *SA.* 9 *Août,* 809.
— Essai par voie humide (Dulin). *CN.* 9 *Août,* 70.
Or. Concentration des minerais en Californie. *Eam.* 13 *Juillet,* 29.
— Précipitants et dissolvants de l'. *Gc.* 10 *Août,* 243.
— Procédé électro-chimique Gaze. *Cs.* 31 *Juillet,* 664.
Plomb. Four de grillage Roop. *Eam.* 13 *Juillet,* 33.
Zinc (Métallurgie du). *Cs.* 31 *Juillet,* 663.

MINES

Ardoisières du Meriondshire. *N.* 18 *Juillet,* 279.
Bitume (Plaine de) au Vénézuela. *Sg.* 7 *Juin,* — 221.
Bosnie. Gites métallifères. *Ru. Juillet,* 254.
Boussoles de mines. Eam. 20 *Juillet,* 52,
Câbles d'extraction. (Statistique des) à Dortmund. *Am. Juillet,* 122.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Calaverite du Colorado à Cripple Creek. *American Journal of Science. Août*, 116.

Chargeur de charbon Jeffray. *Eam.* 27 *Juillet*, 80.

Grisou Co. 20, 27 *Juillet*, 500, 528.

— Dégagement de gaz inflammables dans les carrières et mines non grisouteuses. *Am. Juillet.*

Épuisement des mines de Châteauverdun (anciennes installations). *Am. Juillet*, 106.

Haveuse électrique Elé. 3, 10 *Août*, 65, 88. Sprague. *Eam.* 20 *Juillet*, 57.

Appareils pour empêcher l'inflammation spontanée des stocks de houille. *Rt.* 10 *Août*, 358.

Or. Types principaux de mines. Amérique. *Rt.* 25 *Juillet*, 328. Mines du Transvaal en 1895. *Eam.* 3 *Août*, 98.

— Aperçu historique des mines. *Gc.* 3 *Août*, 224.

— Gisements repris à la suite des anciens. *Gc.* 10 *Août*, 238.

— et argent, leur production et leur rapport logique (Rothwell). *Eam.* 27 *Juillet*, 3 *Août*, 76-101.

— les placers du district Four Mile (Colorado). *Eam*, 102.

Perforatrices électriques aux mines de fer de Zsakarocz. *Ru. Juillet*, 318.

Phosphates d'alumine et de potasse d'Algérie et leur genèse (Carnot). *CR.* 15 *Juillet*, 151.

Poussières (Explosion) des (Wateyne). *Ru. Juillet*, 280.

— Essais d'explosifs en présence de, *id.* 313.

Préparation mécanique. Appareils de Craig. *E.* 9 *Août*, 202.

Transmissions électriques — dans les mines (Haws). *El.* 19 *Juillet*, 389.

Zinc et plomb au Missouri en 1895. *Eam.* 27 *Juillet*, 79.

PHOTOGRAPHIE

Cinémotographe Lumière. *Rgds.* 31 *Juillet*, 633.

Des couleurs Wiener. *N.* 18 *Juillet*, 279. *Rgds*, 30 *Juillet*, 609. *Ln.* 10 *Août*, 163.

Action des rayons infra rouges sur le sulfate d'argent (Rigollot). *CR.* 15 *Juillet*, 164. De la lumière sur le bromure de plomb. *Cs.* 31 *Juillet*, 677.

Appareils photographiques (les). *Ci*, 20 *Juillet*, 11 *Août*, 429, 453.

Plaques Thomas, sans halo. *Co.* 29 *Juillet*, 523. Clasen. *Cs.* 31 *Juillet*, 678.

Laveur automatique pour clichés Jagot. *Co.* 20 *Juillet*, 482.

Photojumelle militaire Carpentier. *Sfp.* 15 *Juillet*, 342.

Influence de l'encrage à sec sur les papiers photographiques (Colson), *id.* 344.

Procédés de décollement des gélatines sur verre (Mussat), *id.* 351.

Le Gérant : Gustave Richard.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

94e ANNÉE. Quatrième Série, Tome X. SEPTEMBRE 1895

BULLETIN

DE

LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

ARTS ÉCONOMIQUES

RAPPORT *fait par M. le* GÉNÉRAL SEBERT, *au nom du Comité des Arts économiques, sur les* MACHINES A CALCULER DE M. LÉON BOLLÉE, DU MANS.

M. Léon Bollée, du Mans, a présenté à la Société d'Encouragement une grande machine à calculer d'un nouveau type, destinée à faire automatiquement et mécaniquement les opérations arithmétiques les plus compliquées, et une série de petits appareils à calculer dérivant, pour la plupart, d'appareils déjà connus, mais auxquels il a su apporter des perfectionnements importants.

Il lui a fait connaître, en outre, une série d'applications de ces divers appareils, qu'il a réalisées, et qui présentent un caractère pratique et spécialement intéressant pour certaines industries.

Nous examinerons successivement ces différentes présentations, en commençant par les petits appareils à calcul.

Nous n'entrerons pas, dans le rapport même, dans la description de ces appareils, mais nous nous contenterons d'en signaler le principe et l'usage, en renvoyant, pour plus de détails, à la description qui en sera donnée en annexe.

1° Le premier de ces appareils, que M. Bollée nomme *Tableau multiplicateur-diviseur*, est constitué par une sorte de tableau métallique formé de deux plans de réglettes croisées à angle droit et mobiles dans le sens de leur longueur.

C'est une application du principe des bâtons de Neper, et le tableau est

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

disposé de telle sorte qu'en déplaçant respectivement les réglettes supérieures et inférieures de façon à leur faire inscrire deux nombres donnés, on obtient facilement, à l'aide des chiffres lus dans les fenêtres que portent les premières réglettes, les chiffres successifs du produit des deux nombres.

Ce tableau rend donc faciles les multiplications, et, pour les divisions et les extractions de racines, il peut donner également les produits partiels qui interviennent dans les calculs.

Il est de construction simple et économique, et constitue une nouvelle et ingénieuse solution d'un problème qui a exercé déjà bien des chercheurs (1).

2° Le second appareil présenté par M. Léon Bollée est un *petit appareil multiplicateur* se présentant sous une forme plus compacte, et dans lequel l'application d'une ingénieuse remarque permet de relever rapidement les chiffres dont l'addition donne immédiatement la succession des chiffres du produit de deux nombres.

L'un de ces nombres s'inscrit en tournant à la main des cylindres qui portent chacun, sur leur circonférence, la série des nombres des bâtons de Neper, l'autre s'inscrit en marquant simplement, le long des fenêtres d'un petit châssis mobile au-dessus de ces cylindres, des traits au crayon en regard des lignes correspondantes des tableaux de Neper, mais en renversant l'ordre habituel des unités, c'est-à-dire en mettant à gauche les unités simples.

Cette simple précaution suffit pour que les chiffres des cylindres qui sont visibles en regard des mêmes traits, quand on fait coulisser le châssis mobile, donnent, par leur addition, les unités successives du produit.

On obtient ainsi très facilement ces unités avec un peu d'habitude, et cette petite machine, très peu coûteuse grâce à son mode de construction simplifié au possible, peut être un adjuvant utile pour des calculs courants.

Une machine de ce genre comportant 6 cylindres, et pouvant par suite donner des produits de 13 chiffres, ne mesure que $0^m,15$ sur $0^m,05$ et peut se construire pour une somme modique.

3° Le troisième appareil présenté par M. Léon Bollée a plus d'importance que les précédents, et nous paraît appelé à avoir de plus nombreuses

1. Voir à ce sujet, notamment, les *Tables de Napier* publiées par Joseph Blater (Gauthier-Villars) et « *Le calcul et les machines à calculer* » par Ed. Lucas. (*Revue Scientifique*, 18 octobre 1884.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

applications, car cet appareil exécute déjà mécaniquement en partie les calculs, et pourra être souvent utilisé par les personnes qui voudront réduire le travail intellectuel qu'exigent les calculs ordinaires, sans faire l'acquisition coûteuse d'un arithomètre ou d'une grande machine à calculer.

Cet appareil est constitué par la réunion de deux parties principales : l'une destinée à opérer les additions et soustractions, et l'autre, dont l'emploi se combine avec celui de la première quand il s'agit d'effectuer les multiplications et les divisions.

La première partie forme une sorte de tableau métallique percé de lumières allongées et d'ouvertures rondes en-dessous desquelles coulissent des réglettes additives et soustractives disposées de façon à donner, par de simples mouvements de déplacement des réglettes, les résultats de l'addition ou de la soustraction d'unités successives, avec report des retenues, quand il y a lieu, d'une réglette à la suivante.

Ces résultats apparaissent dans les ouvertures rondes de l'appareil, et les déplacements des réglettes s'opèrent à l'aide d'un poinçon que l'on introduit dans les trous que porte leur partie supérieure, et qui se présentent en regard de chiffres gravés le long des lumières allongées.

Deux règles de manœuvre placées à la partie inférieure permettent de remettre rapidement toutes les réglettes au zéro.

Cette partie de l'appareil est seule mise en usage quand il s'agit d'additions ou de soustractions. Elle pourrait, à la rigueur, servir également à l'exécution des multiplications ou des divisions, en lui demandant la succession des additions ou soustractions élémentaires auxquelles peuvent se ramener ces opérations (1).

M. Léon Bollée a réalisé un grand perfectionnement par l'addition de la seconde partie de l'appareil, qui est constituée par un châssis mobile portant des séries de réglettes que l'on peut amener en regard des précédentes, et qui donne l'indication immédiate des produits partiels qui entrent dans les opérations en évitant d'avoir à former ces produits par additions successives.

Ce châssis porte six groupes composés chacun de neuf réglettes, en forme de feuillets superposés en paquets et montées à charnière de façon à pou-

(1) Ainsi limité, l'appareil présenterait quelques analogies avec certains appareils antérieurement imaginés, notamment avec l'arithmographe Dubois, présenté à l'Académie des Sciences par M. Perret, le 7 octobre 1867, mais l'addition des organes qui suivent, et qui dérivent des mêmes principes que ceux qui constituent la partie essentielle de la grande machine à calculer de M. Bollée, les en différencie complètement.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

voir se relever individuellement. Ces réglettes sont numérotées de 1 à 9, et portent, en regard des divisions des fenêtres, des chiffres qui indiquent les déplacements à opérer pour chaque chiffre multiplicateur employé.

Après avoir fait marquer aux réglettes du châssis le multiplicande, on obtient le produit de ce nombre par les unités du multiplicateur en effectuant simplement les déplacements des réglettes indiquées sur chaque feuillet par le chiffre de ces unités. On obtient de même le produit par le nombre formé des deux premiers chiffres du multiplicateur en déplaçant le châssis d'un cran vers la gauche, et opérant pour le chiffre des dizaines comme on a fait pour celui des unités. On opérera de la même façon pour le chiffre des centaines, etc., en transportant successivement les châssis vers la gauche.

L'appareil construit par M. Léon Bollée, dont le châssis porte 6 paquets de réglettes, peut donner des produits de quatorze chiffres, et se prêter à toutes les combinaisons arithmétiques que permettent les machines à calculer. Il est portatif et peu encombrant, de construction solide et soignée et d'un usage commode.

Il abrège considérablement les calculs, en supprimant tout travail intellectuel.

Il peut être surtout utile aux personnes calculant difficilement ou ayant beaucoup de petites opérations à faire, et qui ne veulent pas ou ne peuvent pas avoir recours à la grande machine à calculer.

4° Mais c'est surtout la *grande machine à calculer* construite par M. Léon Bollée qui mérite d'appeler l'attention.

C'est en 1888 que M. Léon Bollée fut amené à s'occuper de la création d'une machine de ce genre.

Il avait à calculer, pour l'établissement industriel de son père, des tables numériques très étendues, et avait ainsi été amené à l'idée de construire une machine pouvant effectuer rapidement les opérations de l'arithmétique.

Il ignorait d'ailleurs complètement les travaux déjà faits dans cette voie, de sorte qu'il aborda la question en dehors de toute influence, et c'est pour ce motif, sans doute, qu'il l'a traitée d'une façon entièrement neuve.

Les machines à calculer déjà réalisées étaient des machines établies tout d'abord en vue d'effectuer les additions et les soustractions, et pourvues d'organes complémentaires pour faciliter l'exécution des opérations élémen-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

taires du même genre auxquelles peuvent se ramener les opérations d'ordre plus élevé : multiplications, divisions ou extractions de racines.

La machine de M. Bollée a été conçue, au contraire, surtout en vue de l'exécution rapide et directe des multiplications, et elle ne fournit les résultats des additions que comme cas particuliers de la multiplication.

Tandis que les meilleures machines connues, et notamment l'arithmomètre Thomas, exigent, pour la formation de chaque produit partiel, autant de tours d'une manivelle qu'il y a d'unités dans le chiffre multiplicateur, la machine Bollée donne en un seul tour de manivelle chacun de ces produits partiels, et elle opère, en outre, automatiquement les déplacements successifs correspondant aux variations d'unités qui doivent se faire à la main dans les autres machines.

La caractéristique essentielle et entièrement nouvelle de cette machine repose sur l'emploi de *barêmes matérialisés*, c'est-à-dire d'organes en forme de plaques établis en autant d'exemplaires qu'il peut y avoir de chiffres dans les nombres sur lesquels on veut opérer, et qui reproduisent matériellement, à l'aide de chevilles en saillie, la table de Pythagore, c'est-à-dire la succession des multiples des 9 premiers nombres par eux-mêmes.

Ces multiples sont groupés sur ces plaques calculatrices en rangées disposées de telle sorte qu'en faisant glisser une plaque quelconque de façon à l'amener en regard d'un numéro représentant un chiffre donné du multiplicande, le barême correspondant à ce chiffre, c'est-à-dire la série des multiples de ce chiffre, vient se placer au-dessous des organes de la machine destinés à l'enregistrement du résultat.

Ces organes eux-mêmes, par un déplacement commandé par une manette à l'aide de laquelle on vient marquer les chiffres successifs du multiplicateur, viennent se placer au-dessous du multiple correspondant spécialement au chiffre indiqué par cette manette, et, dans cette position, un tour imprimé à une manivelle motrice vient successivement relever le produit élémentaire ainsi repéré et l'additionner au résultat partiel déjà inscrit, en effectuant, s'il y a lieu, le report des retenues, et en inscrivant en même temps le multiplicateur déjà employé. La machine produit en même temps les déplacements voulus pour l'enregistrement, à leur place respective, des différents ordres d'unités et pour la mise en place de la virgule.

S'il s'agit de division au lieu de multiplication, une simple inversion dans la marche transforme en opérations soustractives les opérations additives élémentaires, et l'on obtient, à chaque tour de la manivelle motrice, le reste

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

provenant de la soustraction du produit du diviseur par le chiffre du quotient qu'indique la manette, chiffre qu'une table auxiliaire permet de déterminer sans tâtonnements.

La machine Bollée présente cette particularité : que les opérations successives qu'elle doit produire et enregistrer pour chaque tour de manivelle se produisent successivement les unes après les autres, en suivant toujours le même ordre régulier et méthodique, de façon à éviter toute dureté de manœuvre et toute cause de dérangement ; aussi, malgré la multiplicité des pièces qui entrent dans cette machine, et qui sont au nombre de plus de 3000, le fonctionnement est doux et régulier.

La première machine de ce genre a été conçue et construite par M. Léon Bollée dans l'espace de 3 mois, de février à avril 1888. L'auteur avait alors à peine 18 ans. Cette première machine, qui existe encore, ne donnait que les produits de nombre de 3 chiffres; elle présentait quelques dispositions défectueuses par suite de l'absence d'un outillage convenable pour sa construction; mais, déjà, elle réalisait les conceptions de l'inventeur.

Les barèmes matérialisés y étaient réalisés sous forme de cylindres avec cannelures en creux et reliefs, les organes d'enregistrement étaient disposés horizontalement.

M. Bollée, après avoir étudié les autres petits appareils qui ont été décrits plus haut, reprenait, au commencement de 1889, sur de nouvelles bases, la construction de sa grande machine, et établissait le type de machine de 20 chiffres qui a figuré à l'Exposition Universelle. — Cette machine, qui lui a valu la médaille d'or, a été achetée par l'État pour le Conservatoire des Arts et Métiers.

Des perfectionnements nouveaux ont été réalisés depuis cette époque dans les nouvelles machines qu'il a construites, et constituent le type dit modèle 1892, qui a figuré déjà à l'Exposition de Tours en 1892, et qui est présenté actuellement à la Société.

Cette machine, comme la précédente, permet d'obtenir des résultats de 20 chiffres et, par conséquent, elle donne le moyen de faire les opérations les plus compliquées que l'on puisse rencontrer dans la pratique.

Dans ce nouveau modèle, le manipulateur et les poignées de remise à zéro ont été rendus d'une manipulation plus facile.

Les rebondissements qui tendaient à se produire dans le fonctionnement des organes de retenue, et que l'on empêchait précédemment à l'aide de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

freins donnant des duretés de manœuvre, ont été combattus, sans aucune addition d'organes spéciaux, par un ingénieux artifice mettant en jeu le principe même de l'inertie qui les produisait.

Un système général d'embrayage, qui arrête la machine quand les résultats qu'elle doit inscrire passent par zéro, fait que la machine refuse absolument de faire un calcul impossible ou faux.

Il rend également impossible toute fausse manœuvre, en ne permettant de procéder que méthodiquement, tout en laissant entière latitude pour effectuer tous les calculs qui ne sont pas contraires à la théorie.

Une disposition nouvelle spéciale permet enfin de réaliser l'extraction automatique des racines carrées sans le concours intellectuel de l'opérateur, problème qui, jusqu'en ces derniers temps, avait été considéré comme insoluble.

Ainsi constituée, la machine présente la plus grande commodité pour l'exécution rapide des calculs les plus compliqués. Elle possède l'avantage considérable de permettre de commencer les calculs de multiplication par un chiffre quelconque du multiplicateur et d'inscrire le multiplicande dans une position quelconque sur la machine, ce qui donne de singulières facilités pour l'exécution de calculs successifs.

Bien que la machine ait été spécialement conçue en vue des opérations de multiplication, elle exécute au moins aussi facilement que les autres machines arithmétiques les opérations d'addition et de soustraction, pour lesquelles il suffit de laisser simplement sur le chiffre 1 la manette du cadran multiplicateur pendant que l'on manœuvre la manivelle motrice.

On voit, par ces détails, quelle est l'importance de l'œuvre déjà accomplie par M. Léon Bollée qui, depuis l'époque où, à peine âgé de dix-huit ans, il réalisait le premier type de sa grande machine à calculer, a pu, en deux étapes rapides, amener cette machine extraordinaire au degré de perfectionnement où elle est aujourd'hui.

Si cette machine, bien que connue depuis plusieurs années déjà, n'est pas plus répandue, c'est que M. Léon Bollée, ne possédant pas l'outillage perfectionné pour construire rapidement et avec toute la précision nécessaire un grand nombre de machines semblables, n'en a, jusqu'à ce jour, construit qu'un petit nombre, qu'il a exécutées lui-même, avec un outillage destiné à un tout autre emploi, et qu'il a laborieusement transformé suivant ses besoins.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Mais il est aujourd'hui pourvu d'un atelier spécialement outillé pour ce genre de construction, et il se trouvera par suite, avant peu de temps, en mesure de livrer à un prix plus abordable des machines semblables à celle qu'il présente aujourd'hui à la Société.

Cet atelier lui a permis déjà d'organiser la fabrication courante de la petite machine à calculer, du genre arithmographe, que nous avons décrite plus haut, et dont les pièces principales sont obtenues par le découpage à l'emporte-pièce.

Ces dernières machines peuvent être, par suite, livrées à un prix assez bas pour qu'elles soient appelées sans doute à se répandre et à prendre, au-dessous des véritables machines de calcul automatiques, une place que n'ont pu encore conquérir les différents et nombreux modèles déjà imaginés par tant d'autres inventeurs.

M. Léon Bollée a pu aussi, grâce à cet atelier, entreprendre la construction de différentes machines auxquelles nous avons fait allusion au début de ce rapport.

En appliquant les dispositions mêmes de sa grande machine à calculer, et en modifiant simplement les barêmes matérialisés que portent les plaques calculatrices de cette machine, il a pu établir une machine destinée spécialement aux calculs d'intérêt, dans laquelle on n'a qu'à inscrire à la façon d'un multiplicande le nombre de jours et le taux de l'intérêt et à la façon d'un multiplicateur les sommes placées pour obtenir les intérêts produits. On comprend que ce résultat sera obtenu en remplaçant les barêmes en relief qui représentaient la table de Pythagore par d'autres portant en relief les produits des neuf premiers nombres par les coefficients représentant la valeur de un franc à un taux déterminé pendant un temps donné. Cette machine présentera une utilité particulière pour les maisons de banque.

Il a réalisé pour son usage personnel, en vue du calcul des dimensions des cloches, une machine analogue, dans laquelle les reliefs des barêmes représentent les produits du nombre deux et de ses sous-multiples par des nombres représentant des diamètres.

Il a étudié des machines spéciales analogues, destinées à donner, pour de grands magasins, les comptes faits pour des ventes d'objets de prix courants tels que : 0 fr. 45, 0 fr. 65, 0 fr. 95, 1 fr. 95, etc. et d'autres machines du même genre, destinées à des compagnies de chemin de fer, et donnant les prix des billets suivant la distance, etc.

Dans un genre un peu différent, il a créé enfin, pour les chemins de fer,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des machines destinées à distribuer et à dater les billets, à enregistrer le nombre des voyageurs par destination, et enfin à classer et à totaliser en bloc les recettes provenant des différents billets délivrés, de façon à réduire ainsi le contrôle financier à la simple lecture d'un cadran.

Il a également créé, dans le même genre, un type de machine pour le contrôle de la caisse dans les grands magasins. — Ces machines, qui impriment et totalisent en même temps, délivrent un ticket-reçu à l'acheteur, enregistrent chacune des ventes sur une feuille documentaire, et font le total de ces ventes.

Nous réservant de revenir ultérieurement sur ces dernières machines, nous avons l'honneur de proposer aujourd'hui à la Société, au nom du Comité des Arts économiques, de remercier M. Léon Bollée de son intéressante communication, et de publier le présent rapport au *Bulletin*, avec la description, qui y serait annexée, de ses différents types de machines à calculer d'un usage général, en joignant à cette description les dessins nécessaires pour faire comprendre le fonctionnement de ces machines.

Signé : Général Sebert, *rapporteur*.

Approuvé en séance, le 11 *mai* 1894.

NOTICE SUR LES MACHINES A CALCULER, DE M. LÉON BOLLÉE

1° Tableaux multiplicateurs-diviseurs.

Les réglettes du dessous, $A_1 A_2 A_3 \ldots$, dont une portion est représentée en fig. 1, portent à droite huit tableaux des unités des produits de la table de multiplication ordinaire, et, à gauche, huit tableaux des retenues de ces mêmes produits.

Les réglettes du dessus, $B_1 B_2 B_3 \ldots$, portent deux rangées de trous qui sont disposés de telle façon que, lorsque toutes les réglettes, $A_1 A_2 A_3 \ldots$ sont glissées de 6 divisions par exemple et celles $B_1 B_2 B_3 \ldots$ de 4 divisions, on aperçoive, dans la rangée supérieure des trous de chaque réglette, des 2 provenant de la retenue du produit $6 \times 4 = 24$, et, dans la rangée inférieure, des 4 provenant des unités du même produit.

Dans ces conditions, on comprend que, pour multiplier 2 nombres l'un par l'autre, il suffit de glisser les réglettes, $A_1 A_2 A_3 \ldots$ de façon à former un des nombres et les réglettes $B_1 B_2 B_3 \ldots$ de façon à former l'autre nombre, puis d'additionner en diagonale, entre les bandes, $m\ n, \ldots$, tous les chiffres visibles.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le total de chaque diagonale donne chacun des chiffres du produit. Sur la figure, une partie des réglettes est représentée dans la position voulue pour multiplier 37×48. Le produit : 1776, est instantanément déterminé par le total de 4 diagonales.

Pour les divisions et les racines carrées, les réglettes donnent rapidement soit le produit du diviseur par chacun des chiffres du quotient, soit le double produit de la racine déjà trouvée par le nouveau chiffre, plus le carré de ce dernier chiffre.

Les chiffres du quotient sont déterminés au moyen d'un petit abaque, sur lequel on isole avec une petite cache le rectangle correspondant au nombre formé par les 2 premiers chiffres du diviseur. Ce rectangle renferme les produits de ce nombre par 1, 2, 3, 4, 5... 9, de sorte que, pour déterminer chacun des chiffres du quotient, il suffit

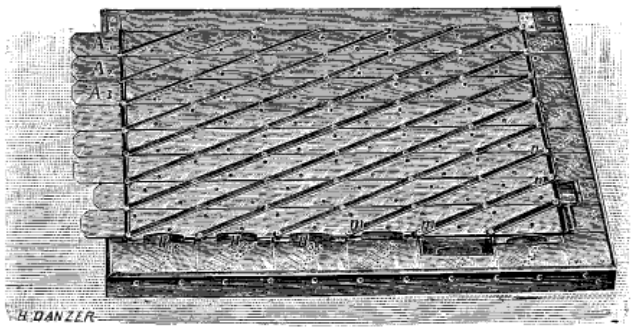


Fig. 1. — Tableau multiplicateur-diviseur.

de regarder quel est le plus grand produit pouvant être retranché du dividende ou du reste.

Pour les racines carrées, on emploie une table des carrés des 100 premiers nombres pour déterminer les 2 premiers chiffres de la racine, et, pour les suivants, on se sert d'un abaque analogue à celui de la division, mais qui renferme *les doubles produits* des 2 premiers chiffres de la racine par 1, 2, 3.... 9.

Dans le dernier modèle du tableau, les réglettes *m n* peuvent être placées très rapidement aux nombres voulus au moyen d'une manivelle, et remises à zéro en tirant deux boutons.

Ces tableaux multiplicateurs-diviseurs, qui peuvent être construits à très bon marché, permettent de tripler la vitesse du calcul ordinaire pour les divisions et les racines, et de la quintupler pour les multiplications ; de plus, ils n'exigent qu'une attention peu pénible, puisqu'ils ramènent les multiplications à l'addition et les divisions ou racines à la soustraction.

Petit appareil multiplicateur.

Le petit appareil multiplicateur représenté en fig. 2, se compose d'une petite boîte rectangulaire dont la face supérieure, percée de fenêtres allongées, laisse voir 1/10 du développement des 6 cylindres portant sur leur pourtour les produits des neuf premiers nombres par 1, 2, 3... 7, 8, 9, qui figurent gravés sur le bord des fenêtres allongées en face des produits correspondants.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le multiplicande : 325, par exemple, étant posé en tournant convenablement les trois premiers cylindres de droite à 3, 2 et 5, on indique le multiplicateur : 632, par exemple, sur le petit châssis mobile en traçant, sur la première plaque d'ivoire à gauche, un trait de crayon en face de la 2e division gravée sur le bord des fenêtres allongées, sur la 2e plaque, un trait en face de la 3e division, et, sur la 3e plaque, un trait en face de la 6e division. Ceci fait, on glisse le châssis mobile à droite de la première

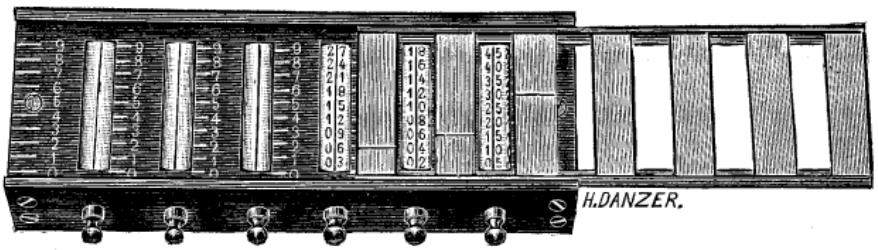


Fig. 2. — Petit appareil multiplicateur.

fenêtre allongée, et on obtient le produit général, 205 400, en six additions effectuées en glissant à chaque fois le châssis d'une fenêtre vers la gauche. Chacune de ces additions étant composée des chiffres des cylindres qui sont visibles au bout des traits de crayon aussi bien à droite qu'à gauche de chacun de ces traits.

C'est ainsi qu'on obtient :

$$0 = 0$$

$$4 + 1 + 5 = 0 \text{ et } 1 \text{ de retenue.}$$

1 de retenue $+ 6 + 06 + 1 + 0 = 4 - 1 - —$

1 — — $+ 0 + 9 + 0 + 2 + 3 = 5 - 1 - —$

1 — — $0 + 8 + 1 = 0 - 1 - —$

1 — — $+ 1 = 2$

Soit : 205 400.

Avec une certaine habitude, on parvient à se servir de la machine avec une économie notable de temps sur le calcul ordinaire.

La machine complète mesure seulement $0^m,15 \times 0^m,05$, et permet d'obtenir des produits de 13 chiffres.

2° Appareils servant à effectuer mécaniquement les calculs.

Ces appareils, qui sont un moyen terme entre les grandes machines et les tableaux multiplicateurs-diviseurs, se composent (fig. 3) de deux parties bien distinctes :

1° Un appareil enregistreur E;

2° Un châssis mobile portant 6 paquets de 10 plaques (P) pouvant être relevées séparément autour d'une charnière commune.

L'enregistreur se compose :

D'une plaque E, percée de lumières allongées et d'ouvertures rondes. Dans les lumières allongées, on aperçoit une série de trous percés dans les réglettes R, coulissant en dessous de la plaque. Dans chacune des ouvertures rondes servant à lire les résultats, apparaît un des chiffres frappés sur ces mêmes réglettes. Ces chiffres

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sont divisés en deux séries inverses, de sorte que, lorsque l'une augmente, l'autre diminue, et réciproquement; celle qui correspond à la rangée d'ouvertures rondes marquées + sert pour les additions et multiplications; elle peut être mise à O au moyen de la réglette S : l'autre, qui correspond à la rangée d'ouvertures marquées (—) sert pour les soustractions, divisions et racines; elle peut être remise à O par la réglette T.

Sur le bord des lumières allongées, des chiffres sont placés aux mêmes écartements que les trous et les chiffres des réglettes.

Pour additionner 8 + 5 + 7 + 6, par exemple, sur une des réglettes, on pique dans celle-ci, avec un poinçon, le trou en face du 8 de la lumière supérieure, et on tire d'abord vers le haut, puis vers le bas jusqu'au refus; on recommence la même opé-

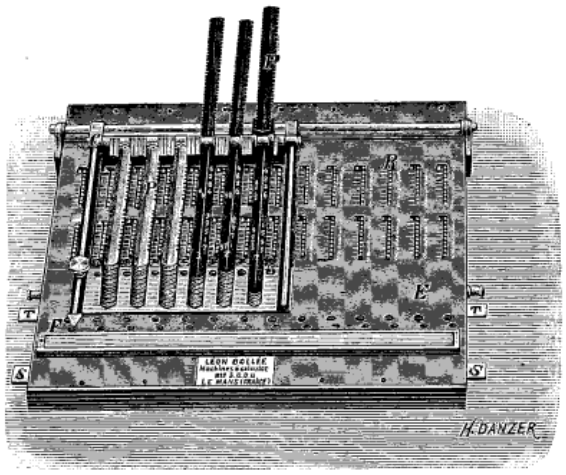


Fig. 3. — Appareil suivant à effectuer mécaniquement les calculs.

ration pour 5 + 7 et 6, et on peut lire, à la rangée inférieure des ouvertures rondes (celle marquée +), le nombre 26, total de 8 + 5 + 7 + 6.

Si, de 26, on veut retrancher 4, on pique avec le poinçon en face le chiffre 4 de la lumière inférieure, et on opère comme précédemment.

Pour effectuer une multiplication ou une division, il suffit de faire ajouter ou retrancher des produits partiels.

Le châssis mobile détermine ces produits de la façon suivante :

Soit, par exemple, 327 à multiplier par 6.

On ouvre les trois paquets de plaques de droite du châssis mobile à 3, 2 et 7 ; on forme ainsi le multiplicande. Sur les plaques, on remarque, à la partie supérieure, les chiffres pairs 2, 4, 6, 8, et, à la partie inférieure, les chiffres 1, 3, 5, 7, 9.

Tous les chiffres semblables, tous les 6 par exemple, sont disposés de façon à être en regard des trous des réglettes de l'enregistreur qu'il faut piquer avec le poinçon pour avoir le produit du multiplicande 327 par 6. C'est ainsi qu'ils indiquent le trou 1 de la 4e réglette de droite, les trous 8 et 1 (qui en se totalisant donnent 9) de la 3e, les trous 2 et 4 (total 6) de la 2e, et le trou 2 de la 1re.

Sans rien chercher ni calculer, en prenant seulement avec le poinçon en face tous

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les chiffres 6, on a donc fait apparaître, à la rangée (+) des ouvertures rondes le nombre 1 962, qui est le produit de 327 par 6.

Pour avoir le produit de 327 par un autre nombre : 47, par exemple, il suffit de tirer le châssis mobile tout à fait à droite, de piquer avec le poinçon en face tous les 7, de reculer le châssis un rang vers la gauche, et de piquer en face les 4.

L'enregistreur a totalisé les deux produits partiels, et la rangée (+) des ouvertures rondes indique 15 369, produit de 327 par 47.

Pour les divisions, on opère à peu près de la même façon. Soit à diviser 15 369 par 327 :

On fait apparaître le dividende 15 369 à la rangée (—) des ouvertures rondes, et on ouvre les paquets de gauche du châssis mobile au diviseur 327. On détermine le premier chiffre du quotient 4 avec le petit abaque déjà décrit, on pique avec le poinçon en face tous les 4, on recule le châssis d'un rang vers la droite, et, ayant trouvé 7 sur l'abaque comme 2e chiffre du quotient, on pique tous les 7. Le quotient est 47, et le reste, visible à la rangée (—) des ouvertures rondes, est 0.

Pour les racines carrées, on procède de la manière suivante : Soit à extraire la racine carrée de 105 625.

On pose ce nombre : 105 625, comme un dividende, on détermine les deux premiers chiffres de la racine 32 au moyen d'une table des carrés des 100 premiers nombres, on dispose les deux paquets de plaques de gauche du châssis mobile de façon à former 32, on pique d'abord tous les 3, puis on recule le châssis d'un rang vers la droite, et on pique tous les 2. On a ainsi retranché le carré de 32. On trouve sur l'abaque des doubles produits, au rectangle 32, que, des trois premiers chiffres du reste : 3 225, le double produit de 32×5 peut être retranché ; 5 est le 3e chiffre de la racine. On ouvre le troisième paquet de plaques à 5, puis on pique deux fois de suite tous les 5, excepté ceux du dernier paquet ouvert, que l'on ne pique qu'une fois. On a donc ainsi retranché le double produit de 32 par 5 + le carré de 5. La racine est 325 et le reste est 0.

Si, au lieu de 105 625, on avait pris un nombre donnant un reste, on aurait poussé plus loin l'extraction de la racine, en procédant pour chacun des chiffres suivants comme pour le 3e.

Cet appareil, d'une construction peu coûteuse, peut effectuer des multiplications de 14 chiffres en produit, et se prêter à toutes les combinaisons mathématiques qui sont indiquées à la fin de la description de la grande machine.

Il abrège considérablement les calculs, et supprime tout travail intellectuel. Il a surtout été étudié en vue des personnes calculant difficilement ou ayant beaucoup de petites opérations à faire.

3° Machine à calculer. Modèle de 1889.

Voici les principales dispositions de cette machine (fig. 6, 7, 8). Sur les extrémités d'un socle, S, deux montants verticaux sont fixés parallèlement et supportent le récepteur C. Celui-ci est composé d'un châssis longitudinal traversé par deux rangs superposés de chacun vingt arbres horizontaux et parallèles, munis d'un pignon et d'un cadran divisé en dix parties numérotées de 0 à 9, dont un seul des chiffres est visible à la fois à travers une lucarne pratiquée dans la face antérieure du châssis. Les cadrans supérieurs sont disposés de telle façon que, lorsque l'un deux passe de 9 à 0 ou de 0 à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

9, un appareil F, dit des retenues, augmente ou diminue d'une unité le chiffre du cadran placé immédiatement à gauche.

Entre deux arbres du même plan horizontal, se trouve un groupe de trois tiges d'acier T placées l'une devant l'autre dentées en crémaillères vers leur milieu, et pouvant glisser verticalement dans deux règles coulissées. La première tige en avant est susceptible d'engrener et de faire tourner le cadran inférieur qui se trouve à sa droite ; la deuxième, le cadran supérieur, également à droite ; la troisième, le cadran supérieur à gauche.

Il y a autant de groupes de tiges qu'il y a de cadrans dans le même plan horizontal, c'est-à-dire vingt.

A la partie inférieure de la machine, près du socle, se trouve le calculateur qui, par l'intermédiaire d'un manipulateur M, tournant sur un cadran divisé en dix et numé-

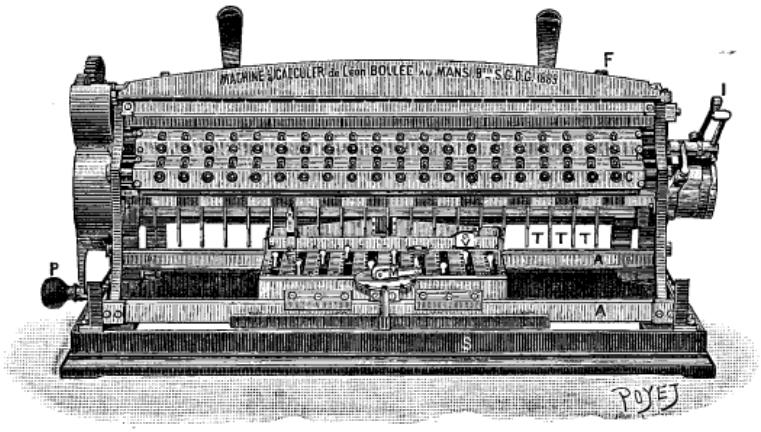


Fig. 4. — Machine à calculer modèle de 1889.

roté de 0 à 9, peut être entraîné longitudinalement sur deux règles horizontales A, recevant elles-mêmes, par la rotation de la manivelle de commande générale P, un mouvement vertical égal à dix fois le pas des crémaillères.

Le calculateur est l'organe principal. C'est (fig. 5) une sorte de caisse métallique ayant sur sa face supérieure dix rainures, avec crans d'arrêt numérotés de 0 à 9, où peuvent s'engager des boutons fixés à dix plaques calculatrices glissant sur le fond de la caisse. L'écartement d'axe en axe de ces plaques correspond à l'avancement déterminé par un tour complet du manipulateur ; il est, du reste, le même que celui des cadrans et des groupes de tiges crémaillères.

Chacune des plaques calculatrices est (fig. 5) la représentation en saillie de la table de multiplication ordinaire. Les saillies sont disposées de façon que, lorsqu'une plaque est glissée au chiffre 7, par exemple, et le manipulateur à 8, il se trouve, sous la troisième tige crémaillère du groupe placé au-dessus de la plaque, une saillie égale à cinq fois le pas de la denture, et, sous la deuxième, à six fois ce pas, 5 étant le chiffre des retenues du produit de 8 par 7, et 6 celui des unités.

Si, dans ces conditions, le calculateur est entraîné verticalement d'une quantité fixe par la rotation de la manivelle, les saillies soulèvent de cinq dents la troisième tige cré-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

maillère, qui inscrit un cinq sur le cadran à sa gauche, et de six dents la deuxième, qui fait tourner à 6 le cadran à sa droite. Le produit 56 est donc déterminé, sans passer, comme dans les autres machines, par la série 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49 et enfin 56.

Lorsque les deux facteurs ont plusieurs chiffres, on forme le multiplicande au moyen des boutons du calculateur, en ayant soin de placer un petit curseur V en regard du bouton figurant les unités. Avec le manipulateur, on inscrit successivement tous les chiffres du multiplicateur, en l'arrêtant sur les divisions correspondantes et en passant chaque fois au-dessus du zéro. Après chaque arrêt, on fait décrire un tour complet à la manivelle générale P. Le résultat s'est inscrit sur la rangée supérieure de cadrans, pendant que le petit curseur, par les premières tiges crémaillères, faisait recopier le multiplicateur sur les cadrans inférieurs. On place la virgule à ce nombre, et le résultat est prêt à lire.

En changeant la position d'un petit levier I, les cadrans tournent en arrière. Cette

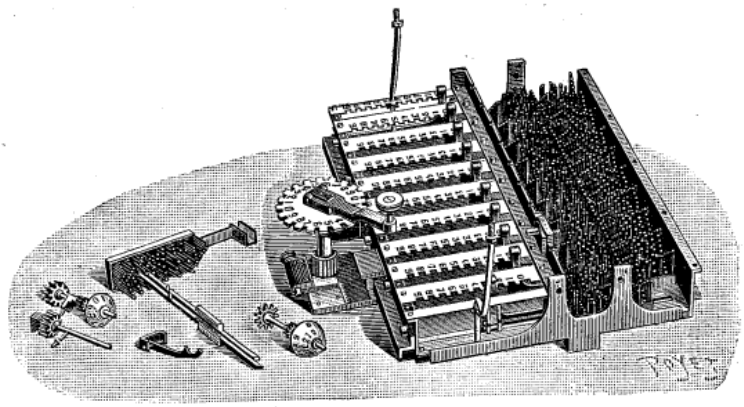


Fig. 5. — Machine à calculer, modèle de 1889. Détails du calculateur.

propriété est utilisée pour différentes opérations, comme la division par exemple, qui n'est, en réalité, qu'une multiplication dont les différents produits partiels se retranchent successivement d'un nombre préalablement placé au lieu de s'ajouter entre eux.

La machine peut également servir pour les additions, soustractions, progressions, comptes d'intérêt, etc.

Les racines carrées peuvent être obtenues d'une façon tout à fait automatique ; l'opérateur n'ayant pas même besoin de connaître le nombre inscrit sur la machine dont il cherche la racine. Enfin, la machine prévient par son arrêt lorsqu'on lui demande un calcul impossible.

L'étendue des résultats permet de faire toutes les opérations de la pratique, puisque l'on peut avoir vingt chiffres au produit, et, réciproquement, diviser un nombre de vingt chiffres par un nombre de dix chiffres, et ceci s'obtient dans la trentième partie du temps nécessaire à un habile calculateur.

Quant à la construction, elle est étudiée pour produire une machine d'une grande solidité, dont les combinaisons déterminent absolument les courses et rotations des divers organes, tous apparents et d'un entretien facile.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Machine à calculer. Modèle de 1892.

Dans le modèle 1892, qui a obtenu, à l'Exposition de Tours, un diplôme hors concours, on a supprimé les quelques défauts remarqués dans le modèle 1889.

Le manipulateur M porte actuellement deux numérations au lieu d'une et, par conséquent, change d'ordre d'unités à chaque demi-tour, ce qui rend la manipulation plus facile. Les poignées de remise à zéro E et E' sont munies de secteurs dentés qui les rendent plus douces (fig. 6, 7 et 8).

Un système général d'enrayage, trop compliqué pour pouvoir être expliqué ici, fait que la machine refuse absolument de faire un calcul impossible ou faux, même si l'opérateur le cherche. Il est également impossible de faire une fausse manœuvre, l'appareil d'enrayage ne permettant de procéder que méthodiquement, tout en laissant entière latitude pour effectuer tous les calculs qui ne sont pas contraires à la théorie. Enfin, une disposition spéciale I, T, N, R, S permet d'employer un curieux procédé d'extraction de racine carrée décrit plus loin.

Mode de fonctionnement.

Addition. — On place le levier I au signe + et le manipulateur M au cran 1; avec les boutons du calculateur on forme ensuite chacun des nombres à additionner, en ayant soin de tourner une fois la manivelle de commande P après la pose de chacun de ces nombres.

Le total est visible sur les cadrans supérieurs.

Soustraction. — On place le plus grand nombre sur les cadrans supérieurs, puis on procède avec les nombres à soustraire comme si on voulait les additionner, mais en ayant soin de placer avant le levier I au signe —.

La différence est écrite sur les cadrans supérieurs.

Multiplication. — On place le levier I au signe +, puis on forme le multiplicande avec les boutons du calculateur, en observant de glisser le curseur V en regard du bouton figurant les unités. On arrête successivement la manivelle M du manipulateur dans les crans correspondants à chacun des chiffres du multiplicateur, en changeant chaque fois de numération.

Après chaque arrêt, on fait faire un tour à la manivelle de commande P. Le multiplicateur est recopié sur les cadrans inférieurs. On glisse les unités u du ruban virgule p en regard des unités du nombre ainsi reproduit, et il ne reste plus qu'à lire le résultat de la multiplication sur les cadrans supérieurs suivant les indications du ruban.

Division. — On place le levier I au signe —, on pose le dividende sur les cadrans supérieurs, et on forme le diviseur avec les boutons du calculateur, puis l'on procède par un des deux moyens suivants :

1° *Procédé direct.* — Un petit abaque indique, à simple lecture, quel est le premier chiffre du quotient. On pose ce chiffre sur le manipulateur M, et on tourne une fois la manivelle de commande; les cadrans supérieurs portent alors le premier reste, et les cadrans inférieurs le premier chiffre du quotient. On regarde sur l'abaque quel est le deuxième chiffre du quotient, et on procède avec lui comme avec le premier, et ainsi de suite, jusqu'à ce que le quotient ait le nombre de chiffres voulu. Le dernier reste

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

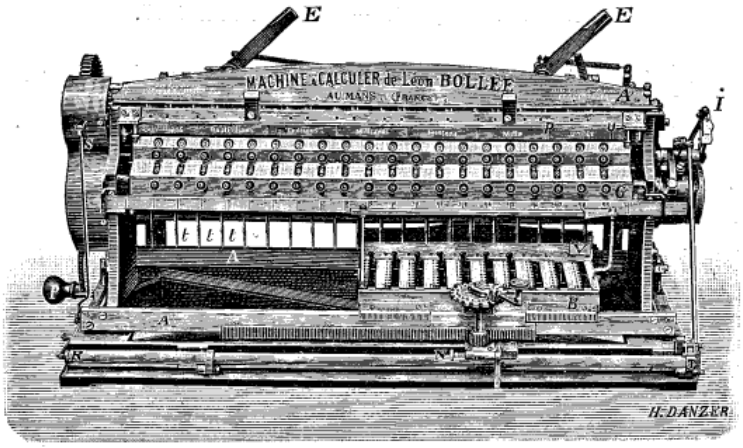


Fig. 6. — Machine à calculer modèle de 1892. Vue de face.

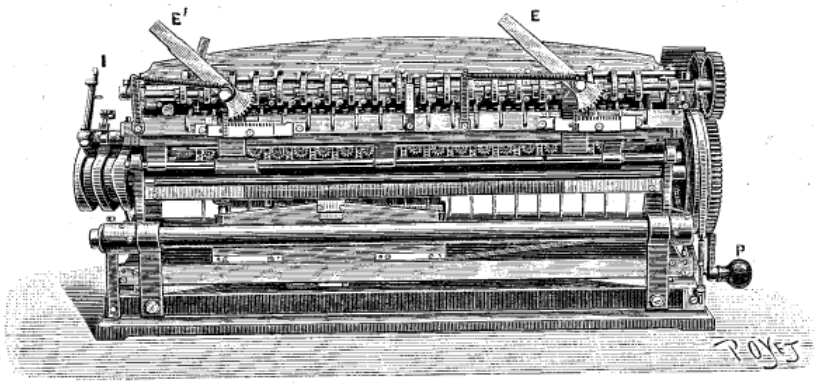


Fig. 7. — Machine à calculer modèle de 1892. Vue d'arrière.

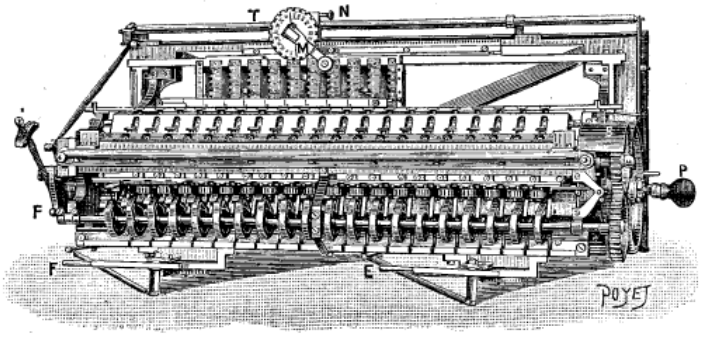


Fig. 8. — Machine à calculer modèle de 1892. Plan.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

est visible sur les cadrans supérieurs, et le quotient sur ceux inférieurs. Si, au commencement de l'opération, on a eu soin de placer convenablement la virgule au dividende et au diviseur, elle l'est également au quotient, sans avoir eu besoin de s'en occuper.

2° *Procédé automatique.* — On accroche le petit verrou N, puis on place le calculateur tout à gauche, le manipulateur au cran 1, puis on tourne la commande jusqu'au refus (5 tours en moyenne). On reporte alors le calculateur vers la droite, en plaçant le manipulateur à l'autre cran 1 du cadran, et on tourne encore jusqu'au refus, et ainsi de suite jusqu'à la fin.

Mêmes remarques que pour le premier procédé pour la lecture du quotient, du reste et de la place de la virgule.

Racine carrée. — On pose le nombre dont on cherche la racine sur les cadrans supérieurs, en plaçant convenablement le ruban virgule qui divise le nombre en tranches de deux chiffres, puis on procède par un des deux moyens suivants :

1° *Procédé direct.* — Un petit abaque détermine, à simple lecture, les deux premiers chiffres de la racine, que l'on écrit avec les boutons de gauche du calculateur, et que l'on recopie ensuite sur le manipulateur, en tournant une fois la manivelle de commande P pour chacun d'eux. On a alors, sur les cadrans supérieurs, un premier reste; on lit sur l'abaque le 3e chiffre de la racine, on l'écrit sur le manipulateur, on tourne une fois la manivelle de commande, puis on le pose également sur le 3e bouton de gauche du calculateur; on tourne une deuxième fois la commande. On a ainsi retranché deux fois le produit des deux premiers chiffres par le 3e, puis le produit du 3e par lui-même. Ce qui est conforme à la théorie, on obtient donc bien le deuxième reste. On lit sur l'abaque le 4e chiffre, et on procède avec lui comme avec le 3e, et ainsi de suite, jusqu'à ce que la racine ait le nombre de chiffres voulu.

Le reste est visible sur les cadrans supérieurs et la racine sur les boutons du calculateur.

2° *Procédé automatique.* — On accroche le petit verrou N, on place le calculateur tout à gauche, le manipulateur au cran 2, puis on tourne la commande jusqu'au refus (5 tours en moyenne) en ayant soin d'avancer le premier bouton de gauche du calculateur d'un cran après chaque tour. On reporte ensuite le calculateur vers la droite en plaçant le manipulateur à l'autre cran 2, puis on tourne encore jusqu'au refus, en procédant avec le deuxième bouton du calculateur comme avec le premier, et ainsi de suite jusqu'à la fin. On lit les résultats comme dans le précédent moyen.

Progressions arithmétiques. — Les progressions arithmétiques croissantes ou décroissantes se font absolument comme les additions ou les soustractions, mais avec ce grand avantage que le nombre posé sur le calculateur, et qui figure la raison, n'a pas besoin d'être changé.

Progressions géométriques. — On procède comme pour les multiplications ou les divisions; mais, de même que pour les progressions arithmétiques, on n'a pas besoin de changer de place les boutons du calculateur qui figurent la raison.

Table des carrés des nombres. — La machine construit automatiquement une table de la suite des carrés des nombres, en se basant sur ce fait que la différence entre n^2 et $(n+1)^2$ est égale à $2n+1$.

Pour avoir la suite des carrés des nombres, il suffit donc de placer le manipulateur à 2; le premier bouton de droite à 5 (représentant $\frac{1}{2}$ par rapport au second qui figure les unités) et de tourner la manivelle de commande en augmentant chaque fois de 1 le nombre formé par les autres boutons de gauche.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La machine enregistre successivement :
$0+2(0+\frac{1}{2})=1$, $1+2(1+\frac{1}{2})=4$, $4+2(2+\frac{1}{2})=9$, $9+2(3+\frac{1}{2})=16$, $16+2(4+\frac{1}{2})=25$, etc.

Si, étant rendu au carré de n, par exemple, on veut passer sans faire les intermédiaires au carré de $n+7$, on emploie la formule $(n+7)^2=n^2+2n\times 7+7^2$.

Le carré de (n) étant déjà sur les cadrans, il suffit d'ajouter $2n\times 7+7^2$.

On met le manipulateur à 7 (le calculateur étant naturellement à n) et on tourne une fois la manivelle de commande, le produit est : $7n$.

On place le calculateur à $n+7$, tout en laissant le manipulateur à 7, et on tourne une seconde fois, on ajoute donc encore $(n+7)\times 7=7n+7^2$, soit au total $2n\times 7+7^2$ qui, ajouté à n^2, donne $n^2+2n\times 7+7^2=(n+7)^2$.

Ce procédé de construction des tables de carrés est très rapide, la propriété que possède la machine de calculer la suite des carrés des nombres est employée pour l'extraction automatique de la racine carrée.

Théorie de l'extraction automatique de la racine carrée. — On avait toujours supposé que cette opération ne pouvait se faire mécaniquement sans le secours intellectuel de l'opérateur, soit que celui-ci indique à la machine le nouveau chiffre de la racine qu'il détermine mentalement ou avec un abaque, soit que, procédant par tâtonnements, il estime que le reste est suffisant ou non pour pouvoir augmenter d'une unité la racine déjà trouvée. Ce second procédé, le seul pouvant être employé avec les anciennes machines (arithmomètres), est très long, car il exige d'arrêter la machine à chaque tour, afin d'observer si le reste est encore égal au double de la racine plus un; il nécessite aussi une attention soutenue.

Le problème de l'automatisme absolu est résolu au moyen d'un petit appareil (I, T, N, R, S).

En poussant le verrou N vers la droite, on rend le levier I dépendant de la manivelle du manipulateur, de façon que, lorsque cette manivelle du manipulateur est à 2 (numération de droite), le levier I est au signe (—), et lorsque la manivelle est à l'opposé, c'est-à-dire à 2 (numération de gauche), le levier I est au signe (+). De cette disposition, il résulte que, chaque fois que le calculateur change d'ordre d'unités par rapport au récepteur, le levier I vient alternativement aux signes $-+-++-+-+-+$, etc.

En dehors de cet appareil, le système d'enrayage de la commande est arrangé de façon à arrêter la machine lorsque le nombre placé sur les cadrans supérieurs passe, de plus grand ou égal à zéro à plus petit que zéro, et réciproquement. A chaque fois que le levier I passe de + à — ou de — à +, il décroche la manivelle de commande par l'intermédiaire des tiges (T, R, S).

Voici maintenant ce qui se produit dans le fonctionnement : soit à extraire la racine de : 3 337 929, qui est le carré de 1 827 :

On pose 3 337 929 sur les cadrans supérieurs, et on met la manivelle du manipulateur dans le cran 2 de la numération de droite; le levier I se trouve ainsi placé de lui-même au signe (—), comme on l'a expliqué plus haut. On dispose alors le quatrième bouton de droite du calculateur (le nombre ayant quatre tranches de deux chiffres) de façon à déterminer et retrancher la suite des carrés des nombres, puis on tourne la commande. La machine retranche successivement, *d'elle-même*, les carrés de zéro mille; de un mille, de deux mille; mais, arrivé là, le reste étant devenu plus petit que zéro, la machine refuse de continuer.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On change d'ordre d'unité, en rapportant le manipulateur au 2 de l'autre numération, ce qui décroche la commande et fait passer le levier I de (—) à (+). On fait agir le 2e bouton du calculateur, et on tourne la commande. Le sens de marche étant renversé, le carré de deux mille, retranché, ne devient plus que le carré de 1 900, puis de 1 800; à ce moment, le reste repassant de plus petit à plus grand que zéro, la marche s'arrête.

On reporte le manipulateur au 2 de l'autre numération, la manivelle se décroche, le levier I vient à +; le 3e bouton entre en fonction, et le carré de 1 800, déjà retranché, augmente et devient celui de 1 810, puis de 1 820 et de 1 830; le reste devient plus petit que zéro, la marche s'arrête encore.

On reporte enfin le manipulateur à l'autre 2, toute la marche se renverse comme on l'a dit plus haut; ce dernier bouton du calculateur commence à agir et le carré de 1 830, retranché, ne devient plus que celui de 1 829, 1 828 et de 1 827; à ce moment, le reste devient égal à zéro, et la machine refuse d'aller plus loin :

La racine exacte du nombre proposé est 1 827, figurée par les quatre boutons de droite du calculateur.

Ce procédé d'extraction de la racine carrée est aussi rapide que simple; il a, de plus, l'avantage de n'exiger aucun travail personnel. Ce perfectionnement, appliqué pour la première fois à la machine exposée à Tours, a été considéré, par les personnes qui l'ont vu, comme une des parties les plus originales de l'invention.

D'après des essais suivis, la machine peut effectuer à l'heure, en marche normale, avec un opérateur habitué, une série de 100 divisions, 120 racines carrées ou 250 multiplications de l'étendue :

$$10.000.000.000.000.000.000 : 1.000.000.000 = 10.000.000.000$$

$$\sqrt{1.000.000.000.000.000.000} = 1.000.000.000$$

$$1.000.000.000 \times 10.000.000.000 = 10.000.000.000.000.000.000$$

Elle peut calculer 4 000 termes d'une progression arithmétique ayant une raison ne dépassant pas 10 milliards, et à peu près autant d'une table des carrés des nombres jusqu'à 100 quintillons.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MÉTALLURGIE

REVUE DES PROGRÈS DE LA MÉTALLURGIE DU FER,

Par **M. E. de Billy**, ingénieur des mines.

L'histoire de la métallurgie du fer, dans les deux dernières années, n'a été marquée par aucune découverte capitale : aucun principe nouveau dans les méthodes de fabrication, aucune innovation importante dans l'outillage ne sont venus donner à cette industrie une orientation nouvelle. Peut-être faut-il, comme l'indiquait au début de l'année l'*Engineering Review*, un des meilleurs organes de la presse technique anglaise, attribuer ce fait à la crise qui, pendant de si longs mois a sévi, notamment en Angleterre et aux États-Unis, sur l'industrie du fer et de l'acier, et qui était bien faite pour décourager les chefs d'industrie d'entreprendre des expériences coûteuses.

La seule tentative d'un caractère vraiment neuf qu'il y ait lieu de signaler dans cette Revue, — et qui d'ailleurs ne paraît pas avoir réussi — est un essai de traitement des minerais de fer par fusion électrique suivant un procédé qui a été breveté en Angleterre et en Allemagne par M. Taussig, au début de l'année 1894. L'inventeur se fait fort de produire actuellement la fonte à 48 fr. 25 avec du minerai à 12 francs, et de la produire à 5 francs, ou 7 fr. 50 moins cher, dans une grande usine qui disposerait de 1 000 chevaux de force. L'avenir permettra de juger de la valeur de ce nouveau procédé; mais, aux prix de revient annoncés par l'inventeur, il n'est pas probable que les maîtres de forges trouvent avantage à abattre leurs fourneaux et à les remplacer par des installations électriques qu'il serait difficile d'amortir aussi rapidement que cela serait nécessaire sur des bénéfices aussi élevés.

Quant aux *procédés directs* ayant pour but l'obtention du fer et de l'acier sans l'intermédiaire du haut fourneau, ils paraissent définitivement abandonnés sur le Continent. Aux États-Unis, des essais se poursuivent encore, et deux méthodes de traitement, le procédé Adams-Blair, et le procédé Eames, sont actuellement à l'étude; l'un d'eux est même en application dans deux usines de la Pensylvanie. Le premier de ces procédés consiste à traiter le minerai par des gaz réducteurs dans une sorte de cuve, d'où l'éponge ferreuse tombe sur la sole d'un four Martin; l'autre consiste à réduire au réverbère le minerai mélangé de poussier de coke, à cingler les loupes ainsi produites, et à traiter au four Martin les massiaux provenant de cette opération. La richesse des minerais du lac Supérieur permet seule de poursuivre avec quelque chance de succès ces fabrications, qui ne paraissent pas destinées à se développer beaucoup, et qui d'ailleurs ne permettent pas de supprimer entièrement le haut fourneau, puisque, au four Martin, les éponges du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

procédé Adams Blair et les massiaux du procédé Eames ne jouent que le rôle ordinaire des massiaux ou des riblons, et nécessitent un bain de fonte.

Si les dernières années n'ont pas vu éclore, au point de vue technique, — le seul qui soit à considérer ici, — de découvertes fondamentales, l'industrie du fer et de l'acier n'en a pas moins progressé notablement, par suite de nombreux perfectionnements, qui, bien que reposant presque tous sur des principes connus, n'en constituent pas moins des améliorations sensibles. En premier lieu, il y a à relever de grands progrès dans la *fabrication de la fonte;* en second lieu, la caractéristique de ces dernières années a été le développement de la *fabrication de l'acier sur sole*, notamment en Angleterre et en Amérique, développement qui a eu pour corollaire, grâce à divers perfectionnements, un abaissement considérable du prix de revient, de sorte que les profilés et les tôles d'acier se sont vu ouvrir de nouveaux et importants débouchés. Quelques chiffres suffiront à indiquer l'importance de ces progrès : il y a peu d'années, la production annuelle d'un four Martin n'était guère que de 5 000 tonnes en Angleterre : elle est aujourd'hui de plus du double ; et la Grande-Bretagne à elle seule a une capacité de production, en acier sur sole, de 3 millions de tonnes, capacité qui n'avait d'ailleurs pas encore été atteinte, à moitié près. Aux États-Unis, le développement n'a pas été moins rapide.

En ce qui concerne l'élaboration définitive des produits, certaines branches de la métallurgie sont, depuis quelques années, l'objet de travaux incessants et de perfectionnements rapides : en particulier, toutes les fabrications qui touchent à l'industrie des armements, et, d'autre part, la fonderie d'acier, qui, encore en enfance il y a dix ans, est aujourd'hui en plein développement, et fournit annuellement, aux États-Unis, pour ne citer qu'un exemple, plus de 150 000 tonnes de produits finis.

Enfin, la recherche d'alliages nouveaux, présentant les qualités diverses et souvent peu conciliables que réclament le génie militaire et le génie civil, a donné lieu, dans les laboratoires et dans les usines, à des études intéressantes et fécondes.

Pour passer en revue les progrès réalisés dans ces diverses fabrications, je suivrai l'ordre logique de l'élaboration des produits ; et, partant du minerai pour arriver aux produits finis, j'indiquerai les principaux perfectionnements apportés dans les deux dernières années aux diverses opérations qui constituent les étapes de cette progressive transformation.

Traitement préalable des minerais. — Les progrès réalisés dans le *grillage des minerais carbonatés* ont fait l'objet d'une récente communication de M. Jordan à la Société des Ingénieurs civils (1).

(1) *Bull. de la Soc. des Ingénieurs civils*, février 1895, p. 203. *Revue universelle des Mines et de la Métallurgie*, juillet 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les consommations de 30 à 40 kilos de combustible par 1 000 kilos de minerai cru, relevées dans le Cleveland et en Westphalie, où l'on passe directement le combustible dans les fours, et qui ne sont guère inférieures dans les Alpes et dans les Pyrénées, où l'on pratique généralement une gazéification préalable, sont élevées si l'on considère qu'en regard des 130 calories absorbées par la décomposition du carbonate en acide carbonique et protoxyde de fer, la suroxydation de ce protoxyde à l'état de Fe^2O^3 dégage 238 calories : de sorte, qu'une fois amorcée, cette réaction devrait se poursuivre d'elle-même en dégageant de la chaleur. La présence, dans le minerai et dans le combustible, de cendres, de gangue et d'humidité peut à la vérité influer considérablement sur les quantités de chaleur mises en jeu ; mais, même avec ce correctif, la consommation de 30 à 40 kilos de combustible par tonne, produisant environ 250 calories par kilogramme de minerai traité, ne paraît pas justifiée.

De fait, on est parvenu à la réduire à moins de 4 kilos par tonne — exactement à $3^{kil},840$ par 1 000 kilos de minerai cru pour la moyenne de l'année 1894 — dans un four construit il y a 3 ans à Bilbao. C'est un four à peu près cylindrique, de $9^m,50$ de hauteur et 4 mètres de diamètre, où l'on passe en 24 heures 85 à 86 tonnes de minerai cru, dégageant 60 tonnes de minerai grillé. Le combustible employé est de la houille.

Cet appareil réalise, d'après M. Jordan, les conditions suivantes : la zone de décarbonatation occupe la partie supérieure de la cuve, où l'atmosphère est sensiblement neutre ; les charges y descendent d'une manière égale et régulière ; et le minerai a entièrement perdu tout son acide carbonique lorsqu'il parvient dans la zone de combustion. Au-dessous de cette dernière zone, est l'étage de suroxydation : il ne s'y trouve plus de combustible, les cendres seules continuant à descendre avec le minerai grillé ; grâce à l'afflux de l'air, arrivant par toute la section de la cuve, l'atmosphère y est oxydante. L'air arrive donc par le bas du four, s'échauffe, en s'élevant, partie aux dépens de la chaleur de la charge, partie aux dépens de la chaleur dégagée par la suroxydation du minerai, et perd une fraction de son oxygène, le reste ne disparaissant que dans la zone de combustion. A condition d'assurer, par une disposition convenable du four, une séparation suffisamment nette des trois zones, et de régler l'arrivée de l'air, on obtient au défournement un minerai presque froid, entièrement suroxydé et suffisamment consistant, en réalisant une économie des 9/10 sur la consommation usuelle de combustible. Si l'on remarque que les frais de grillage s'élèvent, dans le Cleveland, à 0 fr. 60 par tonne de minerai grillé, dont près de 0 fr. 50 pour le combustible, et que le prix du charbon consommé dans cette opération entre par conséquent pour plus de 1 franc dans le prix de revient de la tonne de fonte, on voit qu'une économie des 9/10 constituerait un très sérieux avantage. L'exemple de Bilbao montre qu'elle ne serait pas difficile à réaliser.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le haut fourneau. — C'est principalement en Allemagne qu'ont été réalisés, avec beaucoup de suite et de méthode, dans la fabrication de la fonte des perfectionnements successifs qui ont permis d'abaisser le prix de revient, et d'accroître la production annuelle, en dix ans, de 47 p. 100, malgré l'augmentation des salaires et l'accroissement des charges de l'industrie. L'exposé des progrès accomplis dans cette période a été fait d'une manière fort intéressante par M. Van Vloten, de Hœrde, à l'assemblée générale de l'Association des maîtres de forges allemands (1). Les principes qui ont présidé à la réalisation de ces progrès sont précisément ceux qui, appliqués aux États-Unis depuis 1880, dans la mesure plus large que comportait la nature des cokes et des minerais américains, ont donné à l'industrie de la fonte, dans ce pays, un si remarquable essor : la dimension des hauts fourneaux a été augmentée ; la hauteur a été poussée jusqu'à 20 ou 22 mètres, et la capacité jusqu'à 400 mètres cubes ; le profil a été rendu plus élancé et la cuve assez inclinée pour assurer une bonne descente des charges ; les étalages ont été construits avec une pente de 72 à 76° au lieu des anciennes pentes de 67 à 70° ; de cette manière, l'ouvrage a été élargi, et, tandis que, pour des diamètres de 6 mètres au ventre, le diamètre de 2 mètres au creuset semblait autrefois un maximum, aujourd'hui, on n'hésite pas à dépasser 3 mètres. Cette transformation comportait un double corollaire : augmentation de production et élévation de la pression du vent. Avec 20 mètres de hauteur et 6 mètres de diamètre au ventre, en employant des minerais analogues à nos minerais de Meurthe-et-Moselle, on produit aujourd'hui 80 à 100 tonnes de fonte grise de moulage et 100 à 160 tonnes de fonte blanche, avec du vent soufflé à une température de 700 à 800° et sous une pression élevée, alors que dernièrement, dans le district des Minettes, on ne marchait guère à plus de 125 millimètres de mercure. D'autre part, afin de mieux régler l'allure, on tend de plus en plus à adopter la pratique américaine, qui consiste à donner à chaque fourneau sa machine et sa conduite de vent indépendantes.

En France, on paraît vouloir s'engager également dans cette voie, et adopter les mêmes principes ; mais les progrès sont plus timides. Cependant, il existe en Meurthe-et-Moselle, depuis quelques années, des fourneaux de 20 à 24 mètres de hauteur, ayant plus de 6 mètres de diamètre de ventre et plus de 3 mètres au creuset, et capables de produire, par 24 heures, 150 tonnes de fonte Thomas ; et les nouveaux fourneaux en construction ont tous été conçus sur les mêmes principes.

Après les discussions qui ont suivi les études de M. Grüner sur le profil des hauts fourneaux, il semblait que cette question fût résolue à peu près définitivement, et les maîtres de forges paraissaient d'accord sur les principales caractéristiques du profil, sous réserve de variantes relativement peu importantes, dépen-

(1) Voy. *Circ. com. des Forges*, n° 954, 10 avril 1894 ; et *Revue Universelle des Mines et de la Métallurgie*, mars 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dant de la nature du coke et du minerai. Ce n'est donc pas une médiocre surprise qu'a provoquée la publication des résultats obtenus à l'usine de Newport, dans le Cleveland (Angleterre) avec un type de haut fourneau entièrement nouveau, imaginé et réalisé par MM. Hawdon et Howson.

M. Hawdon, dans l'intéressant mémoire qu'il a publié sur ce sujet (1), se réclame des principes établis par M. Grüner et sir L. Bell. La nécessité de concentrer la température de fusion dans une zone relativement étroite au bas du fourneau, de réaliser une réduction aussi complète que possible dans les zones froides et d'absorber toute la chaleur des gaz, a nécessité, dit en substance ce mémoire, les grandes capacités des fourneaux modernes, qui ont reçu, dans le Cleveland, jusqu'à 1 000 mètres cubes, et dont peu ont aujourd'hui moins de 600 mètres cubes. Pour réaliser ces grands volumes, les étalages sont nécessaires; ils sont nécessaires aussi pour soutenir le poids de la charge et l'empêcher de peser sur le creuset au point de s'opposer au passage des gaz; mais ils ont un double inconvénient par la zone inutile qui se forme à leur angle supérieur — zone où les gaz ne pénètrent pas, et où la température reste basse — et par les accrochages qui risquent de s'y former. On a remédié à ces inconvénients de diverses manières : en élargissant le creuset et en rendant les étalages plus raides, de manière à leur donner une pente de 70 à 80°, qui corresponde au talus naturel des matières pâteuses qu'ils renferment, et en abaissant le ventre. Mais cette zone n'en demeure pas moins l'une des plus critiques du haut fourneau, d'autant que les constructeurs, limités dans la hauteur, doivent, pour donner au fourneau la capacité nécessaire, lui assigner un diamètre qui a toujours pour conséquence une trop grande hauteur d'étalages.

MM. Hawdon et Howson ont donc construit un haut fourneau à large creuset (3m,30 de diamètre), à étalages raides, peu hauts et surmontés d'une cuve droite; celle-ci se termine, au voisinage du gueulard, par un épanouissement (*shoulder*) ou deuxième zone d'étalages, qui donne au fourneau le volume nécessaire pour une bonne marche.

Par ce moyen, disent les inventeurs, la charge est mieux supportée par les parois, et il y a moins de dangers d'accrochages aux étalages inférieurs; d'autre part, la charge a une descente ralentie dans la zone supérieure, région froide où se poursuit en majeure partie la réduction, et circule au contraire plus rapidement dans la zone chaude, où le coke risque de réagir sur l'acide carbonique produit par la réduction.

Les résultats obtenus avec ce profil ont été très satisfaisants : la figure ci-contre (fig. 1) indique les profils du nouveau fourneau (en traits pleins) et de l'ancien fourneau (en traits pointillés) auquel il a été substitué. Le nouveau

(1) *Journal of the Iron and Steel Institute*, vol. I, 1894, p. 78.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fourneau a 650 mètres cubes, et 3m,30 de diamètre au creuset; marchant avec du vent à 760° C., sous une pression de 30 cm. de mercure, il produisait 680 tonnes de fonte de moulage n° 3 par semaine, en consommant, par tonne de fonte, 2360 kilos de minerai grillé du Cleveland et une proportion de coke renfermant 832 kilos de carbone fixe (1); tandis que l'ancien fourneau, marchant avec du vent à 680° C., en fonte de numéro plus élevé, c'est-à-dire moins riche en graphite, produisait 458 tonnes par semaine, en consommant, par tonne de fonte, 2335 kilos de minerai grillé et 975 kilos de carbone fixe dans le coke.

Ces résultats se sont maintenus; en octobre 1894, nous avons été informé, grâce à l'obligeance de M. Pourcel, que le fourneau de Newport, marchant en moulage n° 3 avec du Cleveland grillé, produisait 800 tonnes par semaine, en consommant par tonne 1025 kilos de coke à 11 p. 100 de cendres, et, qu'en fonte d'hématite, il produisait 1100 tonnes par semaine, en consommant 840 kilos de coke. Rappelons que les anciens fourneaux de Middlesborough, de 325 mètres cubes de capacité, marchant en moulage, produisaient, avec du vent à 700° C., 80 tonnes par 24 heures, en consommant 1094 kilos de coke par tonne de fonte.

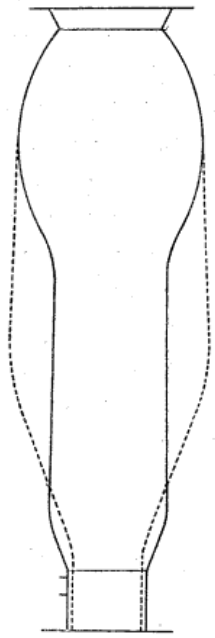


Fig. 1. — Fourneau Hawdon et Howson.

Le point délicat, pour le fourneau Hawdon et Howson, a été de déterminer la forme et la dimension de l'épaulement supérieur : la pente doit en être inférieure à celle des étalages proprement dits; d'autre part, la charge que supportent ces étalages secondaires ne doit pas être trop forte, si l'on veut éviter les accrochages : l'expérience a démontré qu'une hauteur de 6 mètres correspondait à peu près au maximum.

La question de la conservation du profil, essentielle au point de vue de la régularité de la marche et de la bonne fabrication, a dernièrement été l'objet d'essais qui ont abouti à des perfectionnements réels. Pour résister aux corrosions des laitiers ultra-calcaires, on connaît depuis longtemps le remède qui consiste à revêtir intérieurement de graphite le creuset et même les étalages du haut fourneau, et, à ce propos, il convient de rappeler une application récente, et fort heureuse, faite, de ce principe, aux usines d'Edgar Thomson en Pensylvanie. Mais, lorsqu'il s'agit de laitiers ferreux, comme ceux qui résultent de la fabrication de la fonte blanche, aucun revêtement ne résiste aux corrosions, et seul le refroidissement extérieur réussit à protéger la maçonnerie contre la destruction. A mesure que

1. Ce coke tenait 11 p. 100 de cendres et 83 p. 100 de carbone fixe.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'allure des fourneaux s'accélère, il devient de plus en plus difficile d'assurer par ce moyen une protection suffisante : ce qui explique que les efforts des inventeurs se soient, dans ces derniers temps, appliqués à ce problème avec plus d'ardeur que par le passé.

Le problème est double : car il s'agit à la fois de maintenir le profil et d'arrêter les corrosions à une distance de la paroi extérieure suffisante pour que le mur puisse résister à la pression de la charge et des assises supérieures de la construction.

On connaît la solution, depuis longtemps adoptée en Amérique, qui consiste à entourer le creuset de plaques de fonte à circulation d'eau, et à loger dans la maçonnerie des étalages plusieurs assises de refroidisseurs en fonte à circulation d'eau. Ce dispositif a l'inconvénient de ne pas suffisamment assurer la conservation du profil : la paroi se rongeant entre les refroidisseurs. On a donc eu l'idée, aux *Franklin Ironworks*, d'entourer les étalages, jusqu'au raccordement avec la cuve, de plaques de fonte de 10 centimètres d'épaisseur à circulation d'eau intérieure : le revêtement réfractaire ayant 75 centimètres d'épaisseur au creuset et 45 centimètres des tuyères à la marâtre. Ce dispositif, qui vient d'être décrit dans l'*American Manufacturer* (1), a donné d'excellents résultats : après une campagne de trois ans et demi, le blindage en fonte était en parfait état et prêt à servir de nouveau.

En France, on a imaginé une autre solution, qui consiste à entourer le creuset d'une cuirasse en briques d'acier moulé et recuit de 10 centimètres d'épaisseur, assemblées au moyen d'un dispositif particulier, avec joint en amiante, et simplement refroidies par arrosage extérieur. Ce système, qui a été décrit pour la première fois il y a trois ans (2), s'est depuis lors perfectionné et répandu.

En Allemagne on préfère en général le dispositif Lürmann, qui consiste à isoler la sole en l'appuyant sur des poutres en fer et à entourer le creuset, l'ouvrage et les étalages, d'enveloppes en tôle, refroidies par arrosage ; de plus, pour décharger l'ouvrage, les étalages sont suspendus à la marâtre (3).

En ce qui concerne la fabrication proprement dite, nous n'avons rien de nouveau à signaler. Par les perfectionnements apportés au refroidissement des parois et par la conservation du profil qui en est résultée, ainsi que par le soin plus grand apporté aux méthodes de chargement, on est arrivé à traiter couramment aux États-Unis, dans la région des minerais magnétiques, des menus concentrés à l'électricité et ayant passé aux mailles de $1^{mm},25$ à $1^{mm},8$ (4). Ce résultat pourrait, par les mêmes moyens, être obtenu ailleurs. — Sir L. Bell

(1) *American Manufacturer*, 15 mars 1895.
(2) *Bull. Soc. Ind. minérale*, Juin 1891.
(3) *R. U. loc. cit.*
(4) Journal de l' « *Engineers' Club* » de Philadelphie, 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

a repris (1) l'étude de l'emploi de la chaux, au lieu du carbonate, comme castine dans les hauts fourneaux. Les résultats de son étude théorique, confirmant ceux de l'expérience, sont : que l'emploi de la chaux peut être avantageux dans des fourneaux de moins de 15 mètres de hauteur, mais que, dans les appareils modernes, l'économie de coke réalisée par ce moyen dans le haut fourneau est plus que compensée par les frais de calcination du calcaire. — MM. Hawdon et Howson, qui avaient essayé, dans leur nouveau fourneau de Newport, l'emploi de la chaux, ont dû y renoncer au bout de quelques mois d'expérience.

Signalons encore le développement donné en Écosse à l'extraction des sous-produits des gaz des hauts fourneaux consommant de la houille crue. L'une des plus récentes installations établies dans ce but (2) est annexée à une batterie de quatre hauts fourneaux, aux « *Wishaw Ironworks* » et est capable de traiter près

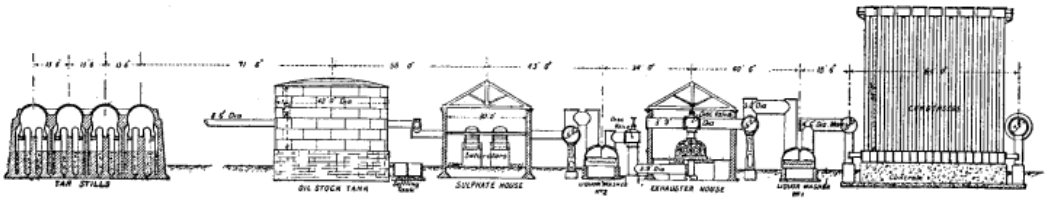


Fig. 2. — Ensemble de l'installation pour le traitement du gaz de hauts fourneaux aux Wishaw Ironworks

de 100 000 m. c. de gaz par heure, d'en extraire les goudrons, les huiles, et l'ammoniaque, transformée dans l'usine en sulfate. Les fig. 2, 3 et 4 représentent la disposition générale de cette installation et le détail de l'un des hauts fourneaux. Mais ce n'est pas là une nouveauté, au moins comme principe et comme méthode, et on peut même se demander comment les maîtres de forges écossais ont tardé si longtemps à appliquer un perfectionnement qui, réalisé pour la première fois il y a dix ans, par MM. Baird et C°, dans leurs usines de Gartsherrie, ne donne pas moins de 5 s. (6 fr. 25) de bénéfice additionnel par tonne de fonte produite, alors que l'Écosse produit annuellement plus d'un million de tonnes de fonte fabriquées à la houille crue (houilles sèches, à 41 p. 100 de matières volatiles). Les Anglais suivent cet exemple, et un atelier de traitement des sous-produits vient de se monter à Stoke-on-Trent, dans l'usine de MM. Heath and Sons.

La fabrication de la fonte au bois, toujours prospère en Amérique, dans les États encore couverts de forêts, est sans cesse en perfectionnement. Le plus récent fourneau au bois construit par la « *Cleveland Cliff Iron C°* » à Gladstone (Michigan) en 1894, a une hauteur de $19^{m},50$, et un diamètre de $3^{m},60$, et produit 125 tonnes de fonte par jour.

(1) *Journal of the Iron and Steel Institute*, 1894.

(2) *Engineering Review* du 20 déc. 94, p. 4 du *Supplément*. — *Engineering* du 5 avril 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Épuration de la fonte. — Le problème de l'épuration des fontes est toujours à l'ordre du jour, qu'il s'agisse d'utiliser, pour l'obtention des produits marchands, au Bessemer ou au four Martin, des fontes impures produites à bas prix, ou de préparer, pour la fabrication des produits spéciaux, une matière première d'une pureté exceptionnelle.

Depuis quinze ans, on sait épurer et utiliser les fontes phosphoreuses : les *procédés de désulfuration* sont d'invention plus récente. Parmi ceux qui sont

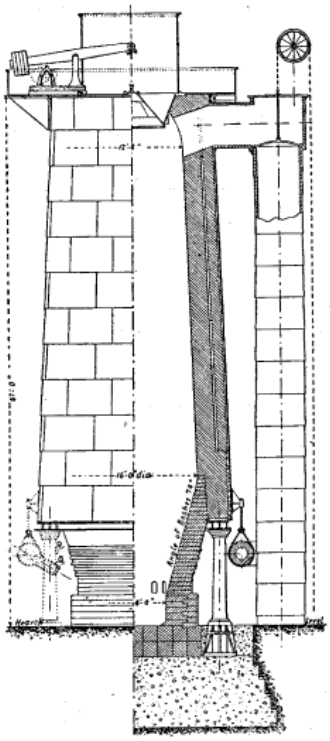


Fig. 3.

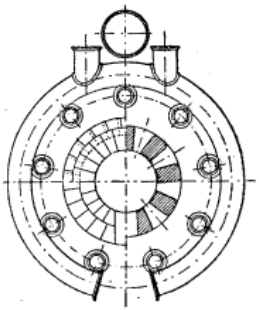


Fig. 4.

tout dernièrement entrés dans la pratique, les uns sont fondés sur l'emploi du manganèse, qui, incorporé dans le métal en fusion, se combine avec le soufre, et se sépare du bain par liquation, s'il est maintenu à l'état liquide pendant un temps suffisant; c'est sur ce principe qu'est fondé notamment le procédé Massenez et Hilgenstock, qui consiste à ajouter, à la fonte maintenue en fusion dans un four à revêtement basique où l'atmosphère est réductrice, du spiegel fondu, et à brasser avec un ringard; une variante de ce procédé est constituée par l'emploi des mélangeurs, sur lequel nous reviendrons dans un instant. D'autres procédés reposent sur la propriété qu'ont les scories basiques, lorsqu'elles sont suffisam-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment fluides et amenées en contact intime avec le métal, d'absorber le soufre sous forme de sulfures terreux ou alcalino-terreux, et de le séparer ainsi de la fonte ou de l'acier en fusion : de ce nombre, est le procédé Saniter, dont il est nécessaire de dire quelques mots dans cette Revue.

La découverte de ce procédé a été l'objet, de la part de son auteur, de deux communications à l'*Iron and Steel Institute* (1), suivies, l'une et l'autre, de longues et intéressantes discussions. On sait que la méthode d'épuration de *M. Saniter* consiste dans l'emploi du chlorure de calcium, qui, séché, pulvérisé et mélangé intimement soit à la chaux vive, ou soit à la chaux éteinte ou au carbonate de chaux, lorsqu'on se propose de désilicifier en même temps que de désulfurer, ou bien encore à la fluorine, donne un produit capable d'entrer rapidement en fusion sous l'influence de la fonte liquide et de se transformer alors en une scorie fluide, qui, en se mélangeant au bain, le débarrasse d'une forte proportion du soufre qu'il renferme. Comme application de ce principe, M. Saniter en proposait tout d'abord l'emploi pour l'épuration des fontes sulfureuses : à chaque coulée du haut fourneau, il recevait la fonte dans une poche de 10 à 12 tonnes de capacité, au fond de laquelle se trouvait le mélange de chlorure de calcium et de chaux vive à poids égaux, dans la proportion de 25 kilos de mélange par tonne de fonte, et il parvenait ainsi très régulièrement à abaisser la teneur en soufre de 0,25 à 0,074 p. 100, de 0,15 à 0,064, et de 0,08-0,1 p. 100, à 0,025-0,05 p. 100, avec un prix de revient de 0 fr. 60 par tonne de fonte, dont 0 fr. 40 de matières et 0 fr. 20 de main-d'œuvre (le chlorure de calcium marchand, tenant 30 p. 100 d'humidité, valait en Angleterre 50 francs la tonne). En second lieu, M. Saniter proposait l'application de son procédé à la fabrication de l'acier sur sole basique au moyen de fontes sulfureuses : à condition de charger 10 p. 100 de chaux avec la fonte et les riblons de manière à obtenir après fusion une scorie à 50-60 p. 100 de chaux, il suffisait d'ajouter, en plusieurs parties, 25 kilos de chlorure marchand par tonne de lingots à produire, pour obtenir une désulfuration très satisfaisante, avec un prix de revient de 1 fr. 25 par tonne : c'est par ce procédé que les aciéries de Wigan, avec de la fonte à 0,96 p. 100 de soufre, ont couramment obtenu de l'acier à 0,07 p. 100.

Nous nous bornons à rappeler brièvement ces résultats, qui avaient vivement frappé, lors de leur publication, tous ceux qui s'intéressent à la métallurgie de l'acier. Mais, au moment de la dernière communication de M. Saniter, les aciéries de Wigan, où il avait fait tous ses essais, n'avaient encore épuré que 5 000 tonnes de fonte sulfureuse directement au sortir du fourneau, et n'en avaient traité que 16 000 tonnes sur sole basique par le procédé dont il s'agit. Il n'est donc pas sans intérêt de signaler aux maîtres de forges français les renseignements que sont

1) *Journal of the Iron and Steel Institute*, vol. II, 1892; vol. I, 1893.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

venus donner, sur la pratique courante de ce procédé, les journaux techniques des premiers mois de cette année.

En 1894 il n'a pas été traité moins de 18 000 tonnes de métal par le procédé Saniter aux usines de Wigan (*Wigan Iron Works*) (1). Avec des fontes d'hématite, on parvenait à éliminer 60 p. 100 du soufre; avec de la fonte blanche, 70 p. 100, ainsi que 40 p. 100 du silicium; la désulfuration s'obtient aujourd'hui, disent les ingénieurs de cette usine, d'une manière très régulière et sûre, au prix de 0 fr. 60 par tonne, indiqué par M. Saniter dès le début. De même, MM. Dorman, Long et C° sont parvenus à faire régulièrement de l'acier très pur avec de la fonte blanche du Cleveland, au moyen du procédé Saniter. A la suite de ces divers résultats, des traités ont été conclus, au printemps 1894, entre M. Saniter et divers maîtres de forges de l'Allemagne et du grand-duché du Luxembourg, et notamment avec la maison Krupp.

D'autres procédés de désulfuration ont été soit imaginés, soit repris et soumis à de nouvelles expériences. C'est ainsi qu'on a essayé en 1893, dans une usine du pays de Galles du Sud, de souffler de la chaux en poudre par les tuyères d'un haut fourneau; et, qu'aux usines de l'*Ashbury Carriage C°*, à Manchester, le procédé Heaton, qui consiste à affiner les fontes et à les désulfurer au contact du nitrate de soude, a été remis en application; mais il n'a pas été publié sur ces essais de renseignements capables de servir d'indications utiles; il ne paraît d'ailleurs pas qu'il y ait grand'chose à en attendre.

Au contraire, les résultats récemment publiés permettent d'envisager avec confiance l'avenir du procédé Saniter. S'il tient ce qu'on paraît aujourd'hui en droit d'espérer de lui, il constituera un progrès notable, puisqu'il permettra d'éviter, pour les produits courants, au moyen d'un sacrifice de moins de un franc par tonne de fonte, les frais de l'allure chaude au haut fourneau, qui peuvent majorer le prix de revient de 4 à 5 francs, et même de 10 à 12 francs, dans le cas des fontes Thomas. Mais il est dès à présent certain que, pour les produits fins, le procédé Saniter sera toujours insuffisant, et qu'il n'arrivera pas à lutter avec le cubilot Rollet, qui permet d'obtenir, en partant de fontes d'hématite au coke, des produits supérieurs, comme pureté en soufre et en phosphore, aux meilleures fontes au bois.

Signalons, avant de quitter ce sujet, un article récent de M. de Vathaire (2), où se trouvent résumés, d'une manière fort intéressante, les principes de la désulfuration des fontes par les bases alcalino-terreuses : chaux, magnésie, ou baryte.

PUDDLAGE. — Dans un de ses numéros du début d'avril 1895, la *Revue industrielle de Charleroi* annonçait, qu'aux établissements Bonehill, à Hourpes, près

(1) *American Manufacturer*, 4 janvier 1895.
(2) *La Métallurgie*, 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

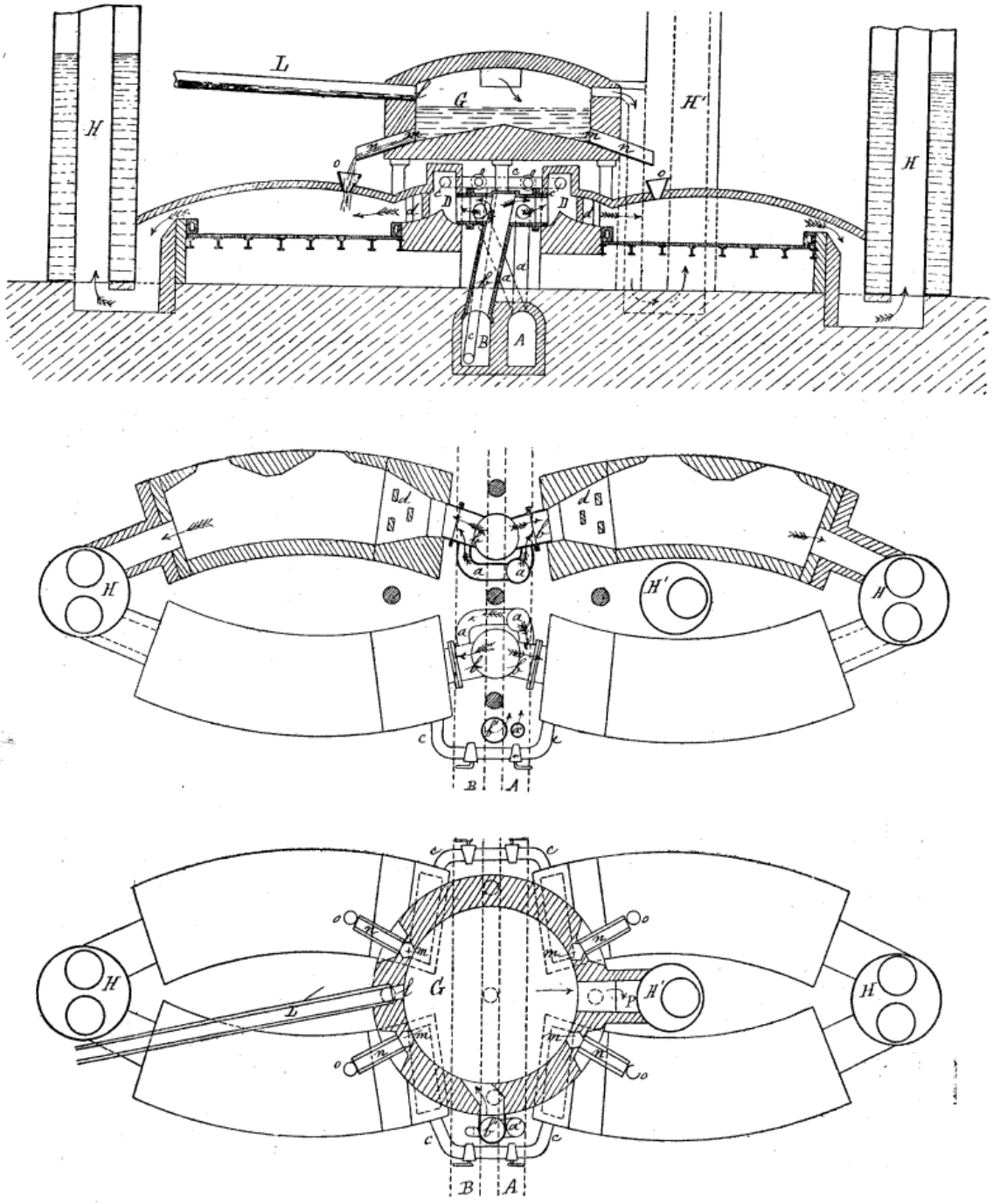


Fig. 5, 6 et 7. — Puddlage direct Bonehill. Coupe longitudinale médiane et coupes horizontales par les fours à puddler et par le réservoir de fonte G.

G, réservoir recevant par L *l* la fonte du haut fourneau, puis la distribuant par *m*, *n*, *o*, *a'* quatre fours à puddler. A et B, conduits amenant les gaz des hauts fourneaux et ceux d'un gazogène, par *a* et *b*, aux quatre fours à puddler, à l'entrée desquels ils se brûlent, mélangés par les chicanes *d* à l'air chaud amené en D par *cc*, H chaudières chauffées par les gaz des fours à puddler. *a b*, dérivation des gaz de A et de B au réservoir G, dont ils s'évacuent par P H'.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Charleroi, venait d'être créée une installation pour le puddlage direct de la fonte, qui avait donné des résultats surprenants (1). Au sortir du fourneau, la fonte coule dans un réservoir chauffé au gaz, d'une contenance de 30 tonnes environ, d'où elle est transvasée à l'aide d'une poche montée sur un petit chariot dans les fours à puddler du type Siemens à régénérateurs. Dans ces conditions, l'opération du puddlage durerait quarante à quarante-cinq minutes; un four à gaz, desservi par quatre hommes, produirait 5500 kilos de fer d'excellente qualité en 12 heures, avec une consommation totale de charbon de 1 000 kilos, soit 180 kilos par tonne de fer brut; enfin, le déchet ne serait que de 7 p. 100. En résumé, les conditions comparatives du puddlage par l'ancien et le nouveau procédé, indépendamment des frais de coulée, du transport et de la mise en tas des gueuses de fonte, seraient les suivantes :

	Puddlage ordinaire.	Puddlage direct.
Nombre d'ouvriers par four.	3	4
Production de fer brut par four et par poste de 12 heures.	3300 kil.	5500 kil.
Consommation de charbon par tonne de fer brut.	900 à 1000 kil.	180 kil.
Déchet	17 p. 100	7 p. 100

On voit, qu'en résumé, le nouveau procédé aurait pour résultat économique une réduction de 2 francs par 100 kilos sur le prix de revient du fer brut. Les

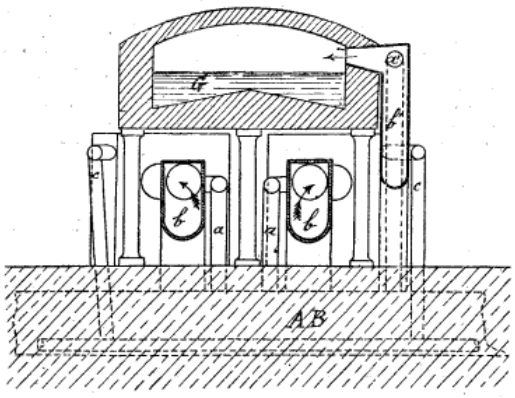


Fig. 8. — Pudlage direct Bonehill, coupe transversale par le réservoir G.

figures 5 à 8, extraites du brevet anglais de M. Bonehill (2), suffisent à donner une idée de la disposition qu'il a adoptée.

(1) *Circulaire du Comité des forges*, n° 955,13 avril 1895 et Engineering, 23 et 30 août 1893, p. 230 et 283.

(2) N° 6743, du 4 avril 1894.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La publication de ces documents a donné lieu à diverses controverses, et, notamment, en France, à une discussion par correspondance, dans le *Génie civil* (1), entre M. Bonehill et M. Pourcel. Les expériences de Hourpes ne paraissent pas conduites depuis un temps suffisant pour être concluantes, et il ne paraît pas possible d'accepter sans preuves les résultats publiés par M. Bonehill, qui, très vraisemblablement, s'exagère les avantages de sa nouvelle fabrication. Celle-ci renferme cependant deux éléments de progrès réels. En premier lieu, l'emploi du réservoir de fonte liquide, analogue aux mélangeurs qui tendent à se répandre dans les aciéries, doit présenter l'avantage d'économiser les frais de coulée et de transport des gueuses de fonte et les frais de fusion de la fonte au four à puddler, tout en assurant une plus grande régularité de fabrication, et en diminuant le déchet. En second lieu, l'emploi de fours à gaz pour le puddlage, qui a déjà été appliqué dans diverses usines, ne paraît pas devoir donner d'économie sensible; mais, grâce à la plus haute température réalisable au moment du ballage, il permet de mieux éliminer la scorie, partant d'obtenir des produits plus purs. Il n'est donc pas impossible que la fabrication de M. Bonehill, si elle est appliquée d'une manière parfaitement régulière, ne réalise, bien qu'à un degré moindre qu'on ne l'a annoncé, les deux avantages suivants : amélioration des produits et économie, due en partie à l'augmentation de rendement des appareils.

Procédé Bessemer. — L'une des caractéristiques de la fabrication Bessemer actuelle est l'application croissante du travail en première fusion, favorisé par l'emploi, de plus en plus répandu, des *mélangeurs de fonte*. Ces appareils, imaginés par M. W. R. Jones et appliqués pour la première fois sur une grande échelle aux usines d'Edgar Thomson, près de Pittsburgh (Pensylvanie), ont été, depuis cinq ans, l'objet de diverses communications intéressantes. La première, à notre connaissance, se trouve dans le *Journal of the Iron and Steel Institute* de 1890 (2). Tandis que, dans la pratique habituelle de marche en première fusion, il faut, si l'on veut avoir une fabrication régulière, alimenter la poche de fonte à deux ou plusieurs fourneaux, et, par conséquent, effectuer à chacun de ces appareils une coulée à chaque opération Bessemer, l'emploi des mélangeurs, constitués par des cornues à revêtement réfractaire renfermant 70 à 120 tonnes de fonte liquide, où l'on verse les poches venant des fourneaux et où l'on vient remplir celles qui vont au Bessemer, a, en premier lieu, l'avantage de rendre la marche des fourneaux indépendante de celle des convertisseurs. La fabrication de l'acier est, d'autre part, rendue infiniment plus régulière, et l'avantage de cette régularité compense largement les frais d'entretien des mélangeurs et ceux de manutention de la fonte, qui ne dépassent jamais 0 fr. 20 c. par tonne. Le seul

(1) *Génie civil*, t. XXVII, 18 mai et 1er juin 1895.
(2) *Journal of the Iron and Steel Institute*, vol. II, 1890, p. 146; Spécial Volume, 1890, p. 243.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

inconvénient de ces appareils est d'abaisser un peu la température de la fonte; aussi, à Edgar Thomson, où l'on marche en allure très froide, et où l'on passe couramment au convertisseur des fontes à 0,8 p. 100 de silicium, emploie-t-on des fontes à 1,1 p. 100 lorsqu'on se sert des mélangeurs; il se produit d'ailleurs dans ces appareils une légère désilicification.

L'emploi des mélangeurs n'a pas seulement l'avantage de rendre la fabrication plus régulière : il peut se combiner avec un procédé de désulfuration par le manganèse. Des essais dans ce sens ont été effectués avec succès, depuis plusieurs années, aux usines de Barrow-in-Furness, appartenant à MM. Bell (1). M. Joseph Massenez, qui applique ce procédé d'une manière courante à Hœrde, en a fait l'objet d'une communication des plus intéressantes à l'*Iron and Steel Institute* (2). L'action désulfurante du manganèse est depuis longtemps connue; mais cette réaction exige du temps, et, dans le haut fourneau, même avec des teneurs relativement élevées en manganèse, il est souvent impossible d'obtenir une désulfuration suffisante, à moins de forcer la proportion de castine et de coke au grand détriment du prix de revient. Avec des cokes tenant 1,8 p. 100 de soufre, on obtient fréquemment des fontes Thomas tenant de 0,15 à 0,30 p. 100 de soufre, et au delà. Il suffit de laisser reposer ce métal dans le mélangeur pour que le sulfure de manganèse se forme et se liquate, se séparant du bain sous forme d'une scorie qui s'oxyde partiellement à l'air : ainsi, à Hœrde, avec des fontes tenant, au sortir du haut fourneau, 1,75 p. 100 de manganèse en moyenne et 0,06 à 0,20 p. 100 de soufre, on obtenait, dans le mélangeur, une élimination moyenne de 45 p. 100 du soufre, et la fonte versée dans la cornue Thomas, tenant 0,05 à 0,09 de S et 1,5 p. 100 de Mn, était propre à la fabrication d'excellent acier. — Il suffit de 20 minutes pour que la réaction s'accomplisse, et, lorsqu'on opère avec des poches de 10 à 11 tonnes, un mélangeur de 100 tonnes suffit à assurer une homogénéité satisfaisante et une bonne désulfuration (3). Au besoin, s'il était nécessaire, on pourrait ajouter dans le mélangeur un peu de ferro-manganèse fondu.

L'emploi de ces appareils se propage rapidement dans tous les pays producteurs d'acier. J'ai déjà cité les grandes aciéries de Edgar Thomson et de Hœrde, travaillant l'une en marche acide et l'autre en marche basique. Jœuf emploie également les mélangeurs d'une manière courante, et c'est en grande partie à ce dispositif qu'est due l'excellente fabrication de cette usine. Enfin, à la dernière réunion de l'*Iron and Steel Institute* (4), M. A. Cooper a rendu compte des résultats obtenus avec cet appareil, depuis 1893, aux usines de la *North-*

(1) *Journal of the Iron and Steel Institute*, vol. II, 1891, p. 83.
(2) *Ibid.*, p. 76.
(3) Voir aussi TUNNER, *Œsterreichische Zeitschrift für Berg u. Hüttenwesen*, 1891, n° 19.
(4) *Journal of the Iron and Steel Institute*, mai 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Eastern Steel Company, à Middlesborough, où toute la fonte destinée aux convertisseurs basiques, soit 2000 tonnes de fonte de première fusion et 1 800 à 2 000 tonnes de fonte de deuxième fusion par semaine, est passée dans deux mélangeurs, de 150 tonnes chacun, avant d'être reprise par les poches qui la conduisent à l'aciérie; on obtient une désulfuration très satisfaisante, à condition

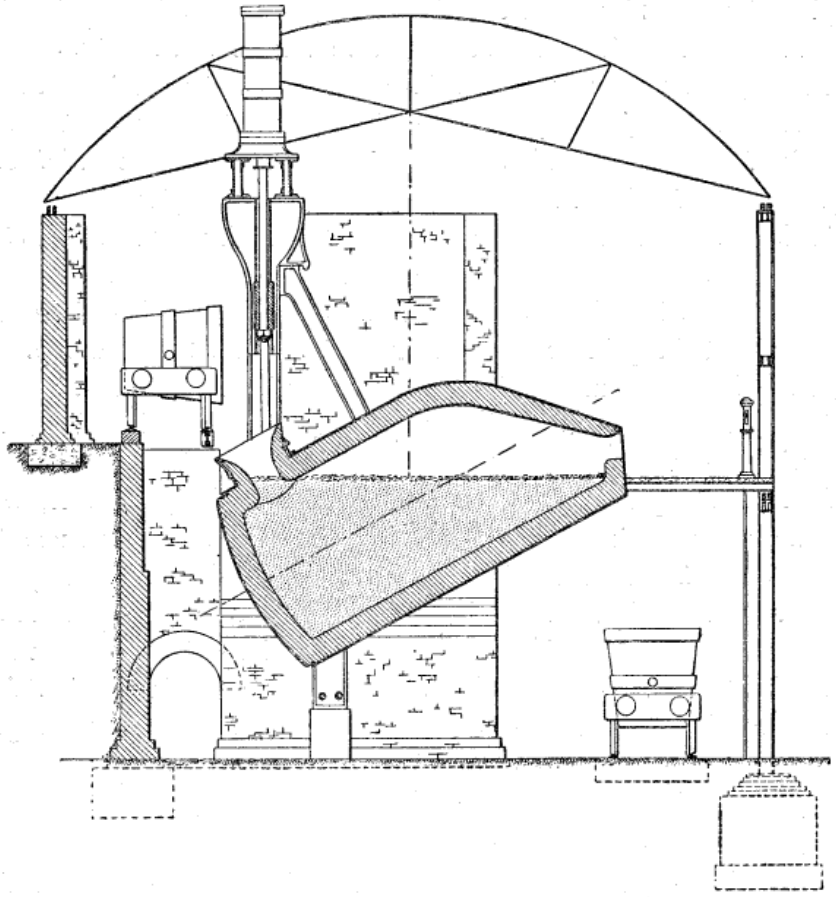


Fig. 9. — Mélangeur de fontes de la North-Eastern Steel C°. Coupe transversale médiane.

que la fonte versée dans ces appareils tienne au moins 1 p. 100 de manganèse; de fait, le métal sortant du fourneau tient en moyenne 0,05 à 0,08 p. 100 de S, et celui qui sort du mélangeur en tient 0,04 à 0,07 p. 100. La figure 9 représente l'appareil employé dans cette usine.

L'emploi des mélangeurs est, sinon une découverte, du moins un des perfectionnements les plus considérables apportés dans ces dernières années à la fabrication de l'acier Bessemer. A la réunion de mai de l'*Iron and Steel Institute*,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Massenez annonçait, qu'à sa connaissance, il y avait six mélangeurs en activité sur le continent.

Plus importante encore, et plus féconde peut-être en résultats, est l'invention de l'ingénieur anglais *Darby*, des aciéries de Brymbo, qui a apporté une modification dans la méthode même de fabrication de l'acier, en proposant de séparer, à la fin de l'opération, le raffinage et la recarburation, qui se faisaient par une même addition d'alliage manganésé, et de substituer à ce traitement unique une double opération, consistant en un traitement par le carbone solide, distinct du raffinage, qui peut s'opérer par le manganèse, ou par l'aluminium.

L'inconvénient de l'ancien procédé, dû à Mushet, consistait en ce que les proportions de manganèse et de carbone introduites dans le bain n'étaient pas indépendantes l'une de l'autre : malgré la variété et la richesse de plus en plus grande des alliages nouveaux, on était conduit à introduire, en même temps que le carbone, une proportion de manganèse souvent supérieure à celle que nécessitait le raffinage, au détriment des qualités physiques du métal; et cela surtout dans la fabrication basique : dans la cornue Thomas notamment, il était impossible de fabriquer des aciers durs sans y introduire une proportion de manganèse absolument exagérée.

Le procédé Darby est venu permettre de séparer les deux opérations finales de la fabrication de l'acier, et, par conséquent, de régler, suivant les qualités demandées, les proportions de manganèse et de carbone à introduire dans le métal. Mais si c'est à Darby que revient l'honneur d'avoir indiqué la voie à suivre, c'est au directeur des aciéries du Phœnix (à Laar, près de Dortmund) que revient celui d'avoir le premier résolu cette fabrication d'une manière pratique. Dans un important mémoire lu à l'*Iron and Steel Institute* (1) M. Thielen a décrit les divers tâtonnements qui ont précédé la découverte de la fabrication courante qui consiste, pour le four Martin comme pour la cornue Bessemer, à couler le métal après raffinage et à projeter sur le jet d'acier en fusion du poussier de coke ou d'anthracite, en proportion rigoureusement calculée, entraînée par une vis d'Archimède d'une manière régulière et continue. L'absorption du carbone s'effectue instantanément dans la poche, le bain devient rapidement homogène, et la coulée peut s'effectuer dans d'excellentes conditions. Tout le carbone n'est pas incorporé dans l'acier : il s'en brûle une certaine proportion (25 p. 100 en moyenne); mais, par une série d'essais, on est parvenu à déterminer quelle est, pour chaque dureté d'acier, la proportion de carbone qu'il convient d'ajouter, de sorte qu'on obtient en fabrication courante, à moins de 0,03 p. 100 près, la teneur en carbone que l'on recherche. Le point essentiel est d'empêcher qu'il ne s'écoule de la scorie dans la poche avec le métal : pour la retenir dans la cornue au mo-

(1) *Journal of and the Iron Steel Institute.* vol. II, 1890, p. 564.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment de la coulée, il a donc fallu imaginer un dispositif spécial; mais le problème n'était pas difficile à résoudre : la scorie est aisément retenue par une large spadelle, formant une sorte de pont jeté à travers le gueulard de la cornue; et on a ainsi pu obtenir, au procédé Thomas, des aciers tenant jusqu'à 0,9 et 1 p. 100 de carbone, avec 0,05 à 0,07 p. 100 de phosphore et 0,4 à 0,7 p. 100 de manganèse.

Cette fabrication est aujourd'hui courante aux usines du Phœnix, et donne des produits excellents.

L'inconvénient de cette méthode consiste dans les impuretés, et notamment le silicium, que les cendres du coke et de l'anthracite introduisent dans le métal lors de la recarburation. M. Meier, directeur des usines de Dudelange, a imaginé une variante du procédé Darby qui l'atténue considérablement.

Dans le *procédé de Dudelange*, la recarburation s'effectue au moyen de briques de coke ou d'anthracite aussi pauvre que possible de cendres, qu'on agglomère au moyen d'un lait de chaux, et qu'on fait sécher, d'abord à l'air, puis à l'étuve à 100° C.; avec de l'anthracite tenant 5 à 6 p. 100 de cendres et moins de 9 p. 100 de matières volatiles, le poids de chaux calcinée servant à produire l'agglomérant représente 7 p. 100 du poids de l'anthracite; les briques ont 30 × 15 × 8. Ces briques, complètement desséchées et ne renfermant plus que l'eau d'hydratation de la chaux, sont disposées en couche régulière sur le fond de la poche de coulée; lorsqu'on y verse le métal désoxydé soit du four Martin, soit de la cornue Bessemer (en retenant la scorie comme dans le procédé du Phœnix), il se produit une grande flamme, accompagnée d'un crépitement spécial; au bout d'un instant, l'effervescence se calme et le métal est propre à la coulée : en même temps que la chaux a scorifié la plus grande partie de la silice contenue dans les cendres du carburant, l'eau d'hydratation s'est dégagée, partie à l'état de vapeur, et partie à l'état dissocié; et, grâce au brassement mécanique du bain que produit ce dégagement violent de gaz, on obtient un métal plus sain et plus exempt de soufflures.

Comme dans le procédé du Phœnix, une partie du carbone est brûlée; et cela dans une proportion qui varie non avec la teneur finale en carbone, mais avec la température de la coulée : la proportion de carbone absorbé varie de 52 à 61 p. 100; on parvient à la déterminer expérimentalement d'une manière très exacte.

Le procédé de Dudelange a donc apporté au procédé Darby un perfectionnement notable; il est actuellement appliqué à Dudelange, où il permet d'obtenir dans la cornue Thomas, au moyen de fontes à 2,3 p. 100 de phosphore, 1,5 à 2 p. 100 de manganèse et 0,5 p. 100 de silicium, les aciers les plus variés, avec une précision parfaite; combiné avec le procédé Thomas ou avec le procédé Martin, il est aussi en application ou en expérience à Hayange, chez MM. de Wendel, à Ougrée, en Belgique, et en France à Jœuf, au Creuzot et à Montluçon. Dans un article magistral consacré à cette fabrication (1), M. le Dr Wedding estime à

(1) *Stahl u. Eisen*, 1er et 15 juin 1894.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

130 000 tonnes la quantité d'acier produite par ce moyen jusqu'au printemps 1894, dont la moitié à Dudelange.

D'autres variantes ont également été appliquées : à Oberhausen (au Bessemer), à Gratz (au Martin). On a pratiqué la recarburation directe dans le four ou la cornue après un décrassage soigné; mais ce décrassage n'est jamais assez parfait pour qu'il ne reste pas de scorie, sur laquelle le carbone réagit, réintroduisant ainsi du phosphore dans le bain. Le procédé de Dudelange paraît donc constituer, jusqu'à présent, la réalisation la plus parfaite de l'idée de Darby, celle qui paraît destinée à se développer le plus, et qui, en effet, prend actuellement, dans les régions où se fabrique l'acide basique, un réel développement.

Le procédé Darby n'a pas seulement le double avantage de permettre l'obtention, au procédé basique, d'une échelle plus étendue de produits et de rendre indépendantes l'une de l'autre les proportions de carbone et de manganèse introduites dans l'acier : il présente encore celui de l'économie, grâce à la réduction, et même à la suppression complète, des produits manganésés.

Voici, pour mettre en évidence cette économie, les poids de l'addition finale nécessaires, aux aciéries du Phénix, pour deux coulées de 10 tonnes, au Bessener et au Martin, tous deux à revêtement basique, donnant des produits de même dureté (1).

Bessemer.	Ancien procédé.	Procédé Darzy.
Spiegel à 10-12 p. 100.	600 kil.	»
Ferro-manganèse à 60-65 p. 100 . . .	80 kil.	80 kil.
Coke	»	60 kil.
Martin.		
Spiegel à 10-12 p. 100.	250 kil.	»
Ferro-manganèse à 60-75 p. 100 . . .	80 kil.	moins de 12 kil.
Coke	»	58 kil.

Le procédé *Walrand-Legénisel,* qui permet l'emploi de convertisseurs de faible dimension, par l'addition, de ferro-silicium, à la fin du soufflage, de manière à réchauffer le bain et à rendre possible d'achever l'opération dans de bonnes conditions, paraît actuellement se répandre (2).

Cette méthode de traitement convient parfaitement à des installations peu importantes ou à des fabrications qui ne consomment que peu de métal et ne comporteraient par conséquent pas l'installation d'une cornue ordinaire, notamment pour les fonderies d'acier où il importe peu que le prix de revient de fabrication du métal soit grevé de quelques frais accessoires. Mais, ainsi que le remarquait un journal technique américain, bien que ce procédé soit d'invention française, c'est principalement en Allemagne qu'il prend de l'extension.

(1) *Stahl u. Eisen loc. cit.*
(2) *Journal of the Iron and Steel Institute,* vol. I, 1894, p. 26.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les *Hagen Gusstahlwerke*, à Hagen (Westphalie), l'ont récemment adopté. L'installation se compose de deux cornues de 500 à 700 kilos de capacité chacune, produisant ensemble 4 à 5 000 kilos par poste de 12 heures, et marchant indifféremment avec revêtement acide et basique : en marche acide, on fait des additions de ferro-silicium, dans la proportion de 5 p. 100 de la charge, vers la fin de l'opération ; en marche basique, on fait des additions de fonte phosphorée après la première période du soufflage. Par ce procédé, la C^ie^ de Hagen est parvenue à faire de bons moulages, sains et exempts de soufflures, en acier doux aussi bien qu'en acier dur, à un prix qui ne paraît pas dépasser 90 marks, soit 112 fr. 50, par tonne de 1 000 kilos (frais de moulage non compris), malgré le déchet qui est assez élevé (5 p. 100 au cubilot, 10 à 12 p. 100 dans la cornue) et les frais d'addition de ferro-silicium. L'installation complète de l'usine, chaudières comprises, a coûté 87 500 francs.

A Paris, M. Legénisel a deux cornues, l'une de 300 kilos, et l'autre de 600. Le Creuzot possède également une installation de ce genre. Citons encore la « Gorton Foundry » et les « Lowca Works » en Angleterre.

Le procédé Walrand se développe donc. Il faut reconnaître qu'il constitue une solution des plus élégantes au problème de l'emploi des convertisseurs pour la fonderie ; avec des cornues de moins de 5 t. en fabrication Bessemer ordinaire, le refroidissement par les parois est tel que l'allure devient défectueuse ; d'autre part, les cornues de plus de 5 t. ont une capacité de production infiniment trop considérable, même pour les grands ateliers de moulage, ce qui exige que l'on coule en lingots une partie du métal produit. Avec le procédé Walrand, on peut employer avec des fontes ordinaires à 2 ou 3 p. 100 de Si, des cornues de capacité très réduite ; l'addition de ferro-silicium, suivi d'un soufflage de quelques instants, réchauffe assez le bain pour qu'on puisse terminer l'opération suivant la formule habituelle, avec addition de ferro-manganèse et d'aluminium ; et, d'autre part, des essais répétés ont montré que le silicium introduit par l'addition s'élimine très suffisamment par le soufflage. Au point de vue de la coulée, et en particulier du moulage, le réchauffage final a l'avantage de donner une grande fluidité au bain ; on sait d'ailleurs que l'emploi du ferro-silicium est favorable à l'obtention de moulages sains et sans soufflures. Il y a donc là un ensemble de circonstances extrêmement favorables (1).

Le convertisseur Walrand-Legénisel est une cornue du type usuel, avec boîte à vent inférieure et tuyères logées dans le fond. La pression du vent varie de 1,5 à 2 atmosphères.

Il est nécessaire de mentionner, dans une Revue telle que celle-ci, bien qu'il n'y ait à citer à ce sujet aucune invention nouvelle, le développement et le per-

(1) Voir aussi la *Semaine Industrielle de* Bruxelles, 18 avril 1894.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fectionnement sans cesse croissants de la fabrication du métal Thomas en Allemagne et dans le nord et l'est de la France, alors qu'en Angleterre, grâce à l'abondance des minerais purs, qui, par le fait des bas frets, peuvent être importés en abondance, la proportion d'acier basique tend plutôt à diminuer.

Acier sur sole. — En ce qui concerne l'acier sur sole, plus peut-être que pour toute autre fabrication, on peut répéter ce que nous disions au début de cette

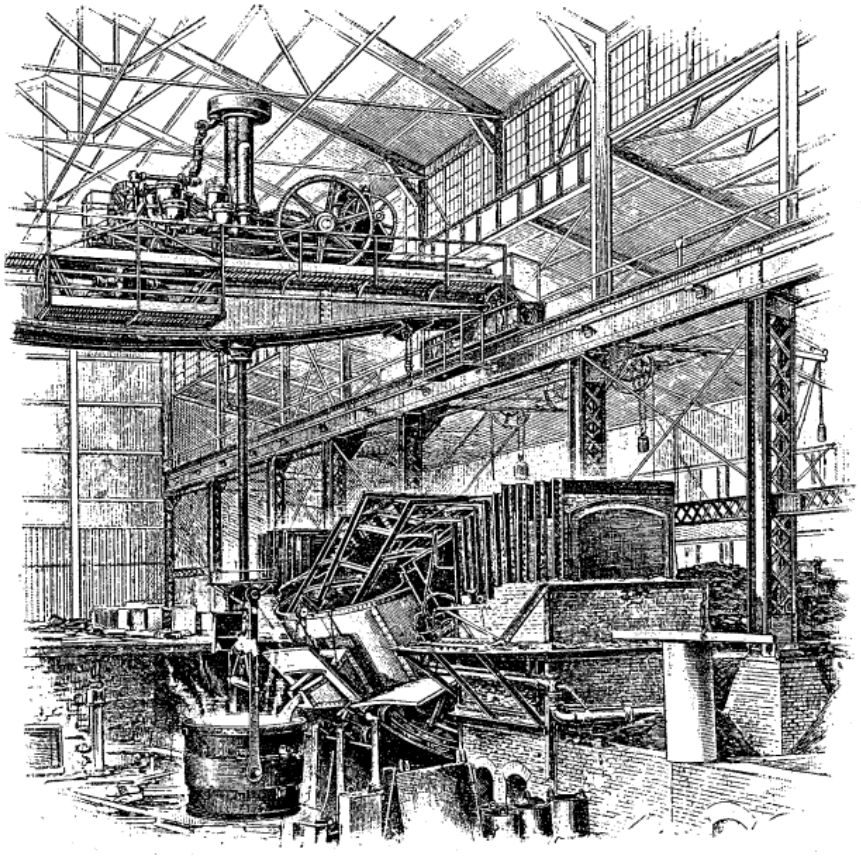


Fig. 10. — Four oscillant des aciéries de Steelton.

étude : que les progrès récents ont surtout consisté, non en innovations fondamentales, mais dans des perfectionnements de détails, — perfectionnements importants, il est vrai, puisqu'ils ont permis d'abaisser le prix de l'acier Martin dans des proportions considérables. Ainsi, en Angleterre, tandis que l'acier Martin nécessite des fontes coûtant de 6 fr. 15 à 12 fr. 30 par tonne de plus que la fonte employée au puddlage, les cours de ce métal, au mois de janvier 1895,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

étaient inférieurs à ceux des fers : et, dans le courant de l'année 1894, tandis que le prix des fontes n'a pas éprouvé de grands changements, les tôles d'acier pour navires sont tombés, sur la côte nord-est, de £. 5 2 s. 6 d. (126 fr. 10) à £. 4 12 s. (113 fr. 18) par tonne, et les cornières en acier de £. 4 17 s. 6 d. (119 fr. 95) à £. 4 10 s. (110 fr. 70) (1). Cet abaissement du prix de revient a coïncidé avec la construction d'aciéries puissamment outillées et à grande production, où les frais d'installation par tonne de production annuelle n'étaient guère que de 20 s. (25 francs) contre £. 2 (50 francs) il y a quelques années, et le développement des manœuvres hydrauliques, l'emploi généralisé des fours Gjers au lieu des fours de réchauffage, ainsi que la construction de grands fours de fusion, où la consommation de houille n'atteint pas 500 kilos par tonne, ont permis de réaliser sur les frais de fabrication des économies considérables.

En fait d'innovation proprement dite, on ne peut guère citer que le four oscillant des aciéries de Steelton, près Harrisburgh (Pennsylvania Steel Company) au sujet duquel le *Génie civil* a, dans un de ses derniers numéros (2) donné des renseignements assez détaillés.

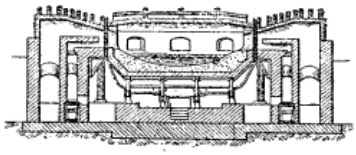


Fig. 11. — Four oscillant des aciéries de Steelton (Coupe transversale).

Le four, d'une capacité de 50 tonnes, est supporté par quatre fers cintrés en arcs de cercle, placés dans des plans perpendiculaires au grand axe du four, qui reposent, par l'intermédiaire de galets, sur des chemins de roulement également demi-circulaires, de sorte qu'un piston hydraulique suffit à faire osciller le four autour de son grand axe (fig. 10 et 11). Ce dispositif facilite deux opérations : la charge et la coulée. Lors du chargement, le four est incliné à 30 degrés ; il suffit alors d'une grue pour prendre les charges sur des wagonnets et les introduire dans le four, de sorte qu'en vingt minutes cette opération, si longue et pénible avec le dispositif ordinaire, est achevée. L'inclinaison rend aussi la coulée plus aisée ; ce dispositif permet de placer le trou de coulée plus haut que dans les fours fixes : d'où résulte la suppression des ennuis qu'occasionnent l'entretien et la réfection continuelle de cette partie si délicate du four. La grande facilité de la coulée permet aussi de diviser l'opération, de la commencer sur sole basique, de transvaser le bain, après déphosphoration, sur sole acide, et de terminer l'opération dans ce second four : dispositif évidemment fort avantageux lorsqu'il s'agit d'obtenir, en partant de produits relativement impurs, des aciers tenant moins de 0,04 p. 100 de phosphore et jusqu'à 1 p. 100 de carbone.

L'aciérie de Steelton possède six fours de ce type, disposés dans une grande

(1) *Circ. Com. des Forges*, n° 923, 12 janv. 1895.
(2) *Génie civil*, t. XXVII, 8 juin 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

halle en deux lignes parallèles, l'une de trois fours à sole basique, l'autre de trois fours à sole acide. Un pont roulant de 19 mètres de portée dessert tout l'atelier (fig. 10); il amène les poches devant les fours au moment de la coulée, et, lorsqu'elles sont pleines d'acier, les mène soit aux fours à sole acide lorsqu'il s'agit d'un transvasement, soit, lorsque l'opération est terminée, aux lingotières.

Ce dispositif permet de produire couramment, avec six fours, 18 000 à 20 000 tonnes d'acier par mois.

Citons encore l'emploi, qui commence à se généraliser pour les petites productions, du *nouveau four Siemens*, dont la disposition se prête mieux que l'ancienne au chauffage de soles de faible superficie, grâce à la substitution de la flamme en fer à cheval à la flamme droite. C'est ainsi que, dans plusieurs aciéries, et notamment dans deux aciéries du centre de la France, des fours de ce type, de 2 à 3 tonnes de capacité de production, sont employés avec succès pour la fabrication des moulages.

Travail de forge. — En ce qui concerne les fabrications courantes, il n'y a que peu de perfectionnements à signaler.

Les applications de la presse à forger se multiplient, et cela tout particulièrement dans la tôlerie. Dans toutes les fabrications, l'outillage va se perfectionnant sans cesse. J'ai fait allusion tout à l'heure à celui des aciéries anglaises, qui a permis un abaissement de prix considérable, par la création d'une capacité de production totale de plus de trois millions de tonnes par an. On sait — les publications sont nombreuses à ce sujet — quels ont été les perfectionnements récents des laminoirs à rails, et quel a été le développement extraordinaire de certaines usines américaines, dont une seule a pu fabriquer récemment 1800 tonnes de rails en un poste de 12 heures. Mais les progrès réalisés dans ce sens intéressent médiocrement un pays comme le nôtre, où l'exportation est presque nulle, et où la consommation intérieure est fort réduite, puisqu'un des principaux réseaux — le P.-L.-M. — en est arrivé à ne commander que 15 000 tonnes de rails par an.

Toutes les fabrications rattachées à la marine de guerre et à l'artillerie ont été en constant progrès.

Les deux événements saillants de ces deux dernières années, en ce qui concerne les blindages, ont été l'abandon définitif des plaques mixtes, et l'introduction du *procédé Harvey* pour durcir superficiellement les plaques en acier homogène.

L'acier spécial, à 2 p. 100 de nickel, 1 p. 100 de chrome, et à faible teneur en carbone, avait permis d'obtenir des blindages qui, après trempe à l'eau et recuit,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

présentaient une dureté assez grande pour briser les obus et une élasticité suffisante pour ne pas se rompre au choc. Le brevet Harvey permet d'augmenter les qualités de résistance par un durcissement superficiel.

Le procédé, tel qu'il a été décrit au début, consistait à placer la plaque de blindage à plat sur un lit de sable ou d'argile desséchée, à l'intérieur d'une caisse en briques réfractaires posée sur la sole d'un four. La partie supérieure de la plaque émerge seule du lit de sable, on la recouvre de charbon de cémentation — c'est principalement du charbon d'os très riche en phosphore — puis on recouvre le tout d'un lit de sable, et d'un lit de briques réfractaires. Le four est ensuite chauffé à une température inférieure au point de fusion de la fonte : la période d'échauffement dure quarante-huit heures, et la période de carburation, cent vingt heures; on laisse ensuite refroidir jusqu'au rouge sombre avant de retirer la plaque du four.

Un autre procédé, consistant à effectuer la cémentation par des gaz carburants introduits dans l'espace laissé libre entre deux plaques de blindages maintenues serrées dans des cadres à joints étanches, ne paraît pas avoir donné pleine satisfaction.

Le résultat de la cémentation superficielle est une carburation assez peu profonde de la plaque harveyée : au delà de 25 millimètres, en effet, il ne se manifeste aucun changement dans la composition du métal. Voici, d'après M. Weaver, comment varie la teneur en carbone depuis la surface jusqu'au point où la cémentation n'a plus d'effet ; les chiffres suivants résultent d'expériences faites sur des rails :

Millimètres. . .	1,6	3,2	4,8	6,4	9,5	12,7	16	19	25,4	32	38
Dosages	0,76	0,42	0,32	0,30	0,30	0,29	0,29	0,29	0,27	0,26	0,26

Le durcissement superficiel ne s'obtient pas sans quelques inconvénients : aussi, la supériorité des plaques harveyées sur les plaques homogènes n'est-elle pas encore incontestée, et, de fait, dans des essais remontant à l'année dernière, sur des blindages d'épaisseur égale au diamètre des projectiles, les plaques des Aciéries de Saint-Étienne, non harveyées, ont donné une vitesse de pénétration de 1,80, alors que diverses plaques harveyées donnaient des vitesses comprises entre 1,50 et 1,70.

Cependant, et malgré la constatation faite par M. le directeur des constructions navales Bertin, à la suite de nombreux essais ; que, lorsque le projectile n'est pas brisé, il a plus de chances de perforer complètement une plaque en acier harveyée qu'une plaque homogène, le procédé Harvey tend à se répandre : c'est qu'en effet tous les essais tendent à prouver que si, aux vitesses faibles où le projectile se brise en gros fragments, les plaques harveyées ne présentent pas d'avantage notable, et s'il en est de même aux grandes vitesses où le projectile

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

perfore, aux vitesses intermédiaires, alors que les plaques ordinaires se laissent perforer ou disloquer, les plaques harveyées brisent le projectile en petits fragments.

Les blindages harveyés tendent donc à se répandre. On considère aujourd'hui qu'ils constituent le meilleur organe de protection contre les obus à grande capacité. L'amirauté anglaise est entrée hardiment dans cette voie; et, comme l'exposait récemment M. Croneau (1), l'un des caractères des nouveaux cuirassés anglais est d'avoir une haute cuirasse de flancs harveyée, de 229 millimètres d'épaisseur, au lieu de l'étroite cuirasse de ceinture non harveyée, de 457 à 355 millimètres d'épaisseur, des vaisseaux de guerre du type des années précédentes.

En France, les usines de Saint-Chamond, du Creuzot, de Châtillon-Commentry, de Saint-Étienne, et l'usine Marrel, ont acquis le brevet Harvey, et en étudient l'application à leurs aciers spéciaux. Il ne faut pas oublier, en effet, que, si ce procédé paraît destiné à se développer, il reste encore bien des perfectionnements à apporter aux détails de son application.

Une des plus grandes difficultés consiste dans la trempe des plaques harveyées : cette opération doit en effet s'effectue aussitôt après le défournement, et il est rare qu'elle n'amène pas de déformation.

Une autre difficulté consiste dans le forage des trous destinés aux rivets qui doivent fixer les plaques aux flancs des navires : la surface durcie brise en effet tous les outils ; or, il n'était pas possible de forer ces trous avant la cémentation, à cause de l'impossibilité où on se trouvait de déterminer avec précision la position de ces trous; des tentatives faites en Amérique, pour préserver de la carburation les surfaces environnant l'emplacement de ces trous de rivet, n'ont pas réussi; mais ce qui paraît avoir donné d'excellents résultats, c'est le procédé Elihu Thomson (2), qui consiste à produire, aux points où doit s'effectuer le forage, un recuit électrique au moyen d'un courant qu'on gradue de manière à refroidir très progressivement, après recuit, la plaque ainsi traitée, et à empêcher la masse de métal environnante d'occasionner un refroidissement trop brusque ayant pour conséquence une sorte de trempe.

Un récent perfectionnement, imaginé à l'usine Carnegie, à Pittsburg, consiste à soumettre les plaques harveyées, après réchauffage, à un laminage énergique, suivi d'une trempe à l'eau glacée. Les premiers résultats obtenus, au polygone d'Indian Head, paraissent très satisfaisants : une plaque ainsi traitée, et ramenée, par laminage, d'une épaisseur de 432 millimètres à 356 millimètres, a été soumise à trois essais, au moyen de 2 projectiles de 254 millimètres, avec des vitesses au choc de 567 et 581 mètres, et d'un projectile de 305 millimètres, avec une vitesse au choc de 581 mètres; aux deux premiers essais, le projectile

(1) *Revue générale des Sciences pures et appliquées*, t. VI, p. 457, 30 mai 1895.
(2) *Electrical Engineer* (de New-York), 6 mars 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fut brisé en petits fragments, et il n'y eut dans la plaque qu'une faible pénétration sans fente; au troisième essai, le projectile découpa dans la plaque un trou net, sans fentes rayonnantes, et vint tomber de l'autre côté.

En ce qui concerne *les obus*, les perfectionnements ont consisté à recouvrir l'ogive d'une coiffe en acier doux, de 12 millimètres d'épaisseur à la pointe, qui en épouse la forme. Des essais effectués sur ces nouveaux projectiles, à Okhta en juin et juillet 1894, et à Indian Head en octobre 1894 (1), il résulte nettement que, jusqu'à l'incidence de 20° sur des plaques d'épaisseur égale au calibre, et jusqu'à celle de 10° sur des plaques de 1,67 fois le calibre, l'obus à coiffe présente des avantages marqués, au point de vue de la pénétration. Au delà de ces incidences, il est équivalent à l'obus ordinaire. La condition essentielle du succès de son emploi est que la coiffe soit bien fixée à l'ogive : l'adhérence par simple aimantation, essayée à Okhta, et la méthode américaine par aimantation et vissage, se sont montrées insuffisantes.

Moulages. — L'aluminium, si employé dans la fabrication des moulages d'acier, commence à s'employer dans les moulages de fonte. Des essais, récemment effectués dans le laboratoire de Freiberg, sous la direction de M. le professeur Ledebur, ont donné lieu à un compte rendu très intéressant de M. Borsig (2) : grâce à la facilité avec laquelle l'aluminium s'oxyde, on n'en retrouve que de faibles quantités dans le produit; mais cette addition a une influence considérable sur les teneurs en métaux étrangers, et sur les propriétés de la fonte : la teneur en Mn était réduite de 4,35 à 3,85 p. 100 par une addition de 0,5 p. 100 d'Al; augmentée au contraire de 0,3 p. 100 par une addition de 1 p. 100, et de 0,8 p. 100 par une addition de 2 p. 100. La teneur en Ph n'est pas modifiée; celle en Si est diminuée, et celle en carbone augmentée. La fluidité du métal à la coulée diminue; avec 2 p. 100 d'Al, le moulage devient difficile; la présence de l'aluminium passe pour augmenter graduellement la flexibilité de la fonte; et la charge de rupture paraît de $21^{kil},3$ par millimètre à 28,21, 30,62 et 33,20, suivant qu'on avait ajouté 0,5, 1 ou 2 p. 100 d'Al.

On se préoccupe beaucoup en ce moment, aux États-Unis, de la *production économique de la fonte malléable*. Certains journaux techniques (3) assurent même qu'on serait arrivé à fabriquer ce produit presque au prix des moulages ordinaires en fonte; mais les détails manquent pour contrôler ou discuter cette assertion.

La fabrication des roues de wagon en fonte a toujours été une spécialité

(1) *Rev. d'Artillerie*, janv. 95. Ct Valier.
(2) *Stahl u. Eisen*, 1894.
(3) *Iron Age*, 14 mars 95.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

américaine. Une publication récente (1) a donné sur ce sujet des détails très complets, auxquels il peut être utile à divers constructeurs de se référer.

La fonderie d'acier se perfectionne tous les jours ; et le tonnage produit soit sur sole, soit au creuset, augmente constamment. Aux États-Unis, il s'en fabrique annuellement plus de 150 000 tonnes. Un des progrès les plus considérables qu'on ait réalisés dans ce pays, en 1894, a été d'obtenir des moulages superficiellement durcis, totalement ou sur quelques-unes de leurs faces seulement, en recouvrant les moules, au point où on veut obtenir le durcissement, d'un revêtement composé d'une poudre métallique renfermant les éléments capables d'augmenter, par absorption, la dureté de l'acier.

Aciers spéciaux. — L'acier au manganèse présente, à l'état de moulage, ou de forgeage, des qualités qui en rendent l'emploi très avantageux pour des organes de friction.

Jusqu'à 1 1/4 p. 100 de teneur, la présence du manganèse ne paraît pas modifier les propriétés des moulages; à des teneurs supérieures, le métal devient extrêmement dur et cassant, jusqu'à la teneur de 6 1/2 p. 100, où se produit un nouveau changement : les propriétés magnétiques diminuent, pour disparaître complètement vers 13 p. 100; la ténacité augmente et la trempe à l'eau l'améliore dans certains cas d'une manière considérable; la ductilité augmente également; au delà de 14 p. 100, l'influence du carbone, qu'il est impossible de ne pas introduire en même temps que le manganèse dans l'acier, contre-balance l'effet de ce dernier métal, et la ténacité diminue.

Après forgeage et trempe à l'eau, l'acier au manganèse à des teneurs comprises entre 10 et 13 p. 100 présente une dureté comparable à celle de l'acier trempé, jointe à une ténacité considérable, à une ductilité et à une malléabilité analogues à celles des aciers doux. Ce métal serait donc d'une application précieuse si sa dureté n'en rendait pas l'usinage pratiquement impossible et ne limitait son emploi aux produits qu'on peut obtenir à l'état fini sans machines-outils, par forgeage ou moulage. Encore le moulage est-il rendu très difficile par suite du retrait considérable, malgré la grande fluidité du métal à l'état fondu. C'est principalement à l'état de pièces de forge que s'emploie l'acier au manganèse : malgré son prix élevé, sa résistance à l'usure en rend l'emploi économique pour des pièces très chargées, telles que les boulons de dragues marines et diverses pièces de machines. C'est principalement sous cette forme qu'il se fabrique aux « *Hecla Steel Works* », à Sheffield, qui appartiennent à M. Hadfield, l'inventeur de l'acier au manganèse.

Le nickel donne à l'acier des propriétés de ténacité et de douceur qui, depuis plusieurs années, ont reçu des emplois variés, principalement dans la fabrication

(1) *Journal of the Franklin Institute*, mars 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des armements. Combiné avec le chrome, il donne au métal à blindages des propriétés qui n'ont pas été surpassées; mais il serait superflu de donner, dans cette revue, des détails sur une fabrication qui, depuis plusieurs années, a été l'objet d'études et de publications si nombreuses dans les revues techniques.

La question de l'emploi des aciers à haute teneur en nickel — 24 à 25 p. 100 — et pauvres en carbone, notamment pour la fabrication des canons de fusil, est aujourd'hui à l'ordre du jour dans toutes les puissances européennes; mais c'est un sujet sur lequel les résultats obtenus sont tenus secrets.

L'acier au molybdène a été fabriqué en petites proportions, et essayé, depuis le début de 1894; ce métal a, paraît-il, des propriétés analogues à celles de l'acier au tungstène : il n'est cependant pas entré dans la pratique; il a été fabri-

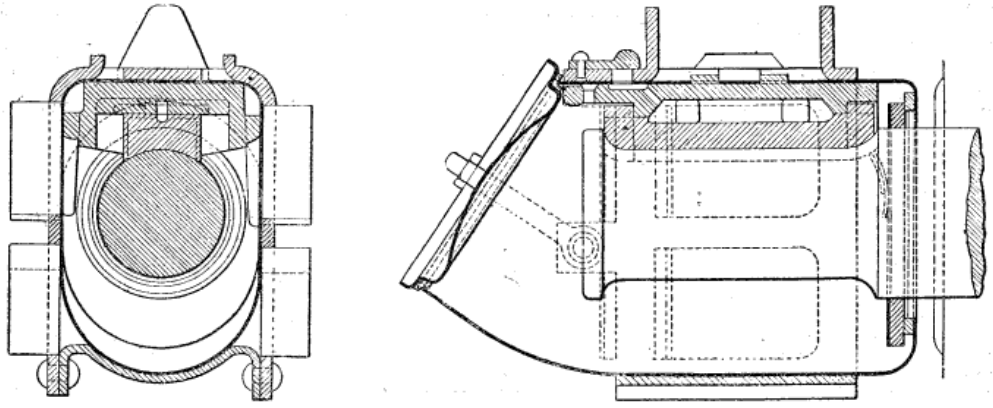


FIG. 12 et 13. — Boîte à graisse en acier embouti de la *Patent Axle Box and Foundry C°* (Birmingham). [Epaisseur 1/2 millim.

qué par MM. Sterrberg et Deutsch, au moyen d'un alliage de fer et de molybdène obtenu en réduisant par le carbone le molybdate de chaux.

NOUVEAUX EMPLOIS DE L'ACIER. — Bien que la période qui vient de s'écouler n'ait pas été une époque de grande transformation industrielle, les débouchés de l'acier se sont augmentés de divers emplois nouveaux, notamment dans la fabrication des moteurs électriques et dans la construction des wagons et tramways; ce n'est pas seulement le bâti des tramways et des wagons que l'on fait en acier; mais même les boîtes à graisse (fig. 12 et 13) sont, depuis quelque temps, fabriquées en Angleterre en acier embouti (1). D'autre part, l'emploi de l'acier dans les constructions ne fait que s'accentuer aux États-Unis, et les grands travaux publics l'utiliseront sans doute avant peu sur une plus grande échelle. Le journal *Railway Engineering and Mechanics* (2) nous apprend, en effet, que l'acier

(1) *Engineering*, 23 nov. 94, p. 685.
(2) *Railway Engineering and Mechanics*, déc. 94.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

va constituer l'ossature du barrage projeté en travers du fleuve Santa Anna, dans le sud de la Californie.

Emploi de l'électricité dans la métallurgie de l'acier. — L'électricité, qui joue un rôle si important dans la métallurgie de certains métaux et notamment dans celle du cuivre, commence à étendre son champ d'application dans la métal-

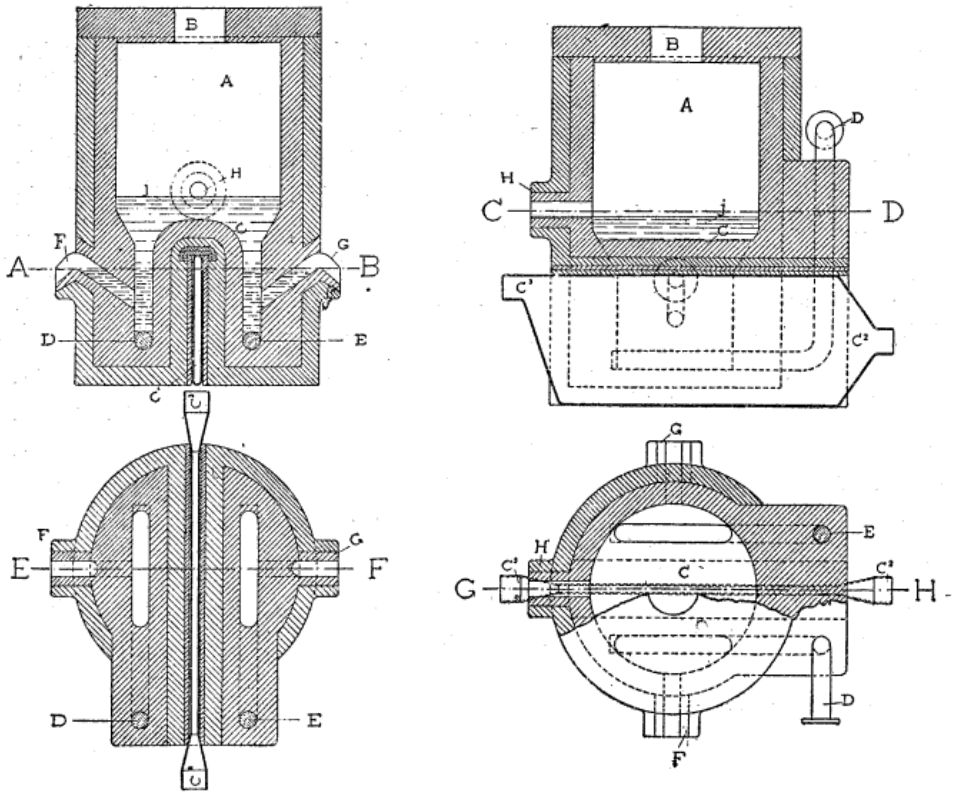


Fig. 14. — Four électrique de Laval. Coupes EF, GH, AB, et CD.

A, four à ouverture d'introduction B, avec pont en ciment réfractaire C. D et E, tiges en fer amenant le courant électrique. F et G, trous de coulée. H, trop-plein maintenant la couche fondue de minerai de fer magnétique I à une épaisseur constante. C_1 C_2 C_3, circulation d'eau refroidissant C. — On commence par introduire l'électrolyte, fondu I, on donne le courant alternatif, et on ajoute le métal, qui fond puis s'évacue sous I par F et G.

lurgie du fer et de l'acier. Nous avons vu les tentatives, jusqu'ici sans grand résultat pratique, faites pour traiter directement le minerai de fer par l'électricité. D'autres applications ont été plus heureuses. La soudure électrique, après avoir été une des nouveautés les plus remarquées de l'Exposition de 1889, est aujourd'hui couramment employée, notamment aux États-Unis, pour la soudure des rails; d'autre part, les fours électriques conviennent parfaitement au réchauffage du fer et de l'acier. L'*Electric Company* de Montréal vient de monter dans cette

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ville un four destiné à réchauffer le fil de fer pour la fabrication des clous à cheval, aux usines de MM. Peck, Berring et C° (1). Cet appareil consiste en un tube de graphite de $0^{m},60$ de long, dont les parois, épaisses de $12^{mm},5$, laissent un vide de 25 millimètres de diamètre. Ce tube est entouré de sable; un courant de 12 1/2 à 15 volts le porte au blanc, et suffit à amener à la température convenable le fil de fer qui traverse l'appareil, alimenté d'une manière continue. On passe ainsi $1^{m},50$ de fil par minute.

Des fours de fusion électriques ont également été appliqués avec succès. L'appareil Taussig permet d'opérer la fusion dans le vide, et d'obtenir ainsi des moulages sans soufflures, les moules étant situés à l'intérieur même de l'appareil, et la coulée s'effectuant par conséquent dans le vide. Parmi les fours récemment mis en service, l'un des plus ingénieux est celui de l'ingénieur suédois de Laval, appliqué en 1894 à Trollhattan. L'appareil, que représente la figure 14, se compose d'un creuset réfractaire divisé en deux parties par une sorte de pont, refroidi par un courant d'eau; au fond de chacun des deux demi-creusets, sont les pôles, constitués par des barres de fer mises en communication avec la dynamo; le métal en fusion occupe le fond du creuset, sous une épaisseur maintenue constante par deux siphons; au-dessus, est une couche, également d'épaisseur constante, d'une substance faiblement conductrice, que le courant, par son passage, échauffe assez pour que le métal, chargé par le haut du creuset, fonde en la traversant, et parvienne à l'état liquide au bas du creuset. Dans le cas de la fusion de la fonte, on se sert, comme substance mauvaise conductrice, de minerai magnétique; pour éviter la décomposition de cette substance, on fait usage de courants alternatifs.

(1) *Electrical Engineer*, 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS CHIMIQUES

SUR LA DILATATION DES VERRES ET LES VERRES SOUDÉS

RAPPORT *présenté par le* Dr SCHOTT A LA SOCIÉTÉ POUR LE DÉVELOPPEMENT DE L'INDUSTRIE A BERLIN, *le 4 avril 1892.* (*Extrait par* **M. Chatenet,** *Ingénieur civil des Mines.*)

La plupart des expériences de M. Schott qui vont être résumées ici ont été faites par la méthode Fizeau modifiée par Abbe, telle qu'elle est décrite par Weidemann (tome 38, page 453, 1889).

Un petit nombre d'expériences ont été faites par la méthode du dilatomètre, appareil qui ne diffère pas du thermomètre à poids ordinaire. L'enveloppe en est constituée par le verre dont on veut étudier la dilatation, Cette méthode est d'ailleurs beaucoup moins précise que la précédente, parce que la dilatation cherchée est obtenue par la différence de deux quantités dix fois plus grandes : la dilatation vraie et la dilatation apparente du mercure.

N° D'ORDRE	DÉSIGNATION	COMPOSITION CHIMIQUE	MÉTHODE de recherche	REFROIDISSEMENT	INTERVALLE de température observé	COEFFICIENT de dilatation 3 α pour 1° centigrade	REMARQUES	MESURE effectuée par MM.
1	Zinc et acide borique (sans alcalis)	ZnO... 59 B^2O^3... 41	Abbe-Fizeau.	Recuit délicatement au thermo-régulateur.	10°.35 — 92°.88	0.00001097	Fondu au creuset de platine. Ne peut se travailler à la canne.	Pulfrich.
2	Borosilicate de baryte (sans alcalis).	SiO^2... 51.22 BaO... 25 ZnO... 5 B^2O^3.. 14 Al^2O^3.. 4.5 Mn^2O^3. 0.08 As^2O^5.. 0.2	Abbe-Fizeau.	Fortement trempé. Refroidi à l'air.	12°.67 — 89°.78	0.00001375	Peut se travailler à la canne et à la lampe.	Pulfrich.
3	Borosilicate Flint léger.	SiO^2... 32.75 B^2O^3... 31 PbO... 25 Al^2O^3.. 7 K^2O... 3 Na^2O.. 1 Mn^2O^3. 0.05 As^2O^5.. 0.2	Abbe-Fizeau.	Recuit ordinairement au four à refroidir.	7°.16 — 91°.8	0.00001570	Indice de réfraction pour D = 1.545.	Pulfrich.
4	Borate de plomb.	B^2O^3... 56 PbO... 32 Al^2O^3.. 12	Abbe-Fizeau et Dilatomètre.		0° — 100°	0.00001610	Indice de réfraction pour D = 1.573.	Weidmann.
5	Borate d'alumine.	B^2O^3... 64 Al^2O^3.. 30 Li^2O... 6	Abbe-Fizeau et Dilatomètre.	Recuit délicatement.	0° — 100°	0.00001680		Weidmann.
6	Borosilicate. Verre à thermomètre.	SiO^2... 71.93 B^2O^3... 12 Na^2O.. 11 Al^2O^3.. 5 Mn^2O^3. 0.05	Dilatomètre.	Refroidi à l'air libre.	0° — 100°	0.0000177	Se travaille à la lampe.	Winkelmann.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

N° D'ORDRE	DÉSIGNATION	COMPOSITION CHIMIQUE	MÉTHODE de recherche	REFROIDISSEMENT	INTERVALLE de température observé	COEFFICIENT de dilatation 3 α pour 1° centigrade	REMARQUES	MESURE effectuée par MM.
7	Borosilicate. Verre à thermomètre.	$Si O^2$... 71.95 $B^2 O^3$... 12 $Na^2 O$.. 11 $Al^2 O^3$.. 5 $Mn^2 O^3$. 0.05	Dilatomètre.	Recuit délicatement au thermo-régulateur.	0° — 100°	*a*) 0.0000172 *b*) 0.0000170	On s'est servi du même vase que précédemment.	Winkelmann.
8	Borate. Crown léger.	$Bo^3 H^3$. 69.1 $Al^2 O^3$.. 18 Ba O... 4.7 $Na^2 O$.. 8 $As^2 O^5$.. 0.2	Abbe-Fizeau.	Recuit délicatement au thermo-régulateur.	14°.4 — 94°.4	0.00002024	Indice de réfraction pour D = 1.507.	Pulfrich.
9	Silicate. Flint ordinaire.	$Si O^2$... 47.55 Pb O ... 46.7 $K^2 O$... 6 $Na^2 O$.. 0.5 $Mn^2 O^3$. 0.05 $As^2 O^5$.. 0.2	Abbe-Fizeau.	Recuit ordinairement au four à refroidir.	0° — 100°	0.00002193	Indice de réfraction pour D = 1.613.	Weidmann.
10	Silicate. Flint ordinaire.	$Si O^2$... 45.15 Pb O ... 46.4 $K^2 O$... 7.5 $Na^2 O$.. 0.2 $Al^2 O^3$.. 0.5 $Mn^2 O^3$. 0.05 $As^2 O^5$.. 0.2	Abbe-Fizeau.	Recuit ordinairement au four à refroidir.	15°.7 — 92°.2	0.00002363	Indice de réfraction pour D = 1.612.	Pulfrich.
11	Silicate. Flint léger.	$Si O^2$... 54.22 $B^2 O^3$... 1.5 Pb O ... 33 $K^2 O$... 8 $Na^2 O$.. 3 $Mn^2 O^3$. 0.08 $As^2 O^5$.. 0.2	Abbe-Fizeau.	Recuit ordinairement au four à refroidir.	12°.9 — 97°.6	0.00002377	Indice de réfraction pour D = 1.571.	Pulfrich.
12	Silicate de baryte. Crown lourd.	$Si O^2$... 48.73 $B^2 O^3$... 3 Ba O... 29 Zn O... 10.3 $K^2 O$... 7.5 $Na^2 O$.. 1. $Mn^2 O^3$. 0 07 $As^2 O^5$.. 0.4	Abbe-Fizeau.	Recuit délicatement au thermo-régulateur.	18°.9 — 93°.1	0.00002379	Indice de réfraction pour D = 1.572.	Pulfrich.
13	Borosilicate. Crown.	$B^2 O^3$... 10 $K^2 O$... 9.5 $Na^2 O$.. 10 Zn O... 2 $Mn^2 O^3$. 0.06 $As^2 O^5$.. 0.2	Abbe-Fizeau.	Recuit délicatement au thermo-régulateur.	17°.5 — 94°.9	0.00002393	Indice de réfraction pour D = 1.513.	Pulfrich.
14	Silicate. Flint lourd.	$Si O^2$... 28.36 Pb O... 69 $K^2 O$... 2.5 $Mn^2 O^3$. 0.04 $As^2 O^5$.. 0.1	Abbe-Fizeau.	Recuit ordinairement au four à refroidir.	19°.8 — 94°.5	0.00002410	Indice de réfraction pour D = 1.754.	Pulfrich.
15	Verre de thermomètre normal.	$Si O^2$... 67.3 $B^2 O^3$... 2 $Na^2 O$.. 14 $Al^2 O^3$.. 2.5 Ca O... 7 Zn O... 7 $Mn^2 O^3$. 0.2	Abbe-Fizeau.	Recuit ordinairement au four à refroidir.	14°.6 — 92°.2	0.00002406	Indice de réfraction pour D = 1.527.	Pulfrich.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

N° D'ORDRE	DÉSIGNATION	COMPOSITION CHIMIQUE	MÉTHODE de recherche	REFROIDISSEMENT	INTERVALLE e température observé	COEFFICIENT de dilatation 3 α pour 1° centigrade	REMARQUES	MESURE effectuée par MM.
16	Verre de thermomètre normal.	$Si O^2$... 67.3 $B^2 O^3$... 2 $Na^2 O$.. 14 $Al^2 O^3$.. 2.5 Ca O... 7 Zn O... 7 $Mn^2 O^3$. 0.2	Dilatomètre.	Refroidi à l'air libre.	0° — 100°	0.0000244	Se travaille à la lampe.	Winkelmann.
17	Silicate Crown.	$Si O^2$... 69 $K^2 O$... 16 $Na^2 O$.. 4 Ca O... 8 $B^2 O^3$... 2.5 $As^2 O^5$.. 0.4 $Mn^2 O^3$. 0.1	Abbe-Fizeau.	Refroidissement ordinaire au four à refroidir.	*a*) 4°.85 — 18°.7 *b*) 18°.7 — 90°.5	*a*) 0.00002583 *b*) 0 00002651	Indice de réfraction pour D = 1.517.	Pulfrich.
18	Phosphate. Crown moyen.	$P^2 O^5$.. 59.5 $B^2 O^3$.. 3 Ba O... 28 $Al^2 O^3$.. 8 $As^2 O^5$.. 1.5	Abbe-Fizeau.	Refroidissement lent.	20°.3 — 92°.2	0.00002613	Indice de réfraction pour D = 1.555.	Pulfrich.
19	Flint barytique léger.	$Si O^2$... 51.65 Pb O... 10 Ba O... 20 $K^2 O$... 9.5 $Na^2 O$.. 1.5 Zn O... 7 $As^2 O^5$.. 0.3 $Mn^2 O^3$. 0.05	Abbe-Fizeau.	Refroidissement ordinaire au four à refroidir.	9°.95 — 93°.3	0.00002701	Indice de réfraction pour D = 1.572.	Pulfrich.
20	Crown à grande dispersion.	$Si O^2$... 68.06 $Na^2 O$.. 16.5 Pb O... 13.15 Zn O... 2 $As^2 O^5$.. 0.2 $Mn^2 O^3$. 0.09	Abbe-Fizeau.	Refroidissement ordinaire au four à refroidir.	15°.65 — 94°.2	0.00002709	Indice pour D = 1.522.	Pulfrich.
21	Silicate. Crown ordinaire.	$Si O^2$... 68.07 $K^2 O$... 16 $Na^2 O$.. 5 Zn O... 7 $B^2 O^3$.. 3.5 $As^2 O^3$.. 0.4 $Mn^2 O^3$. 0.03	Abbe-Fizeau.	Refroidissement lent au thermo-régulateur.	17°.9 — 97°.2	0.00002748	Indice de réfraction pour D = 1.511.	Pulfrich.
22	Silicate. Crown ordinaire.	$Si O^2$... 68.07 $K^2 O$... 16 $Na^2 O$.. 5 Zn O... 7 $B^2 O^3$.. 3.5 $As^2 O^3$.. 0.4 $Mn^2 O^3$. 0.03	Abbe-Fizeau.	Fortement trempé.	17°.3 — 95°.1	0.00002895	Le refroidissement se fit à l'air libre. Baguette cylindrique.	Pulfrich.
23	Phosphate. Crown léger.	$P^2 O^5$... 70.5 $B^2 O^3$.. 3 $K^2 O$... 12 $Al^2 O^3$.. 10 Mg O... 4 $As^2 O^5$.. 0.5	Abbe-Fizeau.	Refroidissement lent au thermo-régulateur.	17°.7 — 92°.7	0.000027918	Indice de réfraction pour D = 1.517.	Pulfrich
24	Verre. Silicate de plomb très lourd.	$Si O^2$... 20 Pb O... 82 $As^2 O^5$.. 0.1	Abbe-Fizeau.	Refroidissement ordinaire au four à refroidir.	24°.5 — 84°.0	0.00002804	Indice de réfraction pour D = 1.962.	Pulfrich.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

N° D'ORDRE	DÉSIGNATION	COMPOSITION CHIMIQUE	MÉTHODE de recherche	REFROIDISSEMENT	INTERVALLE de température observé	COEFFICIENT de dilatation 3 α pour 1° centigrade	REMARQUES	MESURE effectuée par MM.
25	Verre tendre de Thuringe.	Non déterminée.	Abbe-Fizeau.	Refroidissement ordinaire au four a refroidir.	0° — 100°	0.00002814	Se travaille à la lampe.	Weidmann.
26		$Si O^2$... 73.1 $Na^2 O$.. 18.5 Ca O... 8 $As^2 O^5$.. 0.3 $Mn^2 O^3$. 0.1	Dilatomètre.	Refroidi à l'air libre.	0° — 100°	a) 0.0000289 b) 0.0000290		Winkelmann.
27	Silicate. Crown ordinaire.	$Si O^2$... 65.4 $K^2 O$... 15 $Na^2 O$.. 5 Ba O... 9.6 Zn O... 2 $B^2 O^3$... 2.5 $As^3 O^5$.. 0.4 $Mn^2 O^3$. 0.1	Abbe-Fizeau.	Refroidissement ordinaire au four à refroidir.	17°. — 95°.5	0.00002894	Indice de réfraction pour D = 1.517.	Pulfrich.
28	Verre. Silicate.	$Si O^2$... 64.22 $K^2 O$... 20 $Na^2 O$.. 3 Ca O... 11 $Al^2 O^3$.. 1.5 $As^2 O^5$.. 0.2 $Mn^2 O^3$. 0.08	Dilatomètre.	Refroidi à l'air libre.	0° — 100°	a) 0.0000292 b) 0,0000292	Ces verres sont en partie hygroscopiques et par suite ne sont pas d'un emploi pratique.	Straubel.
29	Verre. Silicate.	$Si O^2$... 71.5 $K^2 O$... 13 $Na^2 O$.. 10 Ca O... 3 $Al^2 O^3$.. 2 As O^5.. 0.3 $Mn^2 O^3$. 0.2	Dilatomètre.	Refroidi à l'air libre.	0° — 100°	a) 0.0000300 b) 0.0000300		Straubel.
30	Verre. Silicate.	$Si O^2$... 54.6 $K^2 O$... 11.5 $Na^2 O$.. 6 $Al^2 O^3$.. 2.5 $P_6 O$... 25 $As^2 O^5$.. 0.2 $Mn^2 O^3$. 0.2	Dilatomètre.	Refroidi à l'air libre.	0° — 100°	a) 0.0000303 b) 0.0000304		Straubel.
31	Verre. Silicate.	$Si O^2$... 69.5 $K^2 O$... 25 Ca O... 5 $As^2 O^5$.. 0.3 $Mn^2 O^3$. 0.2	Dilatomètre.	Refroidi à l'air libre.	0° — 100°	a) 0.0000303 b) 0.0000305		Straubel.
32	Verre. Silicate.	$Si O^2$... 64.1 $K^2 O$... 15 $Na^2 O$.. 9 Ca O... 9 $Al^2 O^3$.. 2.5 $As^2 O^5$.. 0.2 $Mn^2 O^3$. 0.15	Dilatomètre.	Refroidi à l'air libre.	0° — 100°	a) 0.0000312 b) 0.0000314		Straubel.
33	Verre. Silicate.	$Si O^2$... 58.7 $K^2 O$... 14 $Na^2 O$.. 10 $Al^2 O^3$.. 4 $P_6 O$... 6 Zn O... 8 $As^2 O^5$.. 0.2 $Mn^2 O^3$ 0.1	Dilatomètre.	Refroidi à l'air libre.	0° — 100°	a) 0.0000324 b) 0.0000324		Straubel.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

N° D'ORDRE	DÉSIGNATION	COMPOSITION CHIMIQUE	MÉTHODE de recherche	REFROIDISSEMENT	INTERVALLE de température observé	COEFFICIENT de dilatation 3 α pour 1° centigrade	REMARQUES	MESURE effectuée par MM.
34	Verre. Silicate.	$Si\,O^2$... 42.9 $K^2\,O$... 11 $Na^2\,O$.. 8 $Pb\,O$... 34 $Al^2\,O^3$.. 4 $Mn^2\,O^3$. 0.1	Dilatomètre.	Refroidi à l'air libre.	0° — 100°	0.0000328	Ces verres sont en partie hygroscopiques et, par suite, ne sont pas d'un emploi pratique.	Pulfrich.
35	Verre alumineux.	$Si\,O^2$... 57 $K^2\,O$.. } 26 $Na^2\,O$.} 26 $Al^2\,O^3$.. 12 $Zn\,O$... 0.5	Abbe-Fizeau.	Refroidissement ordinaire au four à refroidir.	17°.8 — 96°.5	0.00003369	Se travaille à la lampe.	Pulfrich.
36	Silicate. Crown ordinaire.	(Voir n° 27.)	Abbe-Fizeau.	Fortement trempé.		0.00002770	Coefficients de dilatation apparente.	Pulfrich.
37	Silicate. Crown ordinaire.	(Voir n° 27). Zone de 15mm de diamètre.	Abbe-Fizeau.	Fortement trempé.		0.00003020	Coefficients de dilatation apparente.	Pulfrich.
38	Silicate. Crown ordinaire.	(Voir n° 27.) D'une bande de 20mm	Abbe-Fizeau.	Fortement trempé.		0.00003275	Coefficients de dilatation apparente.	Pulfrich.

Ce qui ressort le plus nettement de l'examen de ce tableau, c'est que, pour les verres siliceux, la dilatation croît avec la teneur en alcalis.

L'influence des alcalis sur la dilatation de l'émail pour fer a été indiquée par Petrick, dans un article du *Central Blatt für Glassindustrie und Keramick* (page 61, 1890). Par contre, l'acide borique produit une diminution notable de la dilatation.

II

VERRES SOUDÉS

Lorsque l'on est forcé de superposer deux verres de compositions différentes, on fait généralement en sorte que leurs dilatations soient très voisines. Cela n'est pourtant pas nécessaire. Il suffit qu'il existe une certaine relation entre les épaisseurs relatives des deux couches de verre et leurs coefficients de dilatation. Ainsi, à Iéna, on soude du verre de thermomètre normal, dont le coefficient de dilatation cubique entre 0 et 100° est = 0,0000244, au borosilicate de soude argileux n° 6, dont la dilatation est = 0,0000177.

Le premier verre doit être en dehors et le second en dedans pour fabriquer un vase creux ou un tube. La couche du second verre ne doit être que de 1/10 ou 1/15 de l'épaisseur du premier.

Si l'on choisit deux verres dont la différence de dilatation soit à peu près la moitié de la précédente, la couche intérieure peut être plus forte. On peut, par une appropriation convenable des coefficients de dilatation, arriver à réunir deux couches de même épaisseur. On peut aussi réunir trois ou plusieurs couches de deux ou de plusieurs verres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'influence réciproque de ces couches de verre se reconnaît facilement. De deux couches de verre à dilatation différente, après le refroidissement, celle à plus grande dilatation se trouvera à l'état de tension, l'autre à l'état de compression. Si l'on soude ensemble deux lamelles planes de tels verres à l'état pâteux, après le refroidissement elles seront courbes, de façon que le verre à plus grande dilatation soit à l'intérieur. Le rayon de courbure dépend de la différence de dilatation. A un plus petit rayon de courbure, correspond une plus grande différence de dilatation. Si l'on réunit sur la canne deux verres se dilatant inégalement, de sorte que la couche à plus grande dilatation se trouve *à l'intérieur*, et si l'on souffle ensuite une sphère, la couche intérieure se trouve, après refroidissement, en état de tension plus forte. Il en est de même pour les vases à parois épaisses refroidis rapidement, et qui sont connus sous le nom de vases de Bologne. La plus petite fente peut faire briser un tel corps.

Si l'on souffle un vase semblable de façon que la sorte de verre qui se dilate le moins soit à l'intérieur, une forte fente sur la paroi interne est sans effet.

Si l'on fabrique un corps creux de façon que, entre deux couches de verre, s'en trouve une se dilatant plus fortement, après le refroidissement, la couche du milieu est en tension et les couches externe et interne sont en compression. C'est, en somme, ce que l'on obtiendrait avec une seule sorte de verre durci par un rapide refroidissement dans l'huile. Les vases creux préparés d'après la manière décrite ci-dessus se différencient avec avantage du verre durci par la trempe en ce qu'un recuit postérieur reste sans effet.

L'introduction d'une couche interne à coefficient de dilatation moindre a pour effet de couvrir et de protéger la couche qui se trouve en tension et de mettre à sa place une couche en compression. *Les couches extérieures en compression élèvent d'une façon notable la résistance du verre aux actions mécaniques et aux changements rapides de température; au contraire, les couches en tension sont d'une susceptibilité surprenante envers les mêmes actions.*

Les ballons ainsi fabriqués peuvent être chauffés fortement (à une température intérieure de 184°) et être arrosés ensuite sans danger avec de l'eau froide. Les capsules en verre peuvent être chauffées au Bunsen sans danger de rupture. Les verres de lampe, placés sur un bec Argand, peuvent être arrosés à l'intérieur avec de l'eau froide sans se briser. Des tubes de niveau d'eau chauffés dans l'huile à 200°-230° peuvent être immédiatement plongés dans l'eau froide.

D'après les recherches du *Physikalischtechnische Reichanstalt* (*Abtheilung II*), ces tubes, après avoir été soumis à une température intérieure de 200° (distillation de benzoate de méthyle), peuvent supporter un arrosage en gouttes d'eau froide, comme cela arrive sur les locomotives par des temps de pluie ou de neige. De tels tubes sont restés intacts pendant cinq mois sur des locomotives ou sur des chaudières fixes à haute pression.

Pour fabriquer ces corps en verres soudés, on fond deux sortes de verre, dont le rapport de dilatation soit bien déterminé. Ce rapport est contrôlé au moyen du rayon de courbure que prend une lamelle formée de deux couches superposées des deux verres. La différence de dilatation convenable est obtenue par une teneur plus ou moins forte en alcali.

Les ruptures instantanées que présente le verre trempé *de la Bastie* n'ont pas été observées sur les corps en verres soudés: ballons, capsules, tubes de niveau. Mais, avant de se prononcer, il faut attendre qu'un long emploi pratique vienne confirmer cette assertion.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LA SOCIÉTÉ TECHNIQUE IMPÉRIALE RUSSE

SON HISTOIRE ET SON ORGANISATION ACTUELLE

Peu de personnes, en France, connaissent cette Société, son rôle et son influence sur le développement de l'industrie en Russie. Fondée il y a à peine trente ans, cette Société a déjà acquis une grande autorité, reconnue par tous les industriels russes, car c'est grâce à son activité que l'industrie russe, peu considérable il y a trente ans, s'est développée si rapidement. En groupant autour d'elle tous ceux qui s'intéressent au progrès de l'industrie nationale, la Société technique est devenue un centre intellectuel d'où se répandent dans toute la Russie les conseils, les indications pratiques, les instructions et les moyens nécessaires pour activer l'initiative des industriels. Elle a su, grâce à la compétence et à la valeur scientifique de ses membres, gagner la confiance des industriels russes, et arriver à être considérée comme la seule institution qui dirige intellectuellement la production russe.

La Société technique impériale russe fut fondée en 1866 par onze membres, en vue d'encourager le développement de l'industrie et des connaissances techniques en Russie. Comme moyens d'action, les onze fondateurs acceptèrent de faire des cours publics sur les différentes questions techniques, de propager des renseignements pratiques et techniques sur différentes fabrications industrielles, de développer l'enseignement technique par tous les moyens possibles, de se consacrer aux études des questions intéressant l'industrie nationale, d'encourager cette industrie par des prix, des médailles ou par des expositions des produits nationaux, d'être toujours prêts à répondre à toutes les questions qui leur seraient adressées soit par le gouvernement, soit par les particuliers, d'étudier les moyens de perfectionnement des produits locaux, de créer une bibliothèque technique, un laboratoire chimique et un musée industriel, de propager les produits nationaux peu connus à l'étranger, et enfin de faire intervenir le gouvernement en faveur de l'enseignement technique. Les onze fondateurs purent bientôt réunir trois cent trente-deux membres, et la Société, ainsi formée, se composa primitivement de quatre divisions : 1° produits chimiques et métallurgie; 2° mécanique et constructions mécaniques; 3° construction en général, art des mines et architecture, et, 4°, construction navale, artillerie et armement.

En 1868, la Société fonda entre ses membres une commission spéciale chargée de l'enseignement technique, qui devint ensuite la neuvième commission de la Société actuelle.

En 1878, fut fondée une nouvelle commission, celle de la photographie. Au commencement de l'année 1880, fut fondée la commission d'électricité; en décembre de cette année, la commission aérostatique, et enfin, en 1881, la commission des chemins de fer; de sorte que, actuellement, la Société technique russe se compose de neuf commissions : 1° *chimie;* 2° *mécanique;* 3° *construction en général;* 4° *guerre* et *marine;* 5° *photographie;* 6° *électricité;* 7° *aérostatique;* 8° *chemins de fer;* et 9° *enseignement technique.*

Toutes ces divisions ont leurs Comités propres, constitués par un président, un vice-président et vingt membres assistants. La Société elle-même est dirigée par un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Conseil général, qui comprend le président de la Société, son vice-président, son secrétaire général et tous les présidents et vice-présidents des Comités. Le président de la Société est élu pour trois ans et les présidents des comités le sont pour deux ans. La Société se compose de membres honoraires, actifs, associés et correspondants. Parmi les membres honoraires, on rencontre quelques noms français. La Société a un président d'honneur et deux hauts protecteurs. Son président d'honneur est le grand-duc Alexandre Mikhaïlowitch. Son premier président d'honneur fut le duc Leuchtenberg. Les grands-ducs Mikhaïl Nicolaëvitch et Constantin Constantinovitch, oncle et cousin de l'empereur, sont ses protecteurs. Le tsar lui-même est membre honoraire de la Société depuis 1888.

Pour être élu comme membre actif de la Société, il faut être présenté par cinq membres, comme savant ou industriel; les membres associés peuvent n'être pas des industriels.

Le Conseil général tient ses réunions au moins deux fois par mois. Ses décisions sont légales lorsqu'il y a au moins six présidents divisionnaires présents. Chaque Comité divisionnaire doit se réunir une fois par mois. En réalité, les Comités tiennent séance une fois par semaine. L'Assemblée générale est mensuelle; elle discute et sanctionne les propositions du Conseil et des Comités; elle est en nombre, lorsqu'un quart des membres présents à Pétersbourg y assistent.

Les ressources de la Société se composent des cotisations des membres et des subventions. Un membre actif verse 10 roubles (27 fr.) au moment de s'inscrire et 10 roubles (27 fr.) annuellement. Les membres associés versent 20 roubles (54 fr.) comme cotisation annuelle. La Société reçoit des subventions du gouvernement: pour la neuvième division, 29 916 roubles (80 775 fr); pour le musée, 6 000 roubles (16 200 fr.) et pour la publication des *Mémoires de la Société*, 3 000 roubles (8 100 fr.) puis du Congrès des chemins de fer pour la *Revue des chemins de fer*, 6 500 roubles (17 550 fr.).

La Société technique comprend, outre le Conseil central, résidant à Pétersbourg, des sections provinciales, dont le but est de développer l'industrie locale. Suivant la contrée, la section comprend 3 ou 4 divisions, et même plus. C'est ainsi que la Société possède en ce moment les 18 sections suivantes : 1° Odessa; 2° Kharkoff; 3° Kieff; 4° les départements de la Baltique; 5° le Turkestan; 6° Nicolaëff; 7° Nijni-Novgorod; 8° Moscou; 9° Cronstadt; 10° Ecaterinoslaw; 11° Ivano-Wosnessensk; 12° Kasane; 13° le Caucase; 14° le gouvernement du Don; 15° Dombroff; 16° la Bessarabie; 17° Bakou; et 18° Perm. Chaque section reçoit les instructions de la Société centrale et s'occupe princi palement de l'industrie de sa localité. Ainsi, la section de Kieff étudie surtout la sucrerie, la section de Bakou l'industrie du naphte; celle de Kharkoff la métallurgie; celle du Turkestan, la métallurgie et le commerce. La section de Kieff, fondée en 1870, avait comme président, jusqu'à ces derniers temps, le professeur Bunge, président du conseil des ministres; elle compte 250 membres. La section de Moscou compte 314 membres, et fut fondée en 1876. La section d'Odessa, fondée en 1874, compte 310 membres; celle de Kasane 100 membres; celle de Bakou, 80; celle de Nijni-Novgorod, 100; celle de Kharkoff, 120; du Turkestan, 80, de Nicolaëff, 50. Le nombre total des membres des sections était de 1 900 en 1894.

Les travaux des sections sont présentés au conseil central soit par des rapports, soit par des publications mensuelles. C'est ainsi que plusieurs sections ont, suivant l'importance de la section, leurs journaux et leurs publications, techniques. La section de Kieff publie une revue bimensuelle : le *Zapisky de la section de Kieff*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La section du Caucase publie les *Zapisky de la section du Caucase;* de même, la section de Moscou et d'Odessa publient leurs *Zapisky*. La section de Bakou publie ses mémoires sous le titre de : *Travaux de la section de Bakou.* La section de Nijni-Novgorod publie depuis 1887 ses *Zapisky* sous le nom de *Messager de la navigation et de l'industrie de Nijni-Novgorod.*

Les sections qui n'ont pas de publications périodiques éditent leurs comptes rendus dans celles de la Société centrale. Cette dernière possède quatre journaux techniques, dont l'un, connu sous le nom de *Zapisky*, est l'organe principal de la Société. Les *Zapisky* forment une revue mensuelle dans laquelle sont publiés, outre les comptes rendus des séances du conseil général et des comités, les travaux originaux de membres de la Société et les extraits ou traductions de travaux étrangers. Les trois autres journaux appartiennent aux trois divisions suivantes : la sixième qui publie l'*Electritchestwo* (électricité), revue bimensuelle, traitant des applications pratiques de l'électricité; la huitième division qui édite un journal hebdomadaire : *Revue des chemins de fer;* enfin, la neuvième division publie son journal sous le titre d'*Enseignement technique.* Cette revue, la plus importante parmi les publications russes traitant de la question de l'éducation professionnelle, exerce une influence considérable. Outre ces journaux, la Société publie encore des ouvrages de ses membres sur les questions techniques, et chaque section réunit dans des éditions spéciales les comptes rendus de ses séances *in extenso.* La division de la photographie publia, de 1880 à 1887, son journal spécial : *la Photographie;* depuis, ses articles originaux sont insérés dans les *Zapisky*. Une large publicité est donnée par la Société aux comptes rendus des congrès, et des différentes expositions. Les ouvrages scientifiques, tant des étrangers que des nationaux, trouvent un appui dans la Société.

Les travaux de la Société technique peuvent se diviser en deux classes : la première comprenant les travaux accomplis par la Société même et la seconde ceux de ses divisions.

La Société générale étudie, soit par les commissions spéciales soit dans ses assemblées, les différentes questions posées par le gouvernement ou par les particuliers. Elle organise des conférences, des congrès et des expositions spéciales, fait des cours publics et participe aux expositions générales. C'est ainsi qu'elle organisa la section russe à l'exposition universelle de Londres. La section russe de l'exposition de 1889 fut organisée par le général Andreeff, membre fondateur de la Société. Elle organisa à Pétersbourg le congrès de l'enseignement technique en 1890, l'exposition des pompiers en 1892 et la première exposition du livre, au mois de février 1895; elle prit part à l'organisation de l'exposition nationale de Moscou en 1882, à celle de l'exposition universelle de Philadelphie et fonda en 1870 le musée technique, où sont exposés les produits industriels.

Les commissions, de leur côté, se partagent la besogne de la Société : la commission de chimie organisa à Saint-Pétersbourg, en 1887-1888, une exposition de produits du naphte et des moyens d'éclairage et de chauffage par le naphte. En 1886, elle réunit en congrès les fabricants et commerçants amidonniers. C'est dans cette division qu'on étudia les différents types de lampes à huile minérale lourde, la question des *pipe lines* de naphte, la structure de l'acier et sa fabrication, la calorimétrie des différents échantillons des charbon russes, etc.

La seconde commission (la mécanique) organisa, en 1875 et 1880, deux expositions et, en 1875, le congrès des mécaniciens à Pétersbourg; elle étudia la question des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

moteurs à pétrole, etc. La troisième division étudia la question de la ventilation et du chauffage des habitations, la canalisation des villes, les qualités du ciment et des rails, les perfectionnements de la navigation fluviale, etc. Dans la quatrième division, l'on s'occupa de la partie militaire du musée, de l'organisation de l'exposition de la chasse en 1886, de la publication d'un manuel pour la construction des navires de commerce, des perfectionnements et du développement de la marine marchande. La cinquième division organisa trois expositions photographiques à Pétersbourg : en 1888, 1889 et 1891, étudia les procédés à la gélatine; institua des cours de photographie. La division de l'électricité, organisa en 1880, 1881, 1886 et 1891, quatre expositions, étudia les conditions d'utilisation des courants électriques, etc. Dans la septième division, on s'occupait de tout ce qui concerne l'aérostation ; c'est elle qui discuta, l'année dernière, l'intéressant rapport du professeur Tchernoff sur la *possibilité du vol sans ballon*. Dans la division des chemins de fer, on étudia la construction et l'exploitation des chemins de fer russes, le chauffage, l'éclairage des trains et tout ce qui intéresse les chemins de fer. La neuvième division, la plus importante par le rôle qu'elle joue dans le développement technique, actuellement, sous la protection du grand-duc Constantin Constantinowitch, fut fondée, en 1868 sous le nom de la *commission de l'enseignement technique*. D'après son statut, les nominations de son président et de ses trois vice-présidents sont sanctionnées, comme celle du président de la Société, par l'organe officiel du gouvernement. Depuis 1889, cette division publie son journal, l'*Enseignement technique*. En 1890, elle organisa le congrès de l'enseignement technique en Russie, où l'on traita des enseignements professionnels supérieur, secondaire et primaire. De plus, cette division fonda des cours pour les ouvriers et ouvrières, des écoles spéciales et des écoles primaires pour les enfants des ouvriers. Actuellement, la Société possède et dirige 37 écoles, dont 3 écoles spéciales : 1° école de contremaîtres pour constructions à Pétersbourg, fondée en 1874, 80 élèves; 2° école des artisans à Pétersbourg, fondée en 1879, 108 élèves; 3° école du livre, également à Pétersbourg, fondée en 1884, 70 élèves. 12 écoles du soir pour ouvriers adultes (1); deux écoles du soir pour les ouvrières adultes : 1° école de Liguoff, fondée en 1889, 33 élèves; et 2° école de dimanche d'Ismaïloff; trois écoles pour les jeunes gens; quatre écoles pour jeunes filles et 12 écoles primaires mixtes (2). La Société a fondé, en outre, près de Pautiloff, un atelier d'enseignement pour les jeunes ouvrières, qui compte actuellement 70 élèves. En somme, la Société technique de Saint-Pétersbourg tient sous sa direction l'enseignement et l'éducation

(1) 1° École de Navre, fondée en 1871, 194 élèves; 2° seconde école de Navre, fondée en 1884 134 élèves; 3° école de Lytiennoé, en 1874, 51 élèves; 4° première école de Wassilevo-Ostroff, fondée en 1873, 110 élèves; 5° seconde école de Wassilevo-Ostroff, fondée en 1883, 102 élèves; 6° école de Wiborg, en 1870, 115 élèves; 7° école de Nikolsk, près des usines de MM. Tchechera, Gouka et Peltzer, fondée en 1889; 8° école de Poutiloff (école de dessin), créée près de l'usine de Poutiloff, en 1883, 53 élèves; 9° école de porcelaines, ouverte en 1889, 35 élèves; 10° école fraternelle, fondée en 1890, 119 élèves; 11° école d'Oboukhoff, 47 élèves; 12° école de Revel, à la ville de Revel, fondée en 1886, 31 élèves.

(2) 1° École de l'expédition des papiers d'État, fondée en 1886, 65 garçons et 60 filles; 2° école de Navre, ouverte en 1871, 49 garçons et 47 filles; 3° seconde école de Navre, fondée en 1884, 120 garçons, et 83 filles; 4° école de Wassilevo-Ostroff, 1874, 69 garçons et 29 filles; 5° seconde école de Wossilevska-Ostroff, 1873, 53 garçons et 36 filles; 6° école d'Arsenal, fondée en 1874, 24 garçons et 26 filles; 7° école d'Okhtensk, en 1883, 73 garçons et 46 filles; 8° école d'Oboukoff, 1882, 87 garçons et 91 filles; 9° seconde école d'Okhtensk, 1886, 37 garçons et 33 filles; 10° école de Pautiloff, 1887, 122 garçons et 152 filles; 11° école d'Écateringhoff, 1888, 34 garçons et 18 filles et, enfin 12° école fraternelle, fondée en 1890, 54 garçons et 46 filles.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de 3500 élèves; comme le dit dans son rapport M. Mikaloff, inspecteur général de ces écoles, l'affluence des élèves augmente tous les ans et ces écoles ne sont plus en mesure de satisfaire aux demandes.

L'enseignement, dans les écoles spéciales, se divise en enseignement théorique et enseignement pratique. Le premier se fait exclusivement dans les écoles, tandis que l'enseignement pratique se donne dans les écoles, pour les deux premières écoles spéciales, et chez les imprimeurs pour les élèves de l'école du livre. L'enseignement théorique se compose, pour ces écoles, des matières suivantes : religion, le russe, arithmétique, géométrie, histoire, géographie, physique, chimie, histoire naturelle, mécanique, technologie élémentaire, dessin et calligraphie; pour l'école des contremaîtres, le programme contient en plus la construction, les chemins de fer, géodésie, comptabilité, dessin. A l'école des artisans, on enseigne les métiers de menuisiers et de serruriers. Dans les écoles du soir, l'enseignement est tout à fait élémentaire, et souvent accompagné de conférences. Les écoles primaires sont destinées exclusivement aux enfants des ouvriers, et ne donnent qu'un enseignement élémentaire et préparatoire pour les autres écoles. En se trouvant près des usines où travaillent leurs parents, les enfants s'habituent à la vie d'ouvrier, et, d'autre part, grâce aux écoles, ils forment cette rare catégorie des ouvriers russes qui possèdent « le secret de lire et d'écrire ». Celui qui connaît l'état intellectuel du peuple russe comprendra facilement le grand service qu'a rendu la Société technique de Pétersbourg en fondant ces écoles primaires. Les élèves de ces écoles peuvent passer dans des écoles spéciales, de sorte que la Société prépare toute une catégorie d'ouvriers intelligents, possédant les connaissances nécessaires pour faire de bons ouvriers.

Les ressources des écoles de la Société se composent des subventions, des rétributions des élèves et des recettes provenant de conférences, fêtes, etc. La Société est subventionnée, pour ses écoles, par de nombreux donateurs (1), auxquels il faut ajouter les versements de diverses usines et fabriques, 4494 roubles; les recettes de conférences, 2000 roubles et les rétributions des élèves, 3575 roubles. Les élèves des écoles spéciales payent 20 roubles (54 francs) par an; ceux des autres écoles ne payent que 34 kopecks (80 centimes) par mois.

Toutes ces écoles sont sous la surveillance de 10 présidents et de 20 inspecteurs, et sont dirigées par 173 maîtres, dont 30 maîtresses d'école enseignant gratuitement; 21 imprimeurs tiennent chez eux les élèves de l'école du Livre, et deviennent, par cela même, membres fondateurs de cette école. L'âge des élèves varie entre 6 et 16 ans pour les écoles primaires, 12 et 43 ans pour les écoles des adultes.

La Société possède un laboratoire et un pavillon photographique. Le laboratoire placé sous la dépendance de la première division, est dirigé par un membre du conseil de cette division. Son directeur actuel est M. Lissenko, professeur de l'École de mines de Saint-Pétersbourg, membre honoraire de la Société. Les travaux du laboratoire

(1) Ministère de l'Instruction avec 17000 roubles; 2° département d'artillerie avec 9916 roubles; 3° génie militaire, 2000 roubles; 4° département de la marine, 1000 roubles; 5° ministère des Travaux publics, 1000 roubles; 6° expédition des papiers d'État, 6000 roubles; 7° hôtel de ville de Saint-Pétersbourg, 3000 roubles; 8° Société de bons humains, 900 roubles; 9° usine de Poutiloff, 6800 roubles; 10° usine d'Oboukhoff, 4815 roubles; 11° aciéries de la Baltique, 1500 roubles; 12° usine de caoutchouc, 3350 roubles; 13° usine de Kalinekine, 700 roubles; 14° tissage d'Ekateringhoff, 750 roubles; 15° tissage de Wolhynkinsk, 3700 roubles; 16° tissage de Newa, 3600 roubles; 17° quelques fabricants de porcelaine, 800 roubles; 18° les imprimeurs, 2700 roubles; 19° pour l'école de Revel, 900 roubles.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sont confiés à deux chimistes; il exécute les analyses pour les membres de la Société et les particuliers. Les analyses faites pour les membres de la Société doivent avoir un but scientifique ou technique. Les analyses pour les particuliers sont payées. Le laboratoire est à la disposition de tous ceux qui veulent exécuter un travail quelconque; il est ouvert de septembre à juin exclusivement. Les membres de la Société peuvent disposer du laboratoire après avoir reçu une permission du conseil de la première division. Le directeur taxe les analyses, reçoit les demandes et donne des explications. Les deux chimistes sont sous la direction du directeur et reçoivent chacun 600 roubles (2000 francs) par an d'appointement et 50 p. 100 sur les analyses particulières. Tous les ans le laboratoire présente un rapport des analyses faites. Dans le cas de maladie, le directeur est remplacé par un autre membre du conseil de la division.

Le pavillon photographique destiné principalement aux études photographiques de la Société est sous la direction du président de la cinquième division, et n'a de rapports directs qu'avec cette division. Tous les membres de la Société peuvent disposer de l'outillage du pavillon pour leurs travaux personnels. Les membres des sections provinciales ont aussi le droit de travailler dans le pavillon, ainsi que dans le laboratoire qui s'y trouve adjoint. Aucune commande particulière n'est admise au pavillon. Le but de ce pavillon est de permettre d'étudier les nouveaux procédés photographiques, d'examiner les nouveaux produits, et d'encourager le développement de l'art photographique. L'outillage et le laboratoire sont surveillés par un manipulateur appointé, choisi par le directeur du pavillon. Le pavillon sert encore pour les séances du conseil de la division, pour les conférences et les différentes démonstrations scientifiques. Dans le pavillon, se trouve un dépôt de produits nécessaires pour la photographie, mis à la disposition des membres contre remboursement. Le directeur est responsable du matériel et du pavillon. Pour pouvoir y travailler, il faut se munir d'une permission et inscrire sur un registre spécial le sujet des travaux à exécuter.

Telles sont, dans les grandes lignes, l'organisation de la *Société technique impériale russe* et le rôle qu'elle a accompli depuis trente ans. L'importance de cette Société nous explique pourquoi ses membres appartiennent à la haute société intellectuelle du grand empire, et pourquoi elle attire vers elle tout ce qui a une autorité quelconque dans la science, l'industrie, le commerce et la direction des affaires sociales de la Russie. Il suffit de jeter un coup d'œil sur la liste des membres de la Société centrale des sections provinciales pour être convaincu de l'influence que cette Société exerce sur ses compatriotes.

La Société centrale compte actuellement environ 800 membres, dont 48 honoraires, 16 associés et 6 correspondants. Le nombre total des membres de la Société technique russe est d'environ 2700. Outre ses hauts protecteurs, la Société compte un nombre considérable de savants russes, d'ingénieurs, de publicistes, etc. Le président actuel de la Société est M. Kasy, directeur des usines de construction des navires à Pétersbourg; son vice-président est le général Egherschtromm. Le secrétaire de la Société est M. Fedoroff, directeur du Musée technique et rédacteur en chef des *Zapisky* (1).

(1) Parmi les membres honoraires, nous relevons les noms du général Vamovsky, ministre de la guerre; de M. Bunge, président du conseil des ministres; de M. Delianoff, ministre de l'instruction; de M. Dournowo, ministre de l'intérieur; du général Richter, ministre de la cour impériale; de M. Ostrowsky, de M. Mendeleeff, le savant chimiste russe; de M. Lissenko, professeur à l'École des mines; du général Milutine; de M. Eiffel; de M. de Lesseps; de M. Contamin, ancien président de la Société des ingénieurs

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les présidents de divisions sont choisis parmi les membres honoraires ou actifs (1).

Parmi les œuvres spéciales publiées par la Société, nous pouvons indiquer les plus importantes : les travaux réunis des séances du congrès de la construction mécanique de 1875; ceux du congrès des membres de la Société, qui eut lieu en 1882 à Moscou; ceux des commissions d'assainissement des villes en 1884; ceux du congrès des fabricants et des commerçants de l'amidon de 1886; ceux du congrès de 1885 sur le naphte et les mesures nécessaires pour son extension en Russie, et ceux de différents congrès tenus à Pétersbourg sous l'initiative et sous la direction de la Société. La Société a publié en outre les ouvrages spéciaux suivants : les *machines électro-magnétiques* de Comson (1882); les *renseignements sur l'état actuel de la technologie électrique* (1882); les *chemins de fer russes*, le *dictionnaire technique* de M. Andrevff, en français, russe, allemand et anglais; les *conférences de M. Levoff* sur l'*histoire des grandes découvertes;* de MM. Rhykatcheff, Spitzine, Filipenko et Kouseminsky sur l'*aérostation;* de Jablotchkoff sur l'*éclairage électrique;* de Boutleroff sur le *gaz d'éclairage;* de Wychnegradsky sur la *théorie mécanique de la chaleur;* de Khvolson sur les *mesures métriques*, etc. En plus, la Société a donné une foule de conférences, fait un nombre considérable de cours très utiles à ceux des industriels à qui manquait la compétence des savants et des érudits.

L'exemple de l'organe central de la Société fut suivi par les sections provinciales, et celles-ci, de leur côté, publièrent une grand nombre d'ouvrages spéciaux et industriels. Plusieurs ouvrages de savants étrangers ont été traduits et édités par les sections.

En terminant, indiquons un point très important des travaux de la Société, c'est que cette Société, à côté des études techniques industrielles, s'intéresse vivement à l'état sanitaire de ses concitoyens. L'hygiène est une question qui occupe toutes les divisions, ainsi que celle de la préservation des ouvriers contre les accidents.

Si le lecteur trouve que nous avons été trop brefs, nous le prions de ne pas oublier que nous ne nous sommes pas proposé d'écrire l'histoire de la Société technique mais que nous voulions seulement faire connaître l'organisation du foyer technique, d'où sortira certainement l'avenir de la Russie, pays plein de richesses encore inexploitées, qui n'attendent que la pioche de l'ouvrier et la cornue du chimiste. La Société technique de Saint-Pétersbourg a fait preuve, pendant ses trente ans d'existence, d'une activité digne d'éloges, et qui mérite d'être mieux connue à l'étranger.

P. KOUINDJY.

civils de France; du baron Nordenschild; de M. Beketoff; de M. Abasan, etc. Parmi les membres correspondants, nous trouvons MM. Nadar et Armangaud aîné de Paris; Fogel, professeur de photochimie à Berlin, etc.

(1) Le président de la première division est actuellement M. Kanovaloff, professeur de chimie de l'Université de Saint-Pétersbourg. Celui de la deuxième division est M. Altoukoff, ingénieur; celui de la troisième division M. Nuberg, ingénieur civil. Le président de la quatrième division est le vice-amiral Verkhovsky. La cinquième division est présidée par le colonel-lieutenant Smirnof, rédacteur en chef de l'*Electritchestwo*. Le président de la sixième division est M. Egoroff, professeur de physique à l'Université; celui de la septième division, M. Boreskoff, général-lieutenant, directeur de la section galvânique du génie militaire, membre honoraire. Le président de la huitième division est M. Gortchakoff, ingénieur civil, rédacteur du journal *Revue des chemins de fer*, et enfin la neuvième division est présidée par M. Nébolsine, conseiller particulier du ministre des Finances, membre honoraire et rédacteur en chef du journal *Enseignement technique*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LITTÉRATURE

DES

PÉRIODIQUES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIÉTÉ

Du 15 Août au 15 Septembre 1895.

DÉSIGNATIONS ABRÉGÉES DES PUBLICATIONS CITÉES

Ag. . . . Journal de l'Agriculture.
Ac.. . . . Annales de la Construction.
Acp. . . . Annales de Chimie et de Physique.
AM. . . . Annales des Mines.
Ap. . . . Journal d'Agriculture pratique.
APC . . . Annales des Ponts et Chaussées.
At. . . . Annales télégraphiques.
Bam . . . Bulletin technologique des anciens élèves des écoles des arts et métiers.
Btp. . . . Bulletin du ministère des Travaux publics (statistiques).
Ci. . . . Chronique industrielle.
Co.. . . . Cosmos.
CN. . . . Chimical News (London).
Cs.. . . . Journal of the Chemical Society (London).
CR. . . . Comptes rendus de l'Académie des Sciences.
Dp. . . . Dingler's Polytechnisches Journal.
E. . . . . Engineering.
E'.. . . . The Engineer.
Eam. . . . Engineering and Mining Journal.
EE.. . . . Eclairage Électrique.
El.. . . . Electrician (London).
Elé. . . . L'Électricien.
Ef.. . . . Économiste français.
Es.. . . . Engineers and Shipbuilders in Scotland (Proceedings).
Fi . . . . Journal of the Franklin Institute (Philadelphie).
Gc. . . . Génie civil.
IC.. . . . Ingénieurs civils de France (Bulletin.).
Ie. . . . Industrie électrique.
Im.. . . . Industrie minérale de Saint-Étienne.
IME.. . . Institutions of Mechanical Engineers (Proceedings).
In. . . . Inventions nouvelles.
Ln. . . . La Nature.
Ms. . . . Moniteur scientifique.
N. . . . Nature (anglais).
Pc. . . . Journal de Pharmacie et de Chimie.
Pm . . . *Portefeuille* économique des *machines*.
Rgc.. . . Revue générale des chemins de fer.
Rgds. . . Revue générale des Sciences.
Ri. . . . Revue industrielle.
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 (Bulletin).
Sfp . . . Société française de photographie (Bulletin).
Si. . . . La Science illustrée.
Sie. . . . Société internationale des Électriciens (Bulletin).
Sg. . . . Bulletin de la Société de géographie.
Sgc . . . Bulletin de la Société de géographie commerciale.
SL. . . . Bulletin de statistique et de législation.
SuE. . . Shahl und Eisen.
USR. . . Consular Reports to the United States Government.
VDI.. . . Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure.
ZOI.. . . Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieure und Architekten. Vereins.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

Anthracnose et *Rougeot*. *Ap.* 5 *Sept.*, 338.
Autruche barbaresque. Élevage en Algérie et au Soudan. *Rs.* 14 *Sept.*, 326.
Bétail de l'Argentine (Le). *SA.* 6 *Sept.*, 866.
— Emploi du froment dans l'alimentation du —. *Ag.* 31 *Août*, 14 *Sept.*, 327, 399.
— Nourriture économique du — en hiver. *Ap.* 29 *Août*, 306.
— Race ovine Lauraguaise. *Ap.* 22 *Août*, 257.
— Race bovine gasconne, *Ag.* 14 *Sept.*, 405.
Betteraves à sucre. Expérience de Capelle. *Ag.* 17, 24, 31 *Août*, 250, 280, 339. *Ap.* 22 *Août*, 263.
— extra-riches de Kalinofka, *Journal des fab. de sucre*, 11 *Sept*.
— Destruction du sylphe opaque des —. *Si.* 31 *Août*, 214.
Blé Gatelier (Le) (Schribaux). *Ap.* 5 *Sept.*, 343.
— Riéti et sa panification. *Ag.* 14 *Sept.*, 417.
— à la station expérimentale de Capelle. *Ap.* 29 *Août*, 7 et 12 *Sept.*, 292, 345, 383.
Cacaoyères de la Guyane. *Sgc.* p. 718.
Capres de Provence. Industrie coopérative. *Ag.* 17 *Août*, 235.
Cultures intercalaires et l'amélioration du sol. *Ap.* 29 *Août*, 290. Choix des plantes pour —. Expériences de Lupitz. *Ap.* 12 *Sept.*, 364.
Électricité. Emploi dans les fermes. *Ag.* 17 *Août*, 14 *Sept.*, 245, 414.
Engrais (Fraudes dans le commerce des). *Ag.* 17 *Août*, 250.
— Dosage des sels alcalins dans les — (Cameron). *ScP.* 5 *Sept.*, 108.
— Emploi en couverture des engrais concentrés solubles. *Ap.* 22 *Août*, 255.
— Migration du phosphate de chaux dans les plantes. *CR.* 19 *Août*, 362.
— Emploi des phosphates dans les terres arides (Pageot). *Ap.* 5 *Sept.*, 334.
Foins vasés. Utilisation pour l'alimentation du bétail (Henri). *Ap.* 12 *Sept.*, 384.
Fruits. Conservation en Amérique. *Si.* 24 *Août*, 201.
Graciliera (Ravages de la). *Rs.* 7 *Sept.*, 316.
Labourage électrique (Ringelmann). *Ap.* 5. 12 *Sept.*, 329, 376.
— Expériences de —. *Ln.* 7 *Sept.*, 235.
Lait. Stérilisation. *Cs.* 31 *Août*, 766.
— Machines de laiterie au concours de Berlin. *VDI.* 7. 14 *Sept.*, 1078, 1109.
Miel. Falsification du — et des huiles d'olive. *Ag.* 24 *Août*, 283.
Mécanique agricole. Problèmes pratiques. *Ag.* 17 *Août*, 247.
Matériel agricole au concours de Reims (Ringelmann). *Ap.* 22 *Août*, 265; de Berlin. *VDI.* 24 *Août*, 1026.
Ouvriers agricoles. Condition en Allemagne. *Rso.* 1er *Sept.*, 360.
Pêcher. Culture en Amérique. *Rs.* 14 *Sept.*, 346.
Pomme de terre. Le macromorphisme de la —. *Rs.* 14 *Sept.*, 347.
Prairies. Une prairie de lupin à Lupitz, et enrichissement du sol en azote en 25 ans. *Ap.* 5 *Sept.*, 326.
Pressoir à colonnes Simon. *Ag.* 24 *Août*, 290.
Prune (La). *Si.* 17 *Août*, 180.
Seigle de Hesbay. *Ag.* 24 *Août*, 281.
Semences. Vie latente des graines (de Candolle). *Rs.* 14 *Sept.*, 321.
— Germinateurs et germination. *Rs.* 7 *Sept.*, 313. *Ap.* 22 *Août*, 264.
Semoirs en ligne au concours de Reims (Ringelmann). *Ap.* 22 *Août*, 265.
Syndicats agricoles en France. *Rso.* 1er *Sept.*, 290.
Vigne. Gomme des vins (Nivière). *CR.* 19 *Août*, 360.
— Le Blak-Root. *Ag.* 24 *Août*, 286.
— Le Médoc (Maumenée). *Co.* 14 *Sept.*, 199.
— Rôle de la diastase dans les vignes. (Gruss). *Pc.* 15 *Sept.*, 275.
— Action de l'air sur le moût de raisins (Martinaud). *Pc.* 15 *Sept.*, 276.
— État actuel de la vinification en France (Roos). *Rgds.* 15 *Sept.*, 798.

CHEMINS DE FER

Attelage. Swift. *E.* 30 *Août*, 285.
Attraction par les trains en marche. *Ln.* 31 *Août*, 218.
Bandages et roues coulées en coquille. Avaries en 1887-1891. Chemins de fer allemands. *Rgc. Août*, 55.
Baton pilote électrique Chassin. *Ac. Sept.*, 130.
Chemins de fer belges. *E.* 16 *Août*, 220.
— américains (Jayez). *Gc.* 24. 31 *Août*, 261, 277.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

— japonais. *ZOI.* 16, 23 *Août*, 409, 417.
— français : statistique pour 1894. *Rgc. Août*, 80.
— Transcontinental Canadien. *Ef.* 7 *Sept.*, 308.
— de Galway-Clifden. *E.* 13 *Sept.*, 319.
— du Congo (Briart), *Ru. Juillet*, 72.
— (Sécurité des). *E.* 6 *Sept.*, 304.
Congrès de Londres. *Rt.* 10 *Sept.*, 389.
Éclairage électrique des trains. *EE.* 17 *Août*, 316.
Express du Nord de l'Angleterre. *E.* 23, 30 *Août*, 247, 278. *E'.* 23, 30 *Août*, 203, 212.
Freins électriques. *VDI.* 24 *Août*, 1016.
— Sabots de Parkinson. *E.* 23 *Août*, 258.
Grues de secours. Cowan. *E.* 30 *Août*, 268.
Locomotives américaines (Détail des). *Pm. Sept.*, 130.
— à marchandises du Southern Pacific. *Rgc. Août*, 97.
— Express Compound P.-L.-M. *Pm. Sept.*, 130.
— Tender, 4, couplées à bogie du North-Eastern. *E.* 6 *Sept.*, 297.
— pour le Métropolitain. *E.* 13 *Sept.*, 321.
— anciennes du Great-Western. *E'.* 13 *Sept.*, 238.
— Compensateurs de tiroirs américains. *Rgc. Août*, 50.
— Bogies des express du Great-Western. *Rgc. Août*, 96.
Longs parcours (Les). *E'.* 13 *Sept.*, 261.
Matériel roulant. Progrès du —. *SuE.* 1er *Sept.*, 803.
Métropolitain de Londres (Histoire du). *E'.* 10 *Août*, 151.
Traverses (Conservation et durée des). *Rgc. Août*, 93. *Ln.* 7 *Sept.*, 256.
Traversées obliques. Croisements doubles. *Rgc. Août*, 35.

TRANSPORTS DIVERS

Électricité. *Traction électrique* (Dawson). *E.* 16, 23, 30 *Août*, 6, 13 *Sept.*, 206, 238, 263, 289, 322.
— (Auvert). *E'.* 23 *Août*, 253.
— Chemin de fer du Snaeffel. *E'.* 30 *Août*, 208.
— Dépenses de la —. *E.* 6 *Sept.* 307.
— en Allemagne. *Ie*, 10 *Sept.*, 405.
— *Tramways électriques* souterrain de New-York. *E'.* 16 *Août*, 155. *EE.* 14 *Sept.*, 508. Système Dialto. *Industria*, 25 *Août*, 533.
— de Boston. *Elé.* 31 *Août*, 135.
— de Lyon-Vénissieux. *Ie.* 10 *Sept.*, 373.
— de l'île de Man. *El.* 13 *Sept.*, 647.
— de la Compagnie Hoerde. *E.* 23 *Août*, 253. *Ri*, 14 *Sept.*, 361.
— Localisation des fautes dans les —. (Henry). *EE.* 31 *Août*, 413.
— Distribution à trois fils pour —. *Elé.* 24 *Août*, 120.
— Trolleys (Les). (Pélissier.) *EE.* 31 *Août*, 391.
— Siemens. *E.* 13 *Sept.*, 345.
Frein de démarrage pour tramways Hopkins. *E.* 30 *Août*, 285.
Locomotive routière. Accident. *E'.* 30 *Août*, 206.
Moyens de transport sur routes (Les). (Philipson.) *E.* 23 *Août*, 239.
Moyeu à billes pour voitures. *Ln.* 7 *Sept.*, 228.
Pneumatique pour voitures. Michelin. *Ln.* 7 *Sept.*, 229.
Tramway à gaz de Dessau. *VDI*, 24 *Août*, 1012.
Tricycle à pétrole Knight. *E'.* 13 *Sept.*, 252.
Voitures automobiles Gurney. *E'.* 30 *Août*, 215.
— (Les). *E'.* 30 *Août*, 211.
— en France. *E.* 23 *Août*, 245.
— Concours de 1895. *IC. Juillet*, 8.

CHIMIE ET PHYSIQUE

Acétone (Fabrication de l'). *Technological Quarterly. Avril*, 103.
Acides : carbonique solide. *Ln. Août*, 191. Liquide. Rupture d'un récipient. (Périssé.) *IC. Juillet*, 81.
— sulfurique fumant. (Hill.) *CN.* 16 *Août*, 75.
— Tour de condensation Doulton, *Cs.* 31 *Août*, 749.
— borique : recherche et dosage. *Pc.* 15 *Sept.*, 241, 244.
— azotique et azoteux : réduction par le fer et le zinc humide et par les métaux en présence de l'eau. (Sabatier et Senderens). *ScP.* 5 *Sept.*, 790, 794.
Acidimètre Mathieu. *Ap.* 5 *Sept.*, 349.
Acoustiques (Les signaux.) *Rs.* 17 *Août*, 191.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Alcools. Produits par fermentation pure et leur innocuité. (Jacquemin.) *Pc.* 15 *Sept.*, 282.

Allumettes à pâtes explosives Shlœsing. *CR.* 19 *Août*, 331.

Ammoniaque (Expériences sur la combustion de l'). (Ossipef.) *ScP.* 5 *Sept.*, 1089.

Analyses. Séparation quantitative des métaux en dissolution alcaline. (Jannash.) *CN.* 23 *Août*, 91.

— séparation de l'or et de l'argent, du fer. (Warren.) *CN.* 30 *Août*, 101.

Argon. *CN.* 16, 23, 30 *Août*, 78, 89, 99. *CR.* 2 *Sept.*, 392, 394. *ScP.* 5 *Sept.* 1074.

Asphaltes et Bitumes (Sadter). *Fi. Sept.*, 198.

— La Gisolinite de l'Utah. (Day.) *Fi. Sept.*, 221.

Bicarbonate de soude et chlorure de chaux. Fabrication Solvay. *Cs.* 31 *Août*, 750.

Bichromates alcalins. Fabrication. (Beylekgy.) *Cs.* 31 *Août*, 751.

Brasserie dans l'Inde. *Cs.* 31 *Août*, 778.

— Les levures pures. (Worthmann.) *Cs.* 31 *Août*, 763.

— Trouble de gluten dans les bières. *Id.*, 764.

— Instabilité des bières en bouteilles et tonneaux. *Id.* 764.

— Fermentation partielle du sucre de cannes par les bières. (Hiepe). *Id.* 763.

Calculs de chimie et de physique (Réforme des) (Hanssen). *CN.* 30 *Août;* 13 *Sept.*, 101, 136.

Calorimètre à gaz Junker. *E'.* 16 *Août*, 165.

Caoutchouc (Avenir du). *E.* 30 *Août*, 275.

— (Vulcanisation du) (Weber). *ScP.* 5 *Sept.*, 1083.

— (Chimie du) (Henriquez). *Cs.* 31 *Août*, 763.

Carbone (Vapeur du). Étude sur les graphites. Préparation des graphites foisonnants au four électrique (Moissan). *ScP.* 5 *Sept.*, 794, 806, 818.

Carburendum (Le) (Mathews). *Cs.* 31 *Août*, 755.

Céramique. Le kaolin de la Grande-Trappe. *Co.* 24 *Août*, 92.

— Bronze et laques japonais (Hart). *SA.* 13 *Sept.*, 136.

Cesium (Sels doubles de chlorure de) (Wells et Bollwood). *American Journal of Science. Sept.*, 249.

Chaux et ciments. Calcimètre d'Astis. *Ag.* 31 *Août*, 323.

— Expériences sur la fusibilité des argiles réfractaires. *Technological Quarterly. Avril*, 63.

— Carrières de l'Iowa. *Eam.* 17 *Août*, 153.

— Densité des ciments. *E'.* 13 *Sept.*, 248.

Chimie pure (*Revue annuelle de*) (Étard). *Rgds.* 1^er^ *Sept.*, 780.

Chimie appliquée. Congrès belge de 1884. *IC. Juillet*, 76.

Chloroforme. Conservation par le soufre (Allain). *Pc.* 15 *Sept.*, 252.

Cyanures (Fabrication des) et de l'ammoniaque; fixation de l'azote atmosphérique (Wyatt). *Eam.* 10 *Août*, 124.

— et ferrocyanures alcalins (Kraener). *Cs.* 31 *Août*, 750. — et bromures de mercure. (Combinaison des) et des chlorures (Varet), *CR.* 19 *Août;* 2 *Sept.*, 348, 398.

— Recherches thermochimiques sur l'acide cyanurique et les cyanurates alcalins (Lemoult). *CR.* 19, 26 *Août*, 351, 375.

— Action de l'acide carbonique et des alcalis sur l'acide cyanurique (Lemoult). *CR.* 2 *Sept.*, 404.

Digesteur pour laboratoires Freiss. *Cs.* 31 *Août*, 769.

Dissociation. Comparaison des coefficients de — calculés d'après les expériences de solubilité et les conductibilités électriques. *Technological Quarterly. Avril*, 47.

Distillerie (La) en 1895. *Dp.* 23, 30 *Août*, 6 *Sept.*, 188, 206, 235, 259.

École de chimie en Angleterre. *CN.* 6-13 *Sept.*, 112.

Éther (Théorie électrodynamique de l') (Larmor). *RSL. Sept.*. 222.

Électrochimie (Progrès de l') (Richards). *Ri.* 7 *Sept.*, 357.

Éléments (Système des) (Thomsen). *CN.* 23 *Août*, 89.

Explosifs. Poudre sans fumée Maxim. *E.* 13 *Sept.*, 346.

— (Les) modernes Lewes. *Ms. Sept.*, 639.

— sans flammes. *Id.*, 664.

— Essais de nitroglycérines (Blomen). *Pc.* 15 *Sept.*, 268.

Fermentation apiculée et influence de l'aération dans la fermentation elliptique

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à haute température. (Rietsh et Herselin). *CR.* 29 *Août*, 378.
— alcoolique. Chaleur dégagée. *CR.* 19 *Août*, 351. Influence de l'oxygène, *Cs.* 31 *Août*, 764.
Formaline. Emploi pour la conservation des produits alimentaires. *Cs.* 31 *Août*, 766.
— (Recherche de la). *Id.*, 772.
Gaz oxyhydrique (Le). *Ln.* 7 *Sept.* 230.
Gaz d'éclairage (Développement de l'industrie du). *VDI.* 31 *Août*, 1041.
— Usine de Glascow. *E.* 23 *Août*, 231.
— (Luminosité des flammes de) (Lewes). *Cs.* 31 *Août*, 738.
— Becs incandescents. *Industria.* 18 *Août*, 518. Denayrouse. *Co.* 17 *Août*, 72. Cornues Henderson. *E.* 23 *Août*, 257. Rotative Dunsmore. *E.* 6 *Sept.*, 317. (Chargeurs hydrauliques pour) (Boggart). *E.* 6 *Sept.*, 312.
— Laveur Walker. *E.* 23 *Août*, 257.
— Aspirateur Gwynne. *E'.* 23 *Août*, 179.
— *Acétylène*. Synthèse technique (Will). *Cs.* 31 *Août*, 739. Acétylures alcalino-terreux et les synthèses chimiques (Gin). *Bam. Sept.*, 757.
— à l'eau (Appareil pour) Fourness. *E.* 13 *Sept.*, 345.
— Dimensions des appareils (Reissner). *Cs.* 16 *Août*, 738.
— (Dosage des acides sulfurique et sulfureux dans les produits de la combustion du). *Cs.* 31 *Août*, 771.
Glucine (Purification des sels de) (Hart). *CN.* 16 *Août*, 77.
Glycérose. Nouvelle préparation (Diacon). *ScP.* 5 *Sept.*, 862.
Helium. *CN.* 23 *Août*, 87, 89; *N.* 29 *Août*, 428.
Huile de cinnamone. *Cs.* 31 *Août*, 775.
— de croton. *RsL. Sept.* 238.
Hydrogène sélénié (Formation de l') (Pélabon). *CR.* 2 *Sept.*, 401.
Margarine. Industrie en Belgique. *Cs.* 31 *Août*, 777.
Minoterie (La) allemande. *Ap.* 5 *Sept.*, 340.
Mouvement Brownien (Le). *Rs.* 17 *Août*, 213.
Nickel (Dosage volumétrique du) (Moore). *CN.* 23 *Août*, 92.
Nitrates (Détermination volumétrique de l'azote des) (Gautier). *Cs.* 31 *Août*, 778.
Optique. Rotation magnétique du plan de polarisation dans les liquides : sulfure de carbone et eau (Rodger et Watson). *RsL. Sept.* 224.
— Indice de réfraction de l'eau de 0 à 10° (Conroy). *RsL. Sept.* 228.
Oxygène. Occlusion par le noir de platine (Mond et Ramsay). *RsL. Sept.*, 242.
Ozoniseur, Otto. *Ri.* 7 *Sept.* 356.
Perchlorure de fer liquide (Influence de la lumière sur le) (Rœser). *Pc.* 15 *Sept.*, 250.
Pétroles. Composition des pétroles sulfurés de l'Ohio et du Canada. *Technological Quarterly. Avril*, 5.
— Ozokérite. *Cs.* 31 *Août*, 741.
— russes (Industrie des). *Cs.* 31 *Août*, 177.
Physique mathématique (La) (Hicks). *N.* 12 *Sept.*, 472.
Poids atomiques (Rapport de la Commission des) en 1894. *CN.* 23, 30 *Août*, 93, 105.
— (Relations des) (Thomsen). *Co.* 7 *Sept.*, 172.
Savons. Dosage de l'alcali total (Wilson). *ScP.* 5 *Sept.*, 1090.
Selenium (Réduction des acides du — par l'acide hydriodique) (Gooch et Reynolds). *American Journal of Science.* 5 *Sept.*, 254.
Stéréochimie (État de la) (Meldola). *N.* 12 *Sept.*, 479.
Substitutions nitrées (Les). Matignon et Deligny. *CR.* 9 *Sept.*, 422.
Sucrerie. Raffinage direct du sucre brut (Prangey). *Journal des fabricants de sucre* 28 *Août.*
— Industrie en Égypte. *Journal des fabricants de sucre.* 21 *Août.*
— Congrès des fabricants austro-hongrois à Bregenz. *Journal des fabricants de sucre.* 7, 14, 21 *Août.*
— Turbine Hubner pour la fabrication du sucre en tablettes. *Ri.* 17 *Août*, 325.
— (La) en 1895. *Dp.* 30 *Août*, 209.
— (Industrie de la). *Ef.* 7 *Sept.* 305.
Synthèse chimique (Essai de) (Pictet). *Rs.* 31 *Août*, 258.
— (Progrès de la) (Meldala). *N.* 12 *Sept.*, 479.
Tannerie. Composition du cuir de chamois. *Cs.* 31 *Août*, 759.
— Tannage avec agents minéraux Bergmann. *Cs.* 31 *Août*, 760.
Tautomérie (La) (Markwall). *ScP.* 5 *Sept*, 1091.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Teinturerie. Matières colorantes à mordants artificiels (Nietsky). *Cs.* 31 *Août*, 742.
— Brevets divers. *Id.*, 746; 748.
— Les étalons de couleurs (Pillsburg). *N.* 22 *Août*, 390.
— Précision des essais de teinture (Boyer). *ScP.* 5 *Sept.* 1087.
— Progrès de l'industrie des matières colorantes (Ehrman). *MS. Sept.*, 605.
— Conservation des préparations au β naphtol sur le coton (Kerr). *Id.*, 638.
— Le bleu de méthylène, *Cs.* 31 *Août*, 772.
— Constitution des fuchsines (Lochar, Meyer). *ScP.* 5 *Sept.*, 1098.
— Mordançage de la laine par le chrome. *ScP.* 5 *Sept.* 1085.
Thermochimie des alcools et des aldéhydes (Berthelot). *Acp. Sept.*, 5.
Types abstraits (Théorie des) (Meldala). *N.* 12 *Sept.*, 479.
Uranite (Nouveau gaz de l') (Lockyer). *RSL. Sept.*, 191, 193.
Verrerie. (Progrès de la). *Dp.* 13 *Sept.*, 254. Fabrication des glaces ondulées Pelkington. *E.* 16 *Août*, 230.
— Soudure métallique du verre. *Co.* 7 *Sept.*, 162.
Vernis et peintures d'hématite. *Cs.* 31 *Août*, 757.

COMMERCE ET ÉCONOMIE POLITIQUE

Accidents du travail (Nouvelle loi sur la responsabilité des). *Ef.* 24 *Août*, 243.
Allemagne (Mouvement social et économique en). *Ef.* 24 *Août*, 241.
Angleterre. Commerce franco-anglais en 1895. *Ef.* 7 *Sept.* 241.
Association de prévoyance des employés civils de l'État. *Ef.* 31 *Août*, 273.
Brevets d'invention. Loi turque. *Ci.* 18 *Août*, 468.
Chômage (Assurance contre le) en Allemagne. *Ef.* 24 *Août*, 241.
Communes françaises. Situation financière en 1894. *SL. Août*, 154.
Employés de commerce à Paris (Les) (Honoré). *Rso.* 1er *Sept.*, 278.
États-Unis (Exportation des). *USR. Août*, 593, 637.
Grèves (Le droit de). *Ef.* 17 *Août*, 205.
Impôt sur le revenu en Wurtemberg. *SL. Août*, 176.
Ivoire (Commerce de l') à Anvers. *SA.* 6 *Sept.*, 868.
Japon. Le commerce franco-japonais (Boissonnade). *Sgc. Sept.* 708.
Maisons ouvrières de Roubaix. *Rso.* 1er *Sept.* 302.
Monopole de l'alcool en Suisse. *SL. Août*, 183.
Nouvelle-Calédonie. Colonisation. *Ef.* 14 *Sept.*, 345.
Office du travail. Travaux en 1894. *Gc.* 14 *Sept.*, 320.
Population (Vraie loi de la). *Ef.* 14 *Sept.*, 352.
Question ouvrière (La). *Rso.* 1er *Sept.*, 360.
Règlements d'atelier (Les). *Ef.* 7 *Sept.* 307.
Salaires (Minimum légal des). *Rso.* 1er *Sept.*, 302.
— à Paris. *E'.* 6 *Sept.*, 241.
Trades Unions (Congrès des). *E'.* 6 *Sept.* 236; *E.* 13 *Sept.*, 333.
Vins, alcools et cidres. Consommation en France en 1894. *Ef.* 24 *Août*, 251.

CONSTRUCTIONS ET TRAVAUX PUBLICS

Écluses à déblais pour fondations à l'air comprimé. *Ac. Sept.* 138.
Empress Theatre (L'). *E'.* 13 *Sept.* 264.
Fonçage hydraulique des caissons. *Co.* 31 *Août*, 139.
Jetée-promenade de Blakenbergue. *Gc.* 24 *Août*, 269.
Pavage ferrolytique. E. 23 *Août*, 253.
Ponts de Levensau et pont tournant sur le canal de Kiel. *E.* 16, 23 *Août*, 210, 234.
— de Rutherglen. *E'.* 23 *Août*, 182.
— de Duschau. *Gc.* 14 *Sept.*, 309.
— de Montréal. *E'.* 23 *Août*, 183.
— de la Tamise. *E.* 30 *Août*, 277.
— de Bellefontaine (Missouri). *E.* 6 *Sept.*, 247.
— tournant du bassin de Rochefort. *Ri.* 24 *Août*, 335.
— (Rigidité des). *VDI.* 24 *Août*, 1021.
— Efforts déterminés par des différences de température entre les deux semelles d'une poutre à travées continues (Deslandres et Lévy). *CR.* 9 *Sept.*, 414.
— à poutres droites. Calcul par la méthode des deux surcharges continues (Collignon). *Apc. Juillet*, 1.
— suspendus à portée maxima. *E'.* 13 *Sept.*, 247.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ÉLECTRICITÉ

Accumulateurs. Réactions électrochimiques (Cooper). *EE.* 7 *Sept.*, 466.
— (Tension des). *Elé.* 24 *Août*, 125.
— à navette Blot. *EE.* 17 *Août*, 290.
Bobine d'induction (Étincelle de la) (Lebiez). *Elé.* 24 *Août*, 113.
Câbles Felten et Guillaume. *EE.* 17 *Août*, 313.
— Calcul de la section la plus économique des (Vogel). *EE.* 7 *Sept.*, 465.
Canalisation Kingdon. *Elé.* 31 *Août*, 133.
Capacité des bobines (Kimboll). *EE.* 31 *Août*, 7 *Sept.*, 418, 475.
Chasse-neige et balayeuse électrique. *EE.* 24 *Août*, 368.
Commutateur Knowles. *EE.* 14 *Sept.* 505.
Conductibilité des mélanges de limaille métallique et de diélectriques (Lhuillier). *CR.* 19 *Août*, 345.
Coupe-circuits couverts (Danger des). *El.* 17 *Août*, 108. Siemens. *EE.* 14 *Sept.*, 505.
Diaphason. Variation du — dans un champ magnétique (Maurain). *EE.* 7 *Sept.*, 452.
Dynamos porte-balais Thomson. *EE.* 17-31 *Août*, 313, 413.
— Alternateurs. Construction des (Eschemburg). *EE*, 14 *Sept.*, 511.
— Propriétés générales des champs magnétiques tournants (Blondel). *EE.* 17-24 *Août*, 308, 258.
— pour mines Hall. *E'.* 23 *Août*, 181.
— à courants continus : rendement. (Brunshwick). *Elé.* 24 *Août*, 117. — Influence de l'entrefer des sur les caractéristiques Brunshwick. *EE.* 31 *Août*, 411.
— Étude expérimentale d'une — de 20 à 35 watts (Hanappe). *EE.* 7 *Sept.*, 433.
— *Moteurs* polyphasés. Calcul des — Cahen. *EE.* 17 *Août*, 319.
— asynchrone alternatif (Benischke). *EE.* 31 *Août*, 417.
Éclairage. *Arc.* Lampes Lyon. *E.* 6 *Sept.*, 317.
— Klosterman. *EE*, 14 *Sept.* 502. — l'arc électrique (H. Ayrton). *El.* 13 *Sept.*, 635.
— public par les lampes à arc (Blondel). *Rt.* 93 *Août*, 10 *Sept.*, 367, 393.
— de Londonderry. *El.* 30 *Août*, 587.
— *par luminescence* (Guillaume). *Ie.* 10 *Sept.*, 578.
Électricité moléculaire (Poynting). *El.* 10 *Sept.*, 642, 645.
Électrochimie. Progrès de — (Richards). *Ri.* 7-14 *Sept.*, 357, 367. — Lois générales (Janet). *EE.* 14 *Sept.*, 481.
Électrolyse. Électrolyseurs Solvay. Wadé, Gautier, Rudholnzer. *EE.* 7 *Sept.*, 461, 464.
— Chauffage d'une électrode métallique dans un électrolyte (Gosselin). *Sie. Juillet*, 235.
— du chlorure de calcium (Castner). *Cs.* 31 *Août*, 719.
— des gaz (Thomson). *N.* 5 *Sept.*, 451. *El.* 30 *Août*, 578.
— Rendement des appareils électrolytiques (Hurter). 31 *Août*, 415.
Étincelle disruptive. Expériences sur l'— (Broca). *EE.* 24-31 *Août*, 343, 401.
Expériences de Hertz. Interprétation des — (Duhem). *EE*, 17 *Août*, 14 *Sept.* 295, 494.
Figures de Lichtemberg (J.-P. Thomson). *RSL. Sept.*, 210.
Fils d'aluminium. Action des courants sur les — *Ln.* 17 *Août*, 181.
Fours électriques Girard et Street. *EE.* 7 *Sept.*, 454.
Heure. Transmission électrique de l'—. *RsL. Sept.*, 210. Wright. *EE.* 24 *Août*, 365.
Lignes de force (les) (Rhodes). *EE.* 31 *Août*, 425.
Machines électrostatiques Holtz et Wimshurts. Théorie des —. *EE.* 31 *Août*, 421, 423, 425.
Magnétisme terrestre. Distribution et variations (Bauer). *American Journal of Science. Sept.* 196. Rossler. *Industria.* 8 *Sept.* 561.
Mesures des résistances. Élimination de la force électromotrice dans les —. (Broca.) *EE.* 17 *Août*, 291.
— *Compteur* Fish. *EE.* 14 *Sept.*, 505.
— *Galvanomètre* Harrison, *id.*, 506.
— Observation sur les appareils extra sensibles (Armagnat). *Ic.* 10 *Sept.*, 380.
— Appareil de Wright pour mesurer la différence de phase de deux machines. *EE.* 24 *Août*, 367.
— Expériences avec des appareils électromagnétiques (Mac-Mahon). *El.* 30 *Août*, 594.
Piles Morisot. *EE.* 17 *Août.* 297. Rendement des —, 298. Callaud *El.* 17 *Août*, 106.
Pile. Velvo-carbon Barnett. *L'.* 13 *Sept.*, 252.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Self induction et capacité. Elé. 7-13 *Sept.*, 151, 167. Des câbles armés (Whitcher). *El.* 30 *Août*, 203.

Soudure électrique des roues Morecamb —. *E.* 13 *Sept.*, 345. — pour rails Thomson. *E'.* 30 *Août*, 203.

Stations centrales. Distributions à 230 Volts. *E'.* 16 *Août*, 161.

— Usine de la banlieue ouest de Paris. *Ci.* 18 *Août*, 465.

— de Douvres. *E.* 23 *Août*, 238; de Nice. *Ge.* 7 *Sept.*, 293; de Neuchatel. *Industria.* 25 *Août*, 529. Rotterdam. *EE.* 14 *Sept.*, 489.

— de la gare de Dresde. *Ie.* 10 *Sept.*, 382; de Davos (Suisse). id., 392.

— Dépense de charbon d'une — type Edison de 1890. *El.* 30 *Août*, 577.

Télégraphie. Poteau Siemens. *EE.* 17 *Août*, 315.

— Siphon recorder Muirhead. *EE.* 7 *Sept.*, 463.

— Remontoir automatique des appareils Hughes. *Elé.* 31 *Août*, 7 *Sept.*, 129, 154.

— quadruplex en Amérique. *EE.* 24 *Août*, 369.

Transformateur Carl Helner. *El.* 17 *Août*, 97. Variable Edison-Iwan. *EE.* 14 *Sept.* 507.

Transmisssion de force à l'usine Fabius Henrion. *Ln.* 17 *Août*, 181.

— dans les usines (Bollinckx). *EE.* 31 *Août*, 419; dans les carrières de Belgique. *Elé.* 7 *Sept.*, 145.

— Application aux appareils de levage et machines-outils. *Gc.* 31 *Août*, 383.

Unités magnétiques. El. 13 *Sept.*, 640, 653. *EE.* 24 *Août*, 376.

Vent. Utilisation du — pour la production de l'électricité. *Elé.* 13 *Sept.*, 171.

GÉOGRAPHIE

Bordeaux. Ef. 17 *Août*, 208.

Buenos-Ayres. Ef. 31 *Août*, 276.

Bulgarie. USR. Août, 638.

Chine. Ef. 14 *Sept.*, 341.

Continent polaire Austral. Ln. 17 *Août*, 186.

Groenland. Tour du monde. 24 *Août.*

Haut-Oubanghi (Decazes). *Sgc. Sept.*, 685.

Madagascar. Ef. 24 *Août*, 337. *Rs.* 24 *Août*, 231.

Nouvelles-Hébrides. Ef. 24 *Août*, 244.

Obock. Co. 17 *Août*, 80.

Transvaal (Diamanti). *Rs.* 17 *Août*, 193.

GUERRE

Artillerie de côte Suède et Norvège (Whilworth). *E.* 6 *Sept.*, 305.

— Canon en acier Maxim. *E'.* 16 *Août*, 156. — en cuir Latulip. *Co.* 7 *Sept.*, 171.

— Culasse Velin (Vickers). *E.* 13 *Sept.*, 328; Gledhill. *E.* 6 *Sept.*, 306.

— Colimaçon de pointage pour batteries élevées Keuilles. *Rmc. Août*, 280.

— Mitrailleuse Maxim. *E.* 13 *Sept.*, 345.

— Phénomènes observés pendant le tir des projectiles à grande vitesse (Reveille). *Rmc. Août*, 247.

— Polygone des États-Unis, à Indian Head. *E'.* 6 *Sept.*, 225.

— Essais de plaques de blindage Krupp. *SuE.* 15 *Sept.*, 841.

Fabriques d'armes de Sparkbrook. *E'.* 30 *Août*, 199.

Ferme-circuit automatique pour destruction des trains en marche. *Revue du Génie militaire. Août*, 174.

Fusils Holland et Woodward. *E.* 6 *Sept.*, 317.

— à répétition. *Ln.* Metford. *E'.* 30 *Août*, 201.

Obus-torpille autrichien. *Revue du Génie militaire. Août*, 143.

Pistolets et Revolvers. Ln. 7 *Sept.*, 225.

HYDRAULIQUE

Ajutage à boule Hallok. *Co.* 13 *Sept.*, 161.

Barrages-réservoirs (Dumas). *Gc.* 17-24 *Août*, 249, 267.

— en maçonnerie (Le Rond). *Apc. Juillet*, 77.

Borne-fontaine incongelable Bollée. *Revue du Génie militaire. Août*, 179.

Drainage du Zuyderzée. VDI. 7 *Sept.*, 1089.

Eaux de Cardiff. E'. 16 *Août*, 156.

Niagara. Utilisation. *Elé.* 13 *Sept.*, 161. *E'.* 6 *Sept.*, 236.

Pompes actionnées par des moteurs à gaz. *E'.* 13 *Sept.*, 264.

— diverses. *Dp.* 16, 23, 30 *Août*, 145, 173, 193.

— à haute pression Krolger. *VDI.* 7 *Sept.*, 1069.

— à vapeur Marsh. *E'.* 23 *Août*, 193.

— à manège Hayward Tyler. *E'.* 13 *Sept.*, 250.

Puits artésien. Sondage d'un —. *E'.* 30 *Août*, 218.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pulvérisateurs divers. *Dp.* 23, 30 *Août*, 178, 200.
Roue Pelton. *Fi. Sept.*, 161.
Siphon multiple. Nadien *Ri.* 27 *Août*, 323.

HYGIÈNE

Assainissement. Congrès de Paris, 1895. *Gc.* 24, 31 *Août;* 7 *Sept.*, 272, 289, 303; *Ln.* 17 *Août*, 178.
Aluminium (Les ustensiles en). (Baland.) *CR.* 29 *Août*, 381.
Boîtes de conserves (Soudure des). (Roser). *Ap.* 15 *Sept.*, 247.
Désinfection des poussières d'appartement. (Miquel.) *Pc.* 1er *Sept.*, 212.
Destruction des ordures ménagères. *Ri.* 17 *Août*, 327; *Cs.* 24 *Août*, 255.
— procédés Heind et Lund. *E.* 30 *Août*, 285.
— Wilboughby. *Cs.* 31 *Août*, 767.
— Four de l'usine municipale de Javel. *Rt.* 10 *Sept.*, 385.
Eaux de Londres. *E.* 30 *Août*, 273. — de Paris, approvisionnement par la Leman, *Bam. Sept.* 816.
Égouts de Glasgow. *E.* 16, 30 *Août*, 208, 259.
— de Eccles, *E'.* 23 *Août*, 179.
— (Les résidus des) en France. *E'.* 13 *Sept.*. 399.
— (Électrolyse des eaux d'). (Andreoli.) *Ri.* 17, 24 *Août*, 324, 338.
Étuves de lavage et désinfection. Dehaitre. *Ri.* 17 *Août*, 321.
— Brevets divers. *Cs.* 31 *Août*, 767.
Filtres Chamberland. *Cs.* 15 *Sept.*, 509.
— Breyer. *Ci.* 1, 8 *Sept.*, 485, 497.
Logements (Les) à New-York. *Ef.* 31 *Août*, 275.
Phosphore. Influence sur l'hygiène des ateliers. *Crc.* 14 *Sept.*, 318.
Sanatorium de Paris (Le). *Rt.* 10 *Sept.*, 399.
Vidanges. Installation de Bordeaux. *Rt.* 25 *Août*, 373.

MARINE, NAVIGATION

Bassin à flot de Southampton. E. 30 *Août*, 270.
Bateau rouleur Bazin. *Rt.* 25 *Août*, 361.
Cabestan du « Terrible ». *E.* 23 *Août*, 240.
Cale de halage sur le Mississipi. *Co.* 7 *Sept.*, 167.
Canal *de Kiel*. *E.* 10, 23 *Août*, 210, 234.
— de Manchester. *E'.* 23 *Aout*, 180.
— russe, de la Baltique à la mer Noire. *Ri.* 24 *Août*, 337.
— Résistance des bateaux à la traction sur canaux. *Gc.* 24 *Août*, 270.
— Plan incliné pour canaux Peslin, *ZoI.* 13 *Sept.* 443.
Clyde (Amélioration de la). *E'.* 16, 20 *Août*, 167, 193.
Congrès des Naval Architects à Paris (Vivet) *Rgds.* 15 *Sept.*, 816.
Constructions navales aux États-Unis.
Distillateur Watson. *E.* 30 *Août*, 285.
Docks de Glasgow. *E.* 6 *Sept.*, 293.
Éclairage électrique de l'entrée du port de New-York. *E.* 6 *Sept.*, 287.
— du canal de Kiel. *E.* 6 *Sept.*, 292.
Électricité. Application aux navires. (Greene). *El.* 17 *Août*, 104; *Elé*, 24 *Août*, 123.
Fanaux de navires (Visibilité des). *Ri*, 17 *Août*, 327.
Marine de guerre. Influence de la puissance maritime sur l'histoire. (T. Mahan). *Rmc. Août*, 209.
— Cuirassé anglais *Terrible*. *E.* 17 *Août*, 222.
— *Magnificent* (essais). *E'.* 6 *Sept.*, 237.
— *Egir*, croiseur allemand. *Rmc. Sept.*, 531.
— *Bouvines*, garde-côtes français.
— *New-York* et *Colombia*, croiseurs américains. *VDI.* 14 *Sept.*, 1100.
— *Delfino*, bateau sous-marin italien. *Rmc. Sept.*, 537.
— *Samoyed*, transport russe. *E'.* 23 *Août*, 181.
— *Sokol*, contre-torpilleur russe. *E'*, 30 *Août*; 13 *Sept.*, 209, 263; *E.* 13 *Sept.*, 277, 334.
— *Bataille* de Yalu. *Rmc. Août*, 254.
— Matériel électrique à bord des navires de guerre. (Darvy). *Rt.* 25 *Août*, 375.
— Plaques de blindage Krupp. Essais. *Rmc. Sept.*, 526.
— Prix des navires de guerre. (Elgar). *E.* 16, 23 *Août*, 226, 255.
— Tourelle à 2 étages, marine américaine. *E'.* 30 *Août*, 214.
Marine (*la*) *marchande et la navigation*. *SL. Août*, 148.
Montage des machines dans les navires à hélice. *E'.* 6 *Sept.*, 228.
Naufrage du Seaford. *E'.* 30 *Août*, 211.
— (Statistique des). (Barbier). *Rmc. Sept.* 452; en 1893. *Id.*, 458. *E.* 6 *Sept.*, 304.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pêches maritimes. *Rmc*. *Août*, 349.
— Islande. *Rmc*. *Sept*., 565.
— Norvège. *USR*. *Août*, 588.
Port de Batavia. *E'*. 30 *Août*, 204.
Remorqueur à vapeur Sir Frederic. *E*. 13 *Sept*., 224.
Stéatite. Emploi pour conserver les coques en acier. *Ci*. 24 *Août*, 475.
Tempêtes (Loi des). (Schwerer). *Rmc*. *Sept*., 489.
Transporteur de pétrole Ferrari. *E*. 13 *Sept*., 324.
Yacht impérial russe Standard (Machine du). *E*. 16 *Août*, 157.
— Elden. *E'*. 13 *Sept*., 267.

MÉCANIQUE

Aérostation (Application de la physique à l'). (Henry), *l'Aréonaute*. *Août*, 171.
— Progrès des machines volantes (Brillouin). *Rgds*. 30 *Août*, 766.
Analyseurs harmoniques Yule et Sharp. *EE*. 31 *Août*, 385.
Ascenseurs Bennett. *E*. 6 *Sept*.. 317.
— électriques. *Ln*. 14 *Sept*., 243.
Billes. Leur emploi en construction. (Stapfer). *Ri*, 31 *Août*, 348.
Burette de graissage inversable. *Rt*. 10 *Sept*.,404.
Câbles et courroies (Essais de transmission par). Dubreuil. *IC*. *Août*, 28.
— Tendeur de courroies. *Ci*. 25 *Août*, 479.
Changement de marche Laussmann. *E*. 16 *Août*, 230.
Chaudières (Inspection des). *E'*. 6, 13 *Sept*. 235, 258.
— Accidents en 1894. *Ri*. 14 *Sept*. 364.
— Explosion (Les). (Dubrau). *Ri*. 17 *Août*, 328.
— de Redcar. *E*. 16 *Août*, 217 ; *Ic*, *Juillet*, 122.
— de Balbardie. *E'*. 13 *Sept*., 262.
— de Stainland. *E*. 13 *Sept*., 343.
— *Mixtes*. Baird. *E*. 23 *Août*, 257.
— *tubulées* Haythorn. *E'*. 16 *Août*, 152. Niclause. *Ri*. 31 *Août*, 269. Dans la marine. *E*. 6 *Sept*., 308.
— *à foyer intérieur* Mewes. *E*. 23 *Août*, 258.
— Réfractaire Docteur. *Ri*. 31 *Août*, 345.
— *Express* Hall. *E*. 30 *Août*, 286.
— (Accessoires des). *Dp*. 16 *Août*, 225.
— Compteur d'alimentation Samain. *Ri*. 24 *Août*, 333.
— *Injecteur*. Holden. *E*. 30 *Août*, 281.
— Prise de vapeur. Assan. *Gc*. 24 *Août*, 274.
— Détendeur Muller et Roger. *Bam*. *Sept*. 791.
— Épuration des eaux pour Nosselt. *VDI*. 17 *Août*, 991. (Wyatt). *Eam*. 7 *Sept*. 220.
— Filtre pour Williamson. *E*. 6 *Sept*. 318.
— *Essais de vaporisation* en Allemagne. (Smith). Bulletin de la Société industrielle d'Amiens. *Mars*, 137.
— *Grille à eau*. Thornycroft. *E*. 30 *Août*, 269.
— — Mécanique Hogdkinson. *E*. 30 *Août*, 286.
Drague centrifuge Smith. *E*. 16 *Août*, 230.
— Simons pour la Russie. *E'*. 6 *Sept*., 238.
Élasticimètre Unwin. *Rgds*. 15 *Sept*., 822.
Encliquetage Dorian. *Ri*. 14 *Sept*. 364.
Engrenages (Frottement des). (Kohn). *VDI*. 14 *Sept*., 1114.
Essoreuse Laidlaw. *E*. 23 *Août*, 258.
Excavateur Wilson. *E'*. 23 *Août*, 180.
Flexible à chaîne. Fravega et Janet. *Bam*. *Sept*. 795.
Freins à bandes, nouveaux. (Goss). *E'*. 13 *Sept*., 250.
Froid. Machine à glace portative à acide sulfureux. *Ci*. 25 *Août*, 477.
Graisseurs pour manivelles Berry. *E*. 6 *Sept*.,317.
Gravure des globes au jet de sable. *Ln*. 24 *Août*, 205.
Horloge magnétique. *Ln*. 7 *Sept*., 240.
Imprimerie. Presse portative. Cyclostyle. *E*. 16 *Août*, 225.
Laboratoire de mécanique de l'Institut technique du Massachusett (Essais au). Hydraulique et vapeurs. *Technology Quarterly*. *Avril*, 19.
Levage. Cabestans à vapeur du *Saint-Louis*. *E*. 16 *Août*, 211.
— du *Terrible*. *E*. 23 *Août*, 240.
— *Grue* à coke. (Gaz de Glasgow). *E*. 23 *Août*, 231. Pour canons. *E'*. 6 *Sept*.,225.
— Transporteur de déblais Kreiss. *Ln*. 7 *Sept*., 238. Transporteur Hunt. *Industria* 15 *Sept*. 582.
Locomobile compound de 150 chevaux, *ZoI*. 23 *Août*, 419.
Machines-outils.
— Cisaille à barres Bull. *E*. 13 *Sept*. 346.
— Tréfilerie Berkenhoff. *E*. 13 *Sept*., 346.
— Rhabilleur de meules Trier. *Rt*. 25 *Août*, 379.
— Clef Starley. *E*. 13 *Sept*., 346.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

— Fabrication des billes Bates. *E.* 16 *Août*, 229.
— des câbles métalliques Brown. *E.* 16 *Août*, 239.
— Outils pneumatiques. *Ri.* 31 *Août*; 3 *Sept.*, 342, 353.
— Laminoir pour plaques Richards. *E.* 6 *Sept.*, 311.
— Taraudeuse et fileteuse pour moyeux de vélocipèdes Humber. *Ri.* 17 *Août*, 325.
— Poinçonnage (Le). (Frémont). *Ri.* 24 *Août*, 334.
— Fraiseuse-aléseuse Schiefs. *VDI.* 17 *Août*, 984.
— Perceuses pour chaudière Hawpksley. *E.* 33 *Août*, 257.
— Presses à forger. *Dp.* 13 *Sept.*, 249.
— Découpeuse Ward. *E.* 30 *Août*, 264.
— Riveuses Lévêque. *E.* 23 *Août*, 257. Tweddell. *E'.* 23 *Août*, 193.
— Ébarbeuse pour plaques Hill. *E'.* 30 *Août*, 214.

A bois diverses. *Dp.* 16, 23 *Août*, 13 *Sept.*, 150, 169, 241.
— A copier. *Dp.* 30 *Août*, 6 *Sept.*, 200, 217.
— Scie circulaire Robinson. *E.* 6 *Sept.* 318.

Moteurs *à gaz.* Explosion des gaz endothermiques (Maquenne). *CR.* 9 *Sept.* 424.
— pour distribution d'eau. *Ie. Juillet*, 112. *Ri.* 14 *Sept.* 368.
— Construction et fonctionnement des (Korting). *VDI.* 31 *Août*, 1049.
— Le gaz comme force motrice. *E'.* 13 *Sept.* 267.
— Tangye (Docks de la Wear). *E'.* 13 *Sept.* 264. Robson, *Ri.* 14 *Sept.* 363.

A pétrole. Étude sur les (Meyer). *VDI*, 17-24. *Août*, 985-1012.

A air chaud. Robinson. *Ci.* 25 *Août*, 473.

A vapeur jumellé Brown. *Gc.* 17 *Août*, 252.
— Compound Hargreaves. *E'.* 23 *Août*, 189; de 250 chevaux Merchant *E'.* 13 *Sept.* 258.
— pilon triple expansion Fraser et Chalmers. *E.* 30 *Août*, 13 *Sept.* 281-341.

Distributions Corliss, Bergmann. *VDI.* 17 *Août*, 100.
— radiales. *Pm. Sept.* 138; *E'.* 6 *Sept.* 238.

Température des parois des cylindres (Adams). *Rgds.* 30 *Août*, 773 (Barraclough). *Gc.* 7 *Sept.* 302.
— Perte par les *espaces nuisibles.* (Induky). *E'.* 23 *Août*, 190.
— Cycle des machines à expansions multiples (Illick). *ZoI.* 30 *Août*, 6 *Sept.* 425-433.

Condenseur à pompe rotative Johnson. *E'.* 23 *Août*, 189.

Piston Davies. *E.* 13 *Sept.* 346.

Stuffing box (Les). *VDI.* 14 *Sept.* 147.

Pompes à vide et compresseurs à tiroir (Koster). *VDI.* 7 *sept.* 1083.

Photochronographe polarisant. E'. 6 *Sept.* 240.

Réfrigérents pulvérisateurs. Iee. Ri. 17 *Août*, 328.

Résistance des matériaux. Déformation et rupture des corps solides (Faurie). *CR.* 19 *Août*, 343.

Robinetterie. Valve Lunken. *E'.* 13 *Sept.* 248.
— Vannes Morton et Dewrance. *E.* 30 *Août*, 286.

Textiles. Rouleaux étireurs Cooke. *E.* 6 *Sept.* 318.
— Décortiqueuse pour chanvre Subra. *E.* 6 *Sept.* 318.
— Paranavette Sconfetti et Alzati. *Industria.* 18 *Août*, 519.
— *Coton* péruvien. *UAR. Août*, 588. Industrie du — en Suisse, id. 582.
— Métier Redmeyer. *E.* 27 *Août*, 258.
— *Soie* Tussah. *Ln.* 7 *Sept.* 231.
— Production de la soie dans le monde. *USR. Août*, 589; dans la Chine du Sud, id., 591.
— Ensoyage des tissus de coton. *Cs.* 31 *Août*, 747.

Ventilateur à eau sous pression Bessière. *Ri*, 17 *Août*, 323.

MÉTALLURGIE

Aluminium aux États-Unis. *Gc.* 17 *Août*, 259. *E.* 6 *Sept.* 289.
— Réduction de l'alumine par le charbon (Moissan). *ScP. Sept.* 803.
— Électro-déposition de — (Gomers). *Cs.* 31 *Août*, 756.

Argent. Exactitude des essais commerciaux (Devez). *Ms. Sept.* 667.

Bronze. Fonderie (de) au Japon. *Ci.* 18, 25 *Août*, 461-474.

Cuivre électrolytique aux États-Unis. *Cs.* 31 *Août*, 756.
— Fours à réverbère dans la métallurgie du — *Eam.* 31 *Août*, 199.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

— Les oxydes de — et leur emploi (Enequist). *Eam.* 10 *Août*, 125.
— Méthodes américaines de métallurgie du — *SA.* 16, 23, 30 *Août*, 821, 833, 845.
Étain. L'oxyde d' et ses emplois (Enequist) *Eam.* 7 *Sept.*, 219.
Fer et acier. Théorie cellulaire de l'acier (Baclé). *Ru. Juillet*, 18.
Acier au nickel Wiggin. *E.* 30 *Août*, 266.
— au tungstène (Mieg). *Cs.* 31 *Août*, 754.
— comprimé Carey. *Cs.* 31 *Août*, 755.
Acier Bessemer : thermochimie du procédé (Hartley). *E.* 30 *Août*, 263. *E'.* 23 *Août*, 176.
— Trempe de l'acier (Howe). *E.* 30 *Août*, 263.
— Plaques de blindage Krupp. *Cs.* 31 *Août*, 755. Essais. *JuE.* 15 *Sept.*, 841.
— Aciéries de Round-Oak. *E'.* 13 *Sept.* 257 de l'Illinois Steel C°. *Su E.* 1 *Sept.* 797.
— Petits lingots d'acier (Casson). *E'.* 30 *Août*, 206; *E.* 23 *Août*, 6 *Sept.* 250, 288, 316.
Sidérurgie du sud de la Russie (Kamesky). *E.* 30 *Août*, 6 *Sept.* 282, 313.
— du Sud-Staffordshire. *E.* 23 *Août*, 249.
— Forges de l'Oural. *E.* 6 *Sept.* 304. — de Mosseûd et de Summerlet. *E.* 16 *Aout*, 218.
Pudlage direct Bonehille. *E.* 23, 30 *Août.* 250, 283.
— Étude des propriétés physique du fer (West). *E'.* 30 *Août*, 219.
— Application de la micrométallographie à la fabrication des rails (Sauveur). *Am. Août*, 153.
— Fabrication du fer procédé Hadfield. *E.* 30 *Août.* 6 *Sept.* 264, 315.
— Étude des graphites du fer (Moissan). *ScP. Sept.* 814.
— Marché sidérurgique en Allemagne. *Ri.* 7 *Sept.* 360.
— Grillage des minerais carbonatés de fer et de manganèse (Jordan). *Ru. Juillet*, 1.
— Influence du décapage sur le fer et l'acier. *E.* 13 *Sept.* 261.
La fonderie moderne. E. 13 *Sept.* 322.
— Fonderie Tangye. *E'.* 23 *Août*, 177.
— Machines à mouler Murray. *E.* 23 *Août*, 257.
— Dissolution du carbone par le bore et le silicium dans la fonte en fusion. (Moissan). *ScP. Sept.* 811.
— Essais des propriétés physiques des fontes (West). *E.* 13 *Sept.* 339.
— Cubilot Lungwitz *E.* 16 *Août*, 230.
— Désulfuration de la fonte dans les mélangeurs (Foniakoff). *Ru. Juillet*, 40.
— Particularités de la fonte (Keep). *E.* 16 *Août*, 203.
— Haut fourneau nouveau de Kladno. *SuE*, 15 *Sept.*, 359.
— Notes sur la magnétite. *Eam.* 31 *Août*, 196.
Fours à coke Shrewsbury. *E.* 13 *Sept.* 345.
— Dosage du phosphore dans les minerais de fer titanés (Pattinson). *ScP.* 5 *Sept.* 1076.
— Briques de laitier. *Semaine du bâtiment.* 7 *Sept.* 245.
— Analyse des ferro-chromes (Saniter). *E.* 30 *Août*, 284. *E'.* 13 *Août*, 177.
Nickel et Cobalt. Traitement des minerais (Hoepfer). *Cs.* 31 *Août*, 754.
Plomb. Séparation et traitement des mattes au haut fourneau (Austin). *Eam.* 10 *Août*, 126.
Or. Perfectionnement de la métallurgie (Sulman). *Cs.* 31 *Août*, 753.
— Chimie du procédé au cyanure. *CN.* 24 *Août*, 95.
— La cyanuration (Andréoli). *Gc.* 17 *Août*, 253. (Goyder), *CN.* 16 *Août*, 80.
— Nouveau procédé de traitement. *Gc.* 17 *Août*, 254.
— Exploitation aux Black Hills. Dakota. *Eam.* 7 *Sept.* 221.
— et argent dans le cuivre et les mattes de cuivre. *CN.* 16 *Août*, 76.
Revue de métallurgie. Dp. 6 *Sept.* 235.
Zinc. Extrait des sulfures de zn., et pb. *Eam.* 17 *Août*, 146.

MINES

Aérage. Ventilateur Walker. *Gc.* 31 *Août*, 286.
— Composition de l'air des mines du bassin du Donetz (Kotsowsky). *Ru. Juillet*, 50.
Argent, district de Tehnitotapec (Mexique). *Eam.* 31 *Août*, 197.
Arrosage des poussières de mines en Angleterre. *Rt.* 10 *Sept.* 104.
Bocards pour broyage à l'eau Robez. *E'.* 13 *Sept.*, 253.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Carrières. Exploitation des — (Foster). *Eam.* 17 *Août*, 151.
Catacombes. Consolidation sous le chemin de fer de Sceaux. *Am. Août*, 125.
Électricité. Emploi dans les mines. *Ef.* 14 *Sept.* 343.
— dans les carrières belges. *Elé.* 7 *Sept.* 145.
— aux houillères d'Essen. *Eam.* 24 *Août*, 174.
Épuisement. Débit des courants d'eau souterrains (Hofer). *Ru. Juillet*, 99.
— Pompes Davey. *E'.* 7 *Sept.* 355.
Extraction. Treuils. Bingers. *E.* 30 *Août*, 286.
Fer. La magnétite. *Eam.* 17 *Août*, 149-176.
Galerie d'expériences de la Kaiser Ferdinands Nordbahn. *Gc.* 7 *Sept.* 298.
Haveuses électriques. Elé. 24 *Août*, 121.
Houillères de l'Inde. *Eam.* 31 *Août*, 201.
— Fusibilité et composition des cendres de houilles (Prost). *Ru. Juillet*, 87.
— Houilles du pays de Galles. *Gc.* 31 *Août*, 286.
— Calcul du pouvoir calorifique des houilles d'après la règle de Dulong. *ScP.* 5 *Sept.* 820.
— Stratigraphie des terrains houillers du Kansas (Keyes). *American Journal of Science, Sept.* 239.
— Constitution du midi du bassin de Valenciennes (Chapuy). *Am. Août*, 192.
— Grisou : expérience sur la pression du à Lieven (Simon). *Am. Août*, 218.
— Plantes fossilles des houillères. (Wiliamson et Scott). *RSL. Sept.* 195.
Industrie minérale. Statistique. Canada, Hongrie, Allemagne, en 1893-1894. *Am. Août*, 232.
— Mines de l'Ohio en 1894. *Eam.* 17 *Août*, 148.
Machinerie des mines dans l'Illinois. *E'.* 13 *Sept.* 264.
Roulage. Locomotive à air comprimé. *Eam.* 10 *Août*, 127-377.
— Accumulateurs. *Rt.* 25 *Août*, 377.
Soufre natif du Michigan (Sherzer). *American journal of Science. Sept.* 246.
— Histoire des mines d'. *Gc.* 17 *Août*, 254.
Or. Mines de l'Alaska. *Eam.* 10 *Août*, 128.
— du district d'Arbacoochie (Alabama). *Eam.* 17 *Août*, 148.
— Origine des pépites. *Technology Quarterly. Août*, 118.
— Estimation de la valeur d'une mine (Schiff). *Gc.* 14 *Sept.* 313.
Topographie. Rapid Traverser Henderson. *Rn. Juillet*, 64.

PHOTOGRAPHIE

Appareils divers. Ci. 18 *Août*, 463.
Chloropatinite et sous-chlorure de fer. *Sfp. Août*, 352.
Cinématographe. Lumière. *Ln.* 31 *Août* 215.
Cyclographes. Ci. 1-13 *Sept.* 491, 512.
Décollage des gélatines. phot. et emploi de l'aldéhyde formique (Mussat). *Sfp.* 15 *Août*, 389.
Jumelle photographique sportive. Ci, 25 *Août*, 481.
Formules de Révélateurs (Berthier). *Co.* 14 *Sept.* 195.
Machine à tirer les clichés. Ln. 14 *Sept.* 141.
— *Obturateur* Hopkins. *Si.* 31 *Août*, 219.
Papier Arndt et Troost. Co. 31 *Août*, 769.
Photographie astronomique de Harward College. *Ln.* 31 *Août*, 219.
Reproduction des dessins de construction Rousseau. *Ri.* 17 *Août*, 329.
— des palimpsestes. *Sfp. Août*, 367.

Le Gérant : Gustave Richard.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

94e ANNÉE. Quatrième Série, Tome X. OCTOBRE 1895

BULLETIN

DE

LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

REVUE DES TRAVAUX PUBLICS

Par **M. A. Moreau,** ingénieur civil.

Le domaine des travaux publics est si étendu et multiple qu'il nous a paru presque impossible de nous occuper ici des principales questions qui en ressortent sans risquer de transformer notre revue en une sorte de nomenclature aride et superficielle, faisant en partie double emploi avec les indications fournies par la littérature des périodiques publiée par ce *Bulletin*. Nous nous sommes donc bornés à la description de trois grandes entreprises toutes récentes : l'*Épandage de Colombes*, le *Canal de Chicago*, le *Tunnel de Blackwall* sous la Tamise. Sans prétendre présenter à nos lecteurs une description complète de ces remarquables travaux, dont chacun exigerait, pour sa monographie détaillée, tout un volume, nous pensons, néanmoins, les avoir exposés avec assez de détail pour en faire saisir l'intérêt, comprendre l'ensemble de leurs grandes lignes, et apprécier quelques-unes de leurs particularités les plus remarquables.

LA NOUVELLE USINE D'ÉPANDAGE DE COLOMBES

Considérations générales. — Le système de l'épandage, datant de 1869 et essayé dès 1873, est décidément victorieux après vingt-cinq ans de luttes et de critiques et poursuit sa marche en avant, fort de l'expérience concluante de Gennevilliers. Les terrains absorbants de cette dernière localité étant devenus insuffisants, il a fallu en chercher d'autres qui se sont présentés immédiatement dans la plaine d'Achères, en attendant que l'on aille jusqu'à Poissy, Pontoise, Meulan, etc., dans les boucles successives formées par la Seine. On finira même peut-être ainsi par atteindre la mer, comme le demandent certaines personnes; mais nous reconnaissons qu'il est, en un sens, plus logique de ne pas perdre dans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'Océan la quantité formidable de matières fertilisantes que l'agriculteur est heureux d'employer spécialement dans les terrains sablonneux qui longent la Seine sur tout son parcours (fig. 1) (1).

Usine de Clichy. — Lorsque l'épandage se bornait à la presqu'île de Gennevilliers, l'usine élévatoire de Clichy, installée par la maison Farcot, était suffisante. Elle devait élever 100 000 mètres cubes d'eau d'égout en dix heures, soit 10 000 mètres cubes à l'heure à la hauteur obligatoire de 13m,600, ce qui était parfaitement réalisé au moyen de grandes pompes à piston. Aujourd'hui, l'on a remplacé ces dernières, transportées à Colombes, par des pompes centrifuges, genre Katath-Bey, que la maison Farcot exposait en 1889 sur la berge de la Seine, dans la classe 52. On sait que, pour de semblables hauteurs, ces pompes présen-



Fig. 1.

tent un rendement de beaucoup supérieur à celui des meilleures pompes à piston.

Voici quelles sont les conditions d'installation pour les pompes centrifuges de Clichy, conditions imposées par le cahier des charges.

Chacun de ces engins peut élever à volonté :

1° 1 560 litres par seconde, en refoulant sur le service d'Achères à une hauteur manométrique de 6m,400; ce volume devant pouvoir varier de 1 000 litres au minimum à 1 800 litres au maximum par seconde;

2° 900 litres par seconde, en refoulant sur le service de Gennevilliers à une hauteur totale manométrique de 13m,750; ce volume pouvant varier de 700 à 1 500 litres par seconde.

L'usine se compose de quatre groupes de moteurs et de pompes et de cinq générateurs du type semi-tubulaire Farcot. Chacun de ces groupes comporte : une pompe centrifuge du type Farcot et un moteur horizontal genre Corliss, à quatre tiroirs rotatifs avec déclic du type Farcot. On sait que ces remarquables

(1) Extraite de la *Revue technique* du 25 juillet 1895, ainsi que les figures suivantes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

machines ont un rendement sensiblement supérieur aux autres de cette famille, grâce en partie à la disposition des tiroirs rotatifs sur *les fonds mêmes* des cylindres, ce qui diminue notablement les espaces nuisibles.

Notre but étant de traiter plus particulièrement la question de l'assainissement et d'étudier la nouvelle usine de Colombes, nous ne nous arrêterons pas plus longtemps sur ces machines, aujourd'hui connues de tous les ingénieurs. La description des pompes centrifuges à grand modèle imaginées par MM. Farcot fils se trouve d'ailleurs exposée en détail dans le *Bulletin de la Société des ingénieurs de France* de novembre 1886 (M. Brull) et de juin 1894 (M. Louisse).

Les eaux, en arrivant à Clichy, sont envoyées par les pompes centrifuges dans une grande bâche en maçonnerie surélevée, surmontant un puits vertical de 18 mètres de profondeur et de $3^m,30$ de diamètre, servant d'origine au tunnel Berlier qui passe sous la Seine et fut inauguré, comme on sait, dans le courant de 1894.

Ce tunnel, construit par la méthode du bouclier, est revêtu d'anneaux de fonte intérieurement garnis de ciment, suivant le type généralement adopté aujourd'hui pour ce genre de travaux; il a $2^m,300$ de diamètre, et forme un siphon qui déverse ses eaux en face, sur le territoire d'Asnières, dans un aqueduc circulaire de 3 mètres de diamètre, où les eaux n'atteignent pas le sommet du tube : c'est l'origine du long conduit en pente régulière de 50 centimètres par kilomètre, qui aboutit à la galerie d'aspiration de l'usine de Colombes. La conduite suit constamment sous terre les rues d'Asnières, qu'elle quitte au carrefour des Bourguignons, à Bois-Colombes. De là, elle s'engage sous la route départementale n° 33, qu'elle abandonne à son tour au carrefour des Quatre-Routes, pour gagner l'usine élévatoire de Colombes en traversant les terres de cette commune.

On a fait suivre naturellement le plus possible, à la canalisation, les routes et chemins existants; il a fallu néanmoins se résoudre de temps en temps à traverser des propriétés particulières, et la Ville de Paris a dû procéder par expropriation. Quand l'aqueduc est établi en tranchée, il comporte une emprise totale de 10 mètres de largeur; en souterrain, ce chiffre se réduit à 5 mètres. Il a fallu, de ce chef, dépenser une somme de 213871 francs, rien qu'en expropriations. On se rappelle, à ce sujet, une décision du jury de Versailles, qui accordait à un propriétaire d'un terrain de 52 mètres une indemnité de 1 million de francs, voulant bien manifester par là son hostilité contre l'entreprise. Cette somme a d'ailleurs été, par la suite, ramenée au chiffre plus modeste de 100 francs par le jury d'Amiens.

Les parties des tubes voisines des habitations ont été entourées d'une chemise protectrice en maçonnerie afin de prémunir les riverains contre une rupture possible, dont les conséquences ici auraient été particulièrement désagréables (fig. 5).

Usine de Colombes. — La nouvelle usine élévatoire de Colombes devant

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

envoyer les eaux à Achères avait à faire subir aux eaux d'égout une ascension beaucoup plus importante que celle de Clichy. Le profil en long (fig. 3) indique cette différence de niveau ; en comprenant les pertes de charge, les eaux d'égout prises dans le collecteur venant de Clichy par écoulement en pente naturelle de $0^m,0005$ par mètre, sur environ 5 kilomètres, devaient être élevées à une hauteur manométrique de $48^m,500$. Cette solution, consistant dans l'écoulement sans refoulement entre les deux usines, fut adoptée par l'ingénieur en chef de l'as-

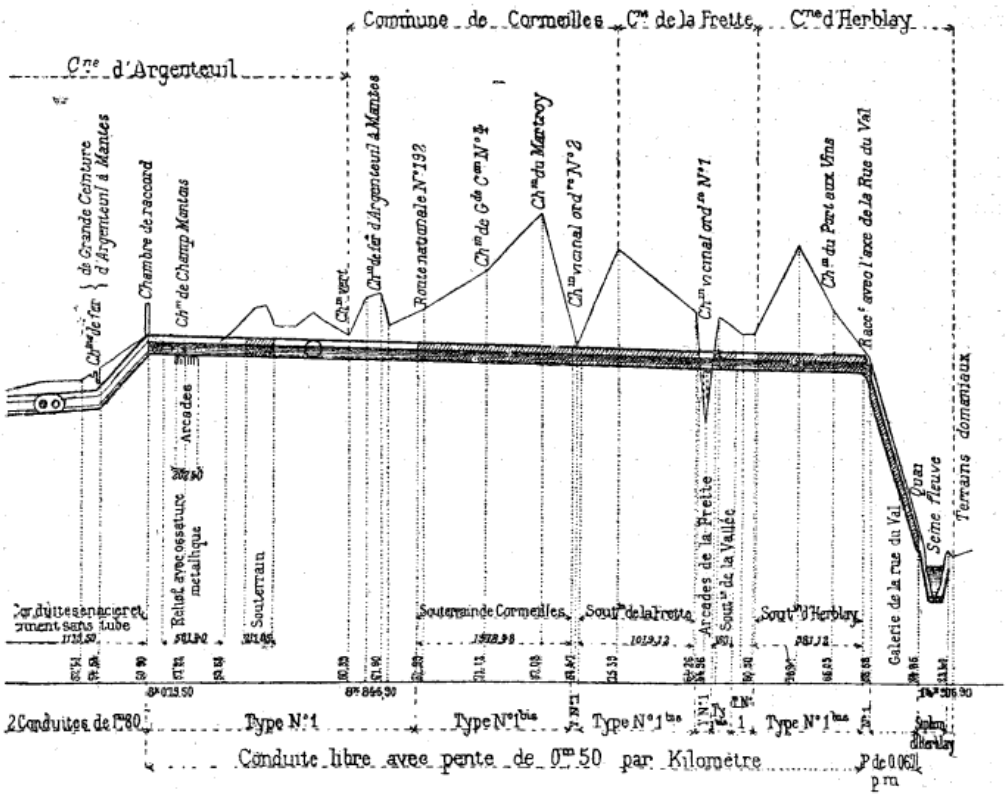


Fig. 2. — Profil en long de l'aqueduc d'Achères.

sainissement de la Ville de Paris, M. Bechmann, afin d'éviter d'avoir sous pression des eaux d'égout dans une canalisation qui aurait pu, par places, ne pas montrer une étanchéité parfaite ou présenter des ruptures accidentelles. On en conclut aisément les inconvénients qui en seraient résultés au milieu d'une population aussi dense, qui tend d'ailleurs à augmenter de jour en jour dans cette banlieue.

Les pompes à pistons à mouvement lent, anciennement employées à Clichy, étaient tout indiquées pour être utilisées à l'usine élévatoire de Colombes, pendant qu'on les remplaçait à Clichy par des pompes centrifuges. Comme nous

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

venons de le dire, elles y furent en effet transportées. Les nouvelles pompes centrifuges installées à Clichy n'étant en somme que des pompes de relais, et M. Bechmann les ayant prévues telles qu'un groupe quelconque d'entre elles pût faire face au service soit sur Gennevilliers, soit sur Colombes.

Les travaux de construction de cette usine ont été commencés le 1er juin 1893, et l'inauguration officielle en a été faite en juin dernier. Le terrain naturel est à la cote 24m,50, et les plus fortes crues connues de la Seine arrivent à la cote 28 mètres; on a donc tout d'abord été obligé de placer le plancher de la salle des machines à

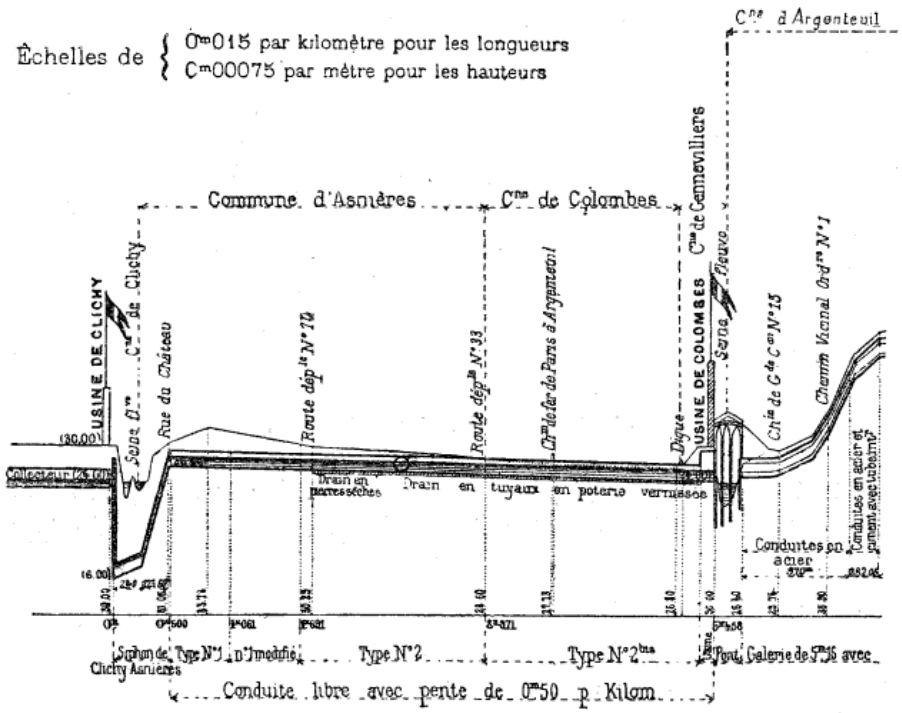


Fig. 3. — Profil en long de l'aqueduc d'Achères.

la cote 29 mètres, afin d'être à l'abri des inondations. Cela n'a pas été sans augmenter considérablement les difficultés des fondations, le terrain solide : calcaire grossier supérieur, se trouvant à la cote 15 mètres; le niveau de la nappe souterraine est à la cote 23 mètres, soit à 1m,50 au-dessous du terrain naturel.

L'usine se compose (fig. 4) de deux grands bâtiments rectangulaires : l'un de 37 mètres de long sur 32 de large, destiné aux moteurs et aux pompes, l'autre, où sont installés les générateurs, de 37 mètres sur 20 mètres. Les fondations sont constituées par des puits dans lesquels sont enfoncés des pieux en chêne de 9 mètres de longueur, c'est-à-dire allant jusqu'au bon sol, et dont les têtes sont

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

noyées dans un massif en béton. Ces différents puits sont reliés par des voûtes en meulière et mortier de ciment de Portland, dont les reins sont remplis de

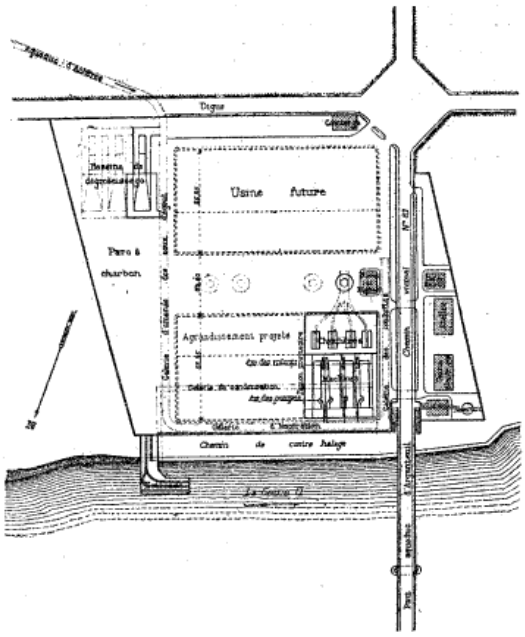


Fig. 4. — Plan de l'usine de Colombes.

béton. C'est sur cette assise générale solidement établie que sont posés les bâtiments précédents, entièrement formés de charpentes métalliques du type de

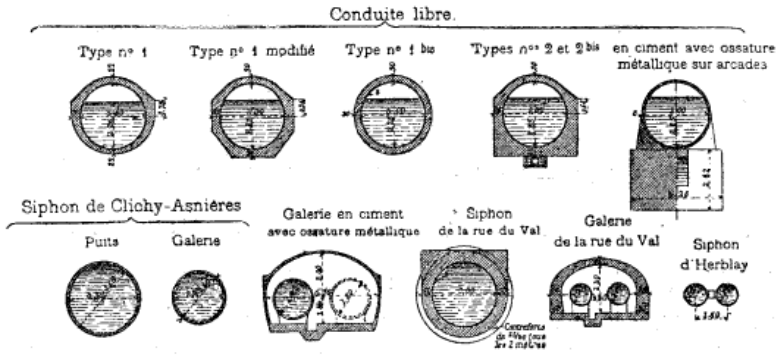


Fig. 5. — Sections principales de l'aqueduc d'Achères.

Dion, de 1878, régnant du comble au sol ; le remplissage est fait en briques de Bourgogne avec double paroi renfermant un matelas d'air. La toiture, en partie vitrée, est également à double paroi.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les eaux venant de Clichy mettent environ une heure pour faire le trajet; elles n'entrent pas immédiatement dans l'usine de Colombes : elles sont reçues d'abord dans un bassin de dégrossissage où se déposent les matières en suspension n'ayant pu être arrêtées à Clichy, ou qui sont fournies par les égouts locaux qui se déversent et se déverseront de plus en plus dans les conduits d'amenée de Clichy à Colombes.

Ce bassin se compose de plusieurs parties : un premier réservoir de deux mètres de profondeur à fond circulaire, où les eaux se répandent brusquement sur une assez large surface, et dans lequel se déposent les corps lourds et les sables; de là, les eaux traversent une grille légèrement inclinée, ayant 128 bar-

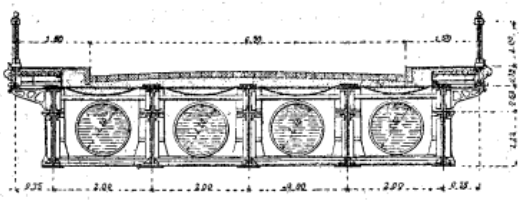


Fig. 6. — Coupe à la clef du pont-aqueduc d'Argenteuil.

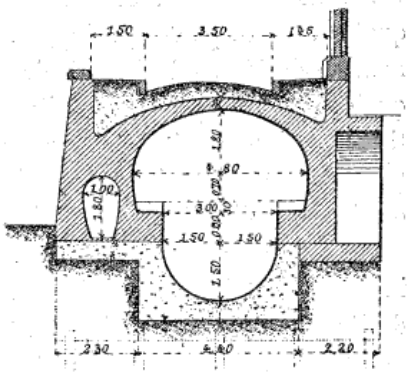


Fig. 7. — Galerie d'aspiration.

reaux de 0^{m},004 d'épaisseur, espacés de 0^{m},016, qui arrête les corps légers tels que bouchons, papiers, pailles, fumier, etc.

Ces barreaux sont constamment maintenus en état de propreté au moyen de râteaux rotatifs à griffes courbes, véritables peignes mus par une locomobile Farcot de 20 chevaux et une chaîne de Galle; ces râteaux montent et redescendent comme dans une noria, et déposent leurs résidus dans des wagonnets que des hommes enlèvent quand ils sont pleins.

Dans un bassin suivant, se déposent les vases. Celui-ci présente un fond dont l'inclinaison est en sens inverse de la marche de l'eau, de sorte que les limons viennent s'amasser à l'entrée. Là, ils sont repris par une pompe centrifuge spéciale qui les répand sur des terrains affectés à les recevoir. Quant à l'eau qui surnage dans le bassin, elle s'échappe par les trois autres côtés en se déversant par les arêtes supérieures, que l'on peut élever ou abaisser à volonté au moyen de poutrelles. De la sorte, on n'a que le débit rigoureusement exigé par les pompes de l'usine.

Enfin, un treillage mobile est chargé, à la sortie des précédents, d'arrêter les matières incomplètement diluées.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La galerie d'aspiration (fig. 7) est appuyée contre l'usine, face à la Seine faisant suite à l'aqueduc d'amenée des eaux d'égout.

Elle a une longueur de 110 mètres, et on y a ménagé huit ouvertures destinées à prévoir l'installation de futures pompes qui fonctionneront quand le système de l'épandage se sera encore développé et atteindra les terrains de Poissy et de Meulan.

Les conduits d'aspiration et de refoulement des eaux d'égout sont installés dans le sous-sol de la salle des machines. Les conduits de refoulement vont ensuite se réunir à la culée gauche du pont-aqueduc d'Argenteuil, dans une chambre ménagée à cet effet. Ce sont quatre gros tuyaux en tôle d'acier de $1^m,10$ de diamètre : ceux d'aspiration n'ont que 1 mètre; il y en a également quatre sous le pont-aqueduc, et d'énormes robinets de $1^m,10$ de diamètre, au nombre de 10, sont disposés dans une chambre spéciale de manière que l'une quelconque des quatre conduites de refoulement puisse être mise en communication avec l'une quelconque des quatre conduites placées sous le tablier du viaduc (fig. 6). On obtient ainsi la possibilité de maintenir l'envoi de l'eau en cas d'avarie ou de réparation à une conduite.

Ces quatre conduites, partant de la chambre des robinets, longent à sa partie inférieure le tablier du viaduc sur toute sa longueur, et aboutissent, sur la culée droite, dans deux récipients à trois tubulures, car, à partir de là, il n'y a plus que trois conduites pour monter le coteau d'Argenteuil : deux de $1^m,10$ et une de $1^m,80$. Les quatre conduites placées sous le tablier métallique sont en acier doux de $1^m,10$ de diamètre, 10 millimètres d'épaisseur et 6 mètres de longueur. Chaque tuyau est composé de cinq anneaux rivés et de deux anneaux soudés à ses extrémités. Il repose sur les entretoises inférieures par deux supports en fonte munis d'étriers qui entourent ces entretoises, les tuyaux et les supports.

Les joints des tuyaux successifs sont faits au moyen d'une bague et de deux contre-brides en acier laminé, de deux rondelles en caoutchouc et de boulons de serrage au nombre de 22.

Chaque conduite est munie de trois robinets ventouses, manœuvrables du dessus du tablier du pont, dont deux placés aux extrémités et le troisième au milieu, au point le plus haut.

Force élévatoire, détails de l'usine. — La force élévatoire de cette usine, qui, nous l'avons dit plus haut, est appelée à se développer beaucoup dans l'avenir, se compose, pour le moment, de quatre groupes de chaudières, machines à vapeur et pompes à piston, pouvant élever 500 litres par seconde à une hauteur totale de 42 mètres. Le minimum toléré est de 400 litres.

En plus, l'usine de Colombes comprend un atelier de réparation et des logements pour le personnel de l'administration, le conducteur, le mécanicien et le concierge.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Une usine électrique élémentaire, mais suffisante pour produire l'éclairage et la force à différents usages, savoir :

Les machines-outils de l'atelier;

Une grue électrique;

Une locomotive électrique employée au transport des charbons;

Une pompe puisant l'eau potable dans un puits de 45 mètres de profondeur, pour la refouler dans un réservoir placé à 20 mètres au-dessus du sol et de 200 mètres cubes de capacité.

Enfin, on a établi en rivière, pour le déchargement des charbons, une estacade métallique dont les fondations ont présenté également quelques difficultés. Elles sont constituées par des pieux battus, composés chacun de quatre fers à colonne; ces pieux sont munis en haut d'une platine recevant les palées, et, aux pointes, d'un sabot en fonte.

La plate-forme est formée de trois files de poutres reposant sur les sommets des palées et supportant les entretoises sans platelage; un contreventement horizontal en croix de Saint-Andrè relie les poutres entre elles.

Chaque palée se compose de deux montants ayant la même section que les pieux, et reliés entre eux, dans le sens transversal, par un sommier, deux contrefiches et deux entretoises horizontales. Des entretoisements horizontaux et des contreventements verticaux les relient en outre dans le sens longitudinal.

Pont-aqueduc d'Argenteuil. — Pour terminer, nous donnerons quelques renseignements sur le pont-aqueduc, qui commence immédiatement à la sortie de l'usine de Colombes. Il comprend trois travées, deux de 67 mètres et une centrale de 70 mètres. En outre, du côté d'Argenteuil, une petite travée à poutre droite de 8 mètres de portée, traverse le chemin vicinal n° 15 latéral à la Seine (fig. 7 et 8).

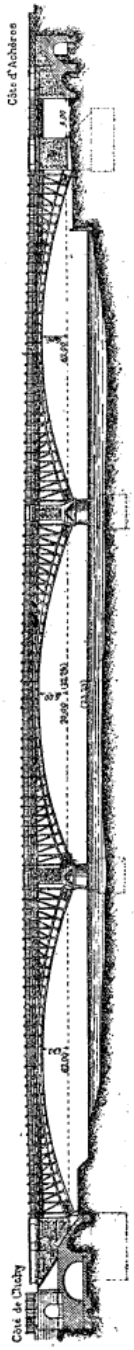


Fig. 8. — Pont-aqueduc d'Argenteuil.

Ce viaduc est formé de cinq poutres courbes en acier à treillis, espacées de 2 mètres d'axe en axe, avec piles et culées en maçonnerie. Les piles ont $3^{m},20$ de largeur et 10 mètres de longueur au sommet. Elles sont, comme les culées, en moellons de Souppes.

Les fondations ont été faites à l'air comprimé et descendues jusqu'au calcaire grossier existant à la cote 16 mètres, soit à 8 mètres environ au-dessous de l'étiage, qui est à la cote $23^{m},73$. Les caissons des culées ont une section de $146^{m2},30$, et ceux des piles de $113^{m2},50$.

Au-dessus, règne une chaussée de $6^{m},50$, composée d'une fondation en béton

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de Portland de 0m,15 d'épaisseur, recouverte d'un enduit et d'un pavage en bois de sapin des Landes de 0m,12. De chaque côté, un trottoir de 1m,50 est formé d'un enduit en bitume posé sur une couche de béton, avec bordure de 0m,25 à 0m,30. Cette chaussée est supportée par des tôles d'acier embouties, de 2 mètres de long sur 1 mètre de large, fixées au niveau supérieur du tablier métallique sous-jacent.

Les poutres en arc sont à section de I, constituées par une âme, quatre cornières et plusieurs plates-bandes. La fibre médiane a 67 mètres de corde et 6 mètres de flèche pour les deux travées latérales; 70 mètres de corde et 6m,525 de flèche pour la travée centrale; la hauteur est de 1m,55 aux naissances et 1m,12 à la clef.

Sous le tablier, sont cinq poutres droites en acier, correspondant aux cinq arcs précédents, et reposant sur ces dernières au sommet de l'arc; ce sont également deux pièces d'acier en I de 0m,50 de hauteur, avec plates-bandes assemblées par quatre cornières.

Le remplissage des tympans est fait en treillis simple, en acier, avec croisillons d'un seul côté reliant les extrémités supérieure et inférieure de montants verticaux espacés de 2 mètres; au sommet de l'arc, le treillis est remplacé par une tôle pleine.

Les trottoirs sont supportés en encorbellement par des consoles de 0m,75 fixées aux poutres droites supérieures.

Au droit de chaque montant vertical des tympans, c'est-à-dire tous les deux mètres, se trouvent les pièces de pont en fer, formées de I de 2m,50 de hauteur en tôles rivées, puis des longerons parallèles à l'axe du pont, et de 0m,230 de hauteur, partagent l'écartement primitif des poutres en arc en deux intervalles de 1 mètre chacun.

A 1m,20 au-dessous des entretoises, et parallèlement à celles-ci, se trouvent les supports des conduites, également en fer, composées de pièces en U accolées.

Les extrémités des arcs reposent sur les piles calculées en conséquence, par l'intermédiaire de coussinets en acier forgé avec axes articulés. Les oscillations de l'arc sont limitées par des clavettes de serrage placées au-dessus et au-dessous des articulations.

Le contreventement est opéré par quatre systèmes de fers plats posés les uns suivant l'intrados, les autres suivant l'extrados, d'autres dans des plans normaux à la fibre médiane des arcs, les derniers dans les plans verticaux des montants des tympans.

Un garde-corps général en fonte complète l'ensemble.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LE CANAL DE CHIGAGO (1)

Le canal de Chicago au bassin de l'Illinois a d'abord été conçu dans l'intention de ne plus laisser se déverser dans le lac Michigan la rivière Chicago, collecteur de toutes les eaux d'égout de la ville. Ce dernier lac, en effet, sert à l'alimentation et à tous les besoins de la vie courante à Chicago.

Les déjections furent donc conduites au moyen d'un canal au bassin de l'Illinois, et se déversent aujourd'hui dans le Mississipi. Mais ce simple canal d'assainissement prit rapidement de tout autres proportions, et devint une ligne de navigation de premier ordre entre la grande cité nord-américaine et le golfe du Mexique (fig. 9).



Fig. 9. — Plan du bassin de l'Illinois

La première partie de ce grand travail n'est bien, en effet, qu'une dérivation de la rivière Chicago, qui est dirigée vers le Mississipi, en sens inverse de son ancien cours. La seconde partie est l'endiguement de la rivière dite des Plaines, afin d'éviter, en temps de crue, son irruption dans le canal, qui serait exposé à déborder, son débit atteignant à lui seul 280 à 300 mètres cubes par seconde (fig. 10)

Les dimensions du canal sont les suivantes :

Longueur totale : 52 800 mètres.

Terrains traversés	Argile	16 000 mètres.
	Roc mélangé d'argile	16 000 —
	Rocher (calcaire dur) et terre végétale	22 800 —

Profil en travers. Largeur :

Dans l'argile	Au plafond	$60^{m},55$
	A la surface	$88^{m},56$
En rocher :	au plafond (talus presque verticaux)	$48^{m},75$
Lac Michigan	En basses eaux	$7^{m},40$
	Eaux moyennes	$7^{m},92$

Hauteur moyenne des tranchées à creuser :

En argile	$12^{m},19$
En rocher	$10^{m},96$

CUBE APPROXIMATIF DES DÉBLAIS

En terre	26 757 000 m³.
En rocher	9 174 000 m³.

(1) *Génie Civil* du 16 février 1895 et *Engineering News*, juin-octobre 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour se rendre compte de l'importance de ce travail, nous donnons ci-dessous les dimensions d'un certain nombre de travaux analogues exécutés sur divers points du globe :

DÉNOMINATIONS	LONGUEUR en kilomètres.	LARGEUR au plafond en mètres.	LARGEUR à la surface en mètres.	PROFONDEUR en mètres.
Panama.	74	22	30	8.40
Suez	180	22	57	7.80
Baltique.	110	22	60	9.00
Amsterdam	30	24	57	8.40
Welland.	50	30	50	4.50
Manchester	55	36	52	7.80
Chicago.	67	48 à 60	50 à 90	7 à 7.80

Il est presque certain que l'on ne se contentera pas de cette profondeur et qu'on l'augmentera de manière à rendre le canal praticable pour tous les bâtiments qui se rendent au port de Chicago. Cette profondeur est cependant déjà supérieure à celle des deux réseaux qu'il relie, et qui n'est guère que de 6 mètres du côté des lacs; dans le voisinage du Mississipi, on a souvent moins. Il y aura seulement des travaux supplémentaires à exécuter plus tard pour réaliser com-

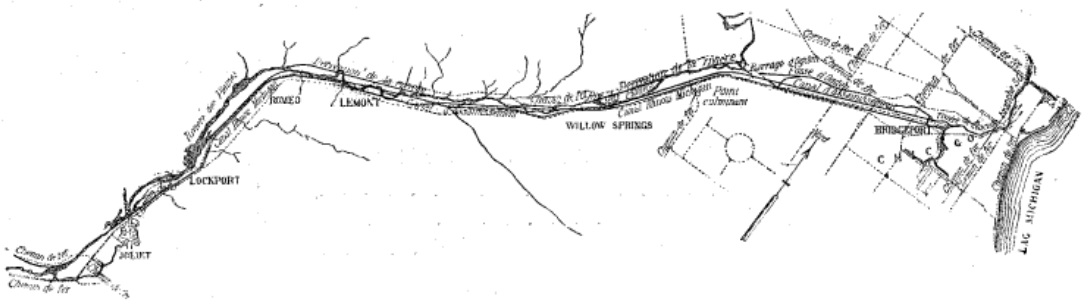


Fig. 10. — Plan d'ensemble du tracé du canal de Chicago.

plètement ce grand projet d'une grande ligne de navigation entre le golfe du Mexique et Chicago (fig. 10).

Cette grande voie navigable par le Mississipi aura une longueur totale de 2400 kilomètres et rendra d'immenses services à toutes les régions traversées, principalement aux régions supérieures. L'économie résultant de la substitution des transports par eaux aux chemins de fer atteindra 40 p. 100 de la valeur des marchandises. Or, dans la vallée du Mississipi, on n'a encore rien fait de mieux pour perfectionner ces moyens de transports; et l'ouverture d'une voie d'eau de $4^{m},27$ de profondeur, certainement sous peu portée à 7 mètres, aura une in-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fluence considérable sur le développement du commerce et de l'industrie des États-Unis du Sud voisins du Mississipi. Il est clair que la grande ville des États-Unis, Chicago, ne pourra encore que profiter de cette source nouvelle de richesse, au détriment de sa rivale New-York.

EXÉCUTION DES TRAVAUX

Les terres sont désagrégés au moyens de râteaux traînés par des chevaux, et les déblais chargés sur des wagons à voie étroite qui les emmènent au dehors. La Western Dudging Improvement C°, fait monter ses wagonnets sur une esta-

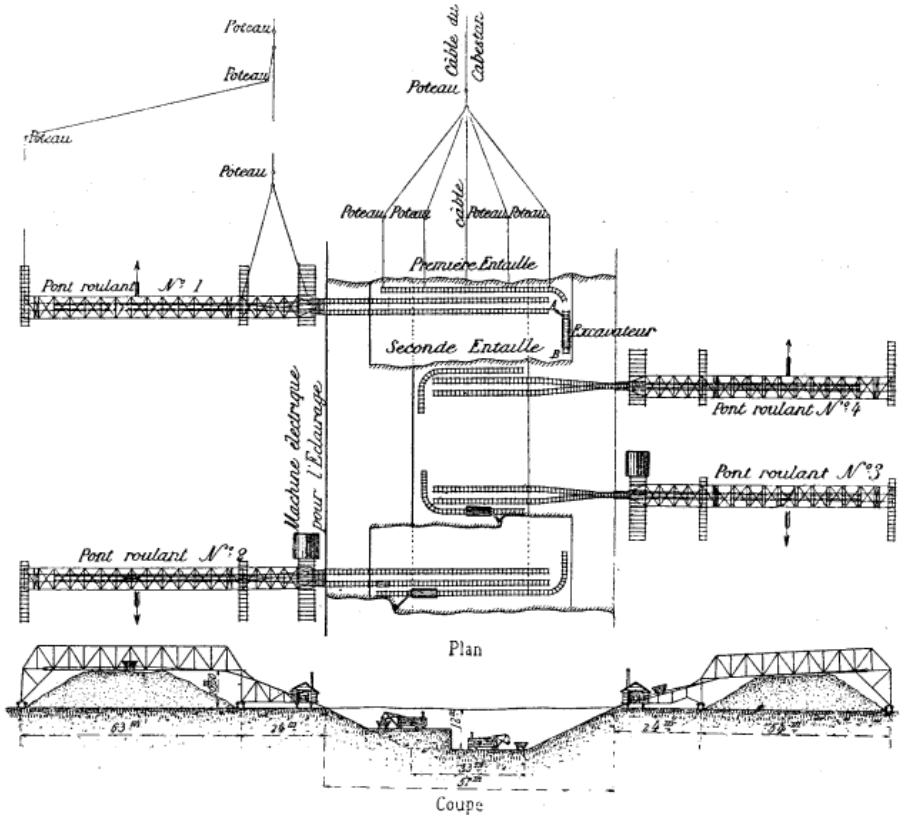


Fig. 11. — Dispositif adopté par MM. Christie et Lowe pour l'exécution des déblais.

cade d'une dizaine de mètres de hauteur installée au lieu de déchargement; là, un tablier basculeur en opère le déchargement, et on les abandonne à eux-mêmes : ils redescendent ensuite sous l'influence de leur propre poids.

Appareil Christie et Lowe. — Nous signalerons l'appareil Christie et Lowe (fig. 11), qui comprend quatre ponts roulants légers et inclinés, placés par couples sur les deux rives du canal, et qui reçoivent, au moyen d'une chaîne articulée, les déblais fouillés par quatre excavateurs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La fouille est commencée en son milieu, et l'abatage marche à la fois des deux côtés en s'éloignant ; l'attaque se fait d'ailleurs sur deux étages, de chacun 6 mètres, et les remblais sont disposés en tas d'environ 10 mètres de hauteur.

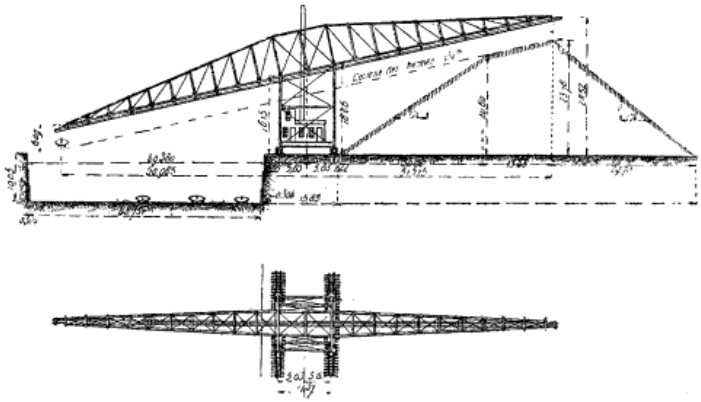


Fig. 12 et 13. — Élévateur de la Brown Hoisting and Conveying Machine C°.

Excavateur mécanique à pivot. —L'excavateur mécanique, à pivot et symétrique, a été également employé sur ces grands travaux dans les terrains meubles. Il n'a cependant pu lutter, sous le rapport de l'économie, avec les autres engins

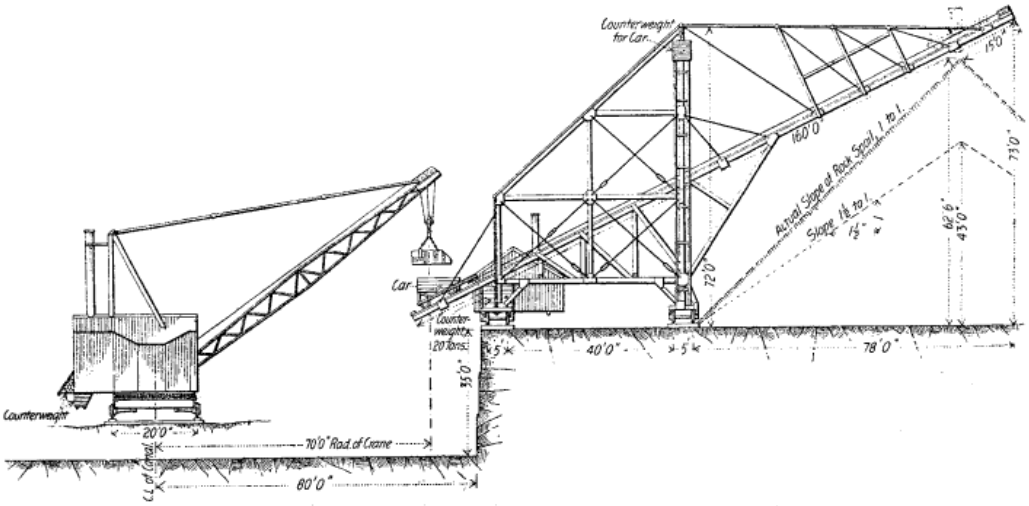


Fig. 14. — Disposition d'un Derrick et d'un Conveyeur pour l'enlèvement des déblais.

Les mesures sont exprimées en pieds anglais de 0m,305. Le Derrick, de 21m,30 de volée équilibré par un contrepoids (Counterwerght) roule sur une voie de 6m,10 au milieu du canal, à 24m,40 de la berge, sur laquelle circule le convoyeur de 48m,75 de volée. Le derrick déverse les roes de son sabot (fig. 15) dans un wagon (*car*) équilibré par un contrepoids, et que le convoyeur amène puis déverse au bout de sa volée à une hauteur maxima de 19m : puissance du derrick, 50 chevaux, poids 85 tonnes, prix 75 000 fr. ; puissance du convoyeur, 75 chevaux, poids 60 tonnes, prix 50 000 fr. Capacité totale du sabot 5m3,30. Débit moyen par jour 300m3 au prix total de 150 fr.

usités dans ces déblais ; sa puissance s'est montrée modérée et, fréquemment, les entrepreneurs lui ont préféré l'emploi de petites dragues mues par des chevaux ou des mulets.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dragues flottantes. — Les dragues flottantes ont été naturellement utilisées dans les terrains marécageux ou en rivière, pour l'approfondissement et l'élar-

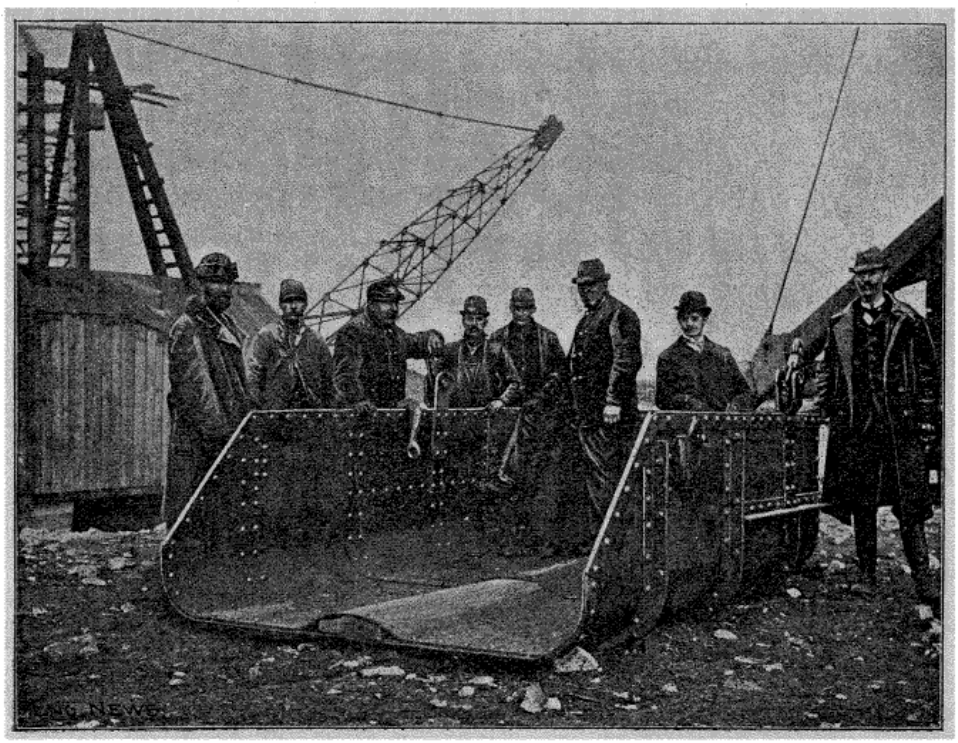


Fig. 15. — Détail du sabot du Derrick fig. 14.

gissement du lac. C'est principalement à la rencontre des tourbières qu'on a eu ici l'occasion d'en faire usage.

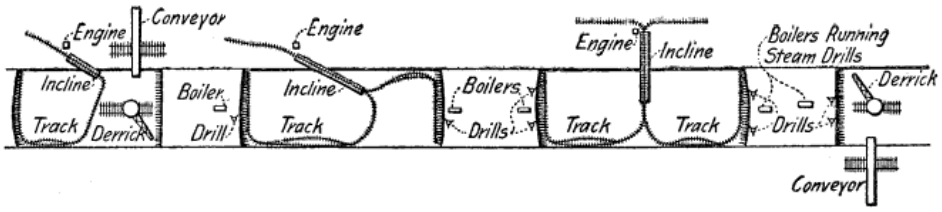


Fig. 16. — Méthode d'excavation de la section G.

Engine (machine), Conveyor (convoyeur), Incline (plan incliné), Track (voie), Drills (perforatrices), Boilers Running Steam Drills (chaudières pour perforatrices à vapeur).

Ce sont des dragues pulvérisantes et aspirantes, c'est-à-dire qui commencent par pulvériser la tourbe ou la terre, et l'enlèvent ensuite par aspiration au moyen d'une pompe rotative.

Cette boue est remontée dans un long tuyau qui la porte à une distance assez grande, atteignant quelquefois un kilomètre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Un de ces appareils a pu obtenir ce remarquable résultat : d'enlever en un mois jusqu'à 75 000 mètres de matériaux.

Déblais en rocher. — En rocher, l'enlèvement des blocs de calcaire dur a été

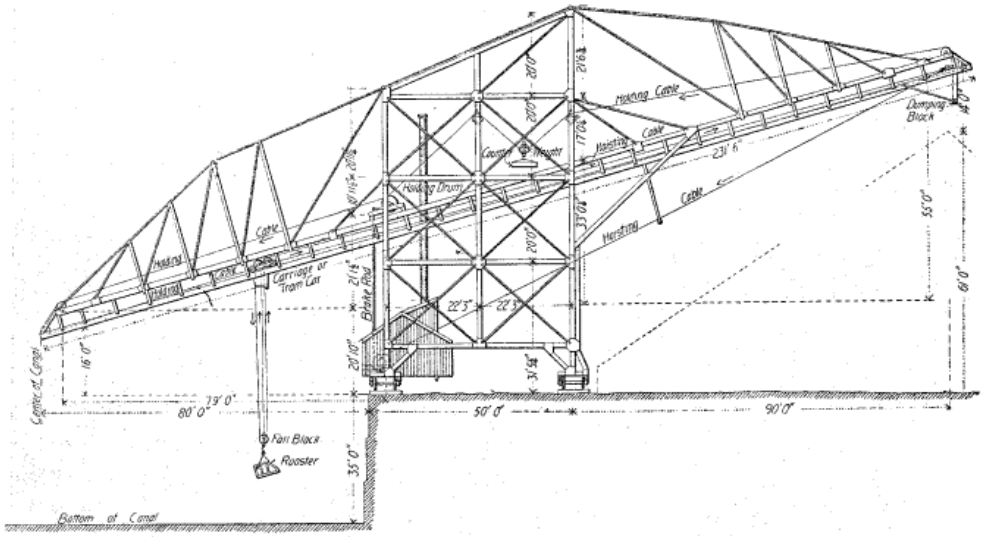


Fig. 17. — Convoyeur Hullett et Mac Myler employé sur la section 7.

Le sabot (Rooster) est levé par la poulie (Fall Block) et son cable (Hoisting Cable) jusqu'au trolly (Carriage or Tram car) de la volée qui a 38m,40 de long ; il s'enclanche automatiquement avec ce chariot, qui est amené par sa corde (Holding Cable) au basculeur (Dumping Block) de la volée.

fait au moyen d'élévateurs roulants à poutre inclinée (fig. 12 et 13) à 12°,50', dont un bras plonge dans le canal, tandis que l'autre surplombe la berge, sur la-

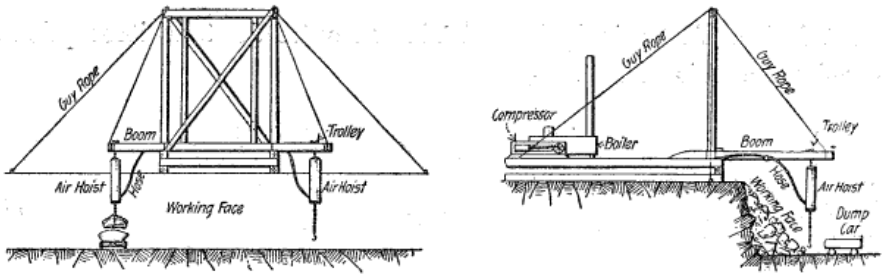


Fig. 18 et 19. — Schéma des grues à air employées pour l'enlevage des grosses roches.

(Air Hoist) Cylindre à air de 2m40 + 300 de diamètre, (Hose) tuyau, (Boiler) chaudière, (Guy Rope) hauban, (Boom) volées, (Dump Car) wagonnet à bascule.

quelle doivent se déposer les matériaux. Ces engins ont été employés par la Brown Hoisting and Conveying Co.

Le support se compose de quatre colonnes, dont chacune repose sur un truc à quatre roues, tous ces trucs roulant sur deux voies parallèles au canal, et espacées de 11m,37 d'axe en axe. La poutre qui surmonte cette pile est composée de deux bras équilibrés en treillis, le plus élevé présentant un treuil à

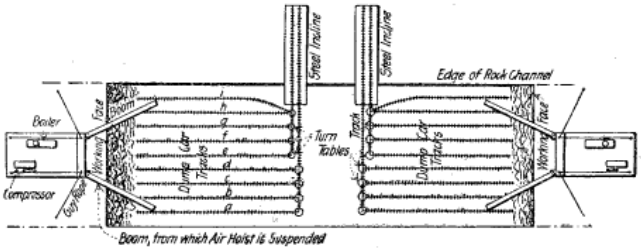
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

19m,60 au-dessus du chemin de roulement de la pile, et la longueur totale de la poutre étant de 131 mètres.

Dans l'intérieur de cette pile, se trouve la machine motrice, dont le poids abaisse le centre de gravité de l'ensemble, et trois leviers servent à commander les trois mouvements fondamentaux de cet engin :

D'abord le mouvement de translation le long de la berge du canal; mouvement dont la vitesse varie de 50 à 70 mètres, pour atteindre quelquefois 130 à 140 mètres par minute ;

Puis un chariot à quatre roues circulant sur des rails placés à la partie infé-



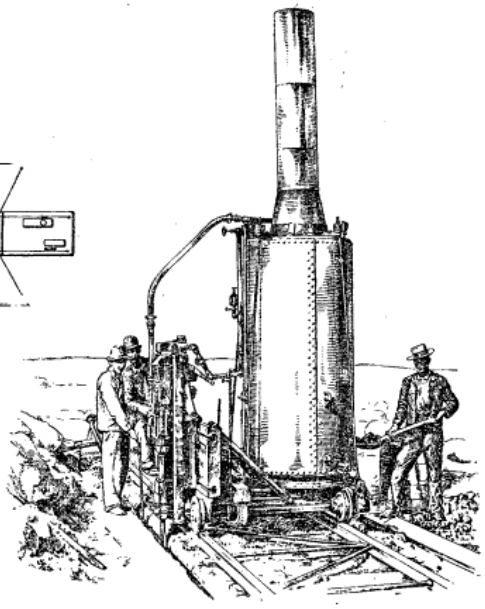


Fig. 20. — Plan de la disposition des grues à air, des voies et des plans inclinés adoptés pour l'enlevage des grosses roches. — Fig. 21. Haveuse verticale (Channeling Machine). Ingersoil Sergeant. Abatage 110 mètres carrés par jour à 3 fr. 75 par mètre carré.

(Working face) front de rochage, (Dump Car Traks) voies des wagons bascules, (Turn Tables) plaques tournantes, (Boom from which Air Hoise is suspended) volées de suspension des grues à air (Edge of the Rock Channel) face de l'enrochement.

rieure de la poutre, et portant, suspendue au-dessous de lui, une benne à renversement : ce mécanisme sert à élever les matériaux le long de la poutre ;

Enfin, un mécanisme spécial d'enlèvement des bennes, qui peuvent contenir 350 kilos de débris de roc, et se vident d'elles-mêmes d'un mouvement automatique à l'endroit précis où on le désire et où on les arrête. Il arrive fréquemment que cette benne est beaucoup plus chargée que ne l'indique le chiffre précédent, soit parce qu'on dispose les débris rocheux en pyramide au centre de la benne, soit parce qu'on y met de gros blocs. On atteint de la sorte souvent 500 kilos.

On peut ainsi faire aisément 25 voyages à l'heure. Chaque voyage comprend le chargement, le transport d'une extrémité à l'autre de l'élévateur, le déchargement et le retour à vide. En pratique, on en pourrait même faire davantage si l'on n'était limité par le temps nécessaire au chargement des bennes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

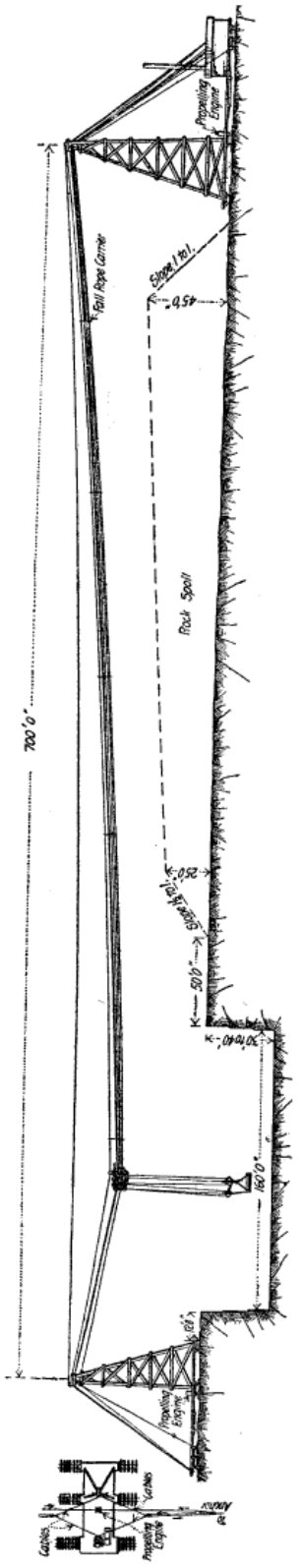


Fig. 22. — Cableway Lidgerwood (voir le *Bulletin* de novembre, 1894, p. 829) employé pour le transport des roches. Portée 213 mètres. Machine de 70 chevaux, vitesse de levée 1m,20 par seconde, de translation 3 mètres. Poids total 200 tonnes. Prix 70 000 francs.

Dans la section de Lockport (section 9), on rencontre l'appareil représenté figure 14 à 16.

Un transporteur à poutre inclinée se meut sur la ligne parallèlement à l'axe du canal et vient se poser en face d'une grue dont la flèche, munie d'un gigantesque godet d'excavation (fig. 15), va recevoir les blocs de rocher aux endroits où ils se trouvent dans la fouille. Puis le godet est amené au-dessus d'un petit chariot qui roule sur la poutre inclinée, et dans lequel on déverse la charge amenée par la grue. Le chariot remonte cette charge jusqu'en haut de la poutre inclinée, pour la déverser sur le tas en formation.

La figure 16 représente la disposition d'ensemble du chantier de la section 9, où sont employés ces appareils.

Dans la section 7 (Lemme) on emploie le transporteur représenté figure 17, établi par l'entreprise Aquen et Cie, et qui a quelque analogie avec celui de la Hoisting and Conveying et Co.

Élévateur de gros blocs. — En résumé, tous ces appareils ont besoin, afin de ne pas être dérangés de leur position trop souvent, qu'on amène autant que possible les blocs détachés de roc à leur portée. Cela n'est pas toujours facile quand ces blocs sont un peu gros et par suite très lourds.

C'est dans cette intention qu'a été établi l'élévateur à air comprimé représenté figure 18 et 19. Des cylindres à air comprimé sont suspendus au-dessus de la fouille au moyen d'une charpente spéciale, et leurs pistons soulèvent les blocs qu'ils viennent ensuite déposer sur de petits wagonnets, qui les emportent, grâce à un certain nombre de voies disposées à cet effet dans le chantier, comme l'indique la figure 20.

Enfin, nous ne saurions clôturer la série des appareils ingénieux servant à travailler en rocher sans signaler la haveuse verticale Ingersoil Sergeant (fig. 21).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

C'est, en somme, un fleuret vertical actionné par un cylindre à vapeur alimenté par une chaudière verticale qui l'accompagne, posée sur un chariot rou-

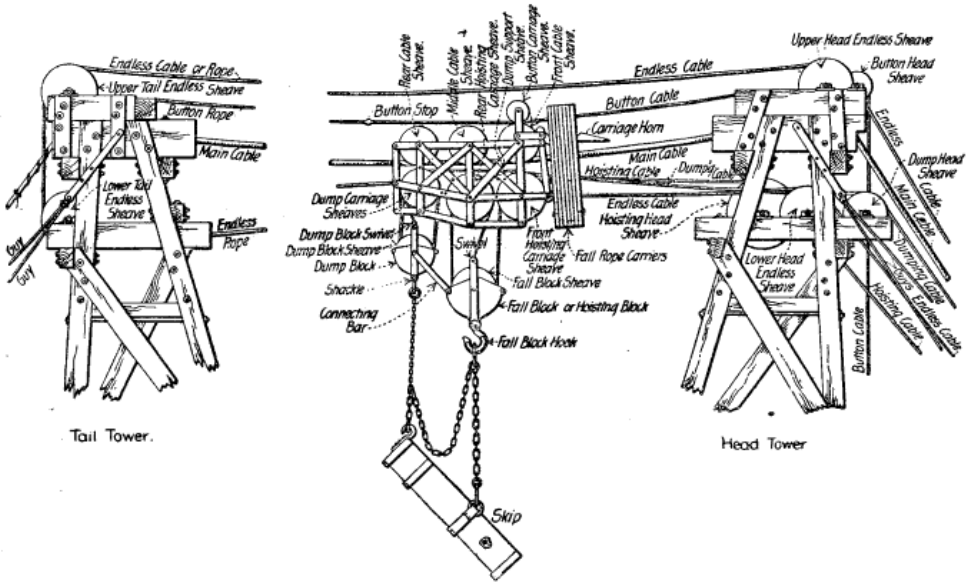


Fig. 23 et 24. — Détails des chevalets de queue (Tail) et de tête (Hea l) et du chariot du Cableway Lidgerwood (fig. 22).

(Guy Rope) attaches, (Sheave) poulie, (Main cable), câble principal de roulage ou porteur, en acier de 60 millimètres de diamètre, charge, de rupture, 155 tonnes, (Endless cable) câble sans fin tracteur du chariot sur le câble porteur, de 10 millimètres de diamètre, (Button câble) corde à bouton de 15 millimètres déclenchant les parachutes, (Fall Rope carriers) qui soutiennent le câble de levage ou Hoisting Rope. Voir le *Bulletin* de novembre 1894, p. 831. (Dumping Cable), corde de bascule passant sur les poulies Dump Block et Dump Sheave, et faisant basculer le sabot (Skip) pour le vider.

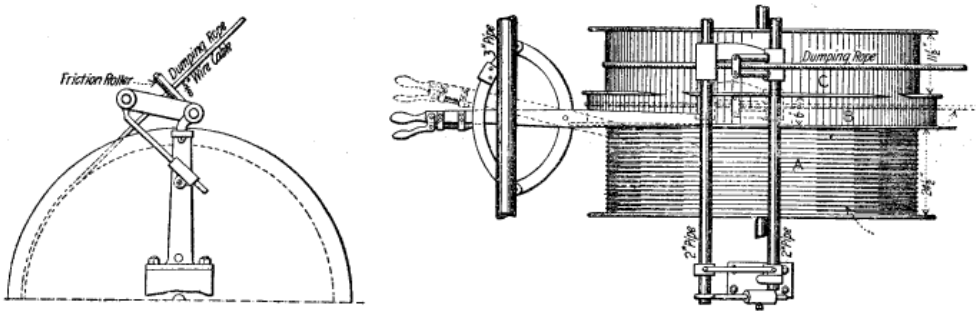


Fig. 25 et 26. — Basculeur Locher du Cableway fig. 23.

A et C, tambours de même diamètre commandant l'un la corde de levée, et l'autre celle de bascule (Dumping) A, tambour de plus grand diamètre que A et C. La corde de bascule passe entre deux galets-guides montés sur un levier qui permet de la faire passer de C sur B, et qui détermine la bascule du chariot en imprimant ainsi à la corde de bascule une vitesse tout à coup plus grande que celle de la corde de levée.

lant sur des rails. Ce cylindre ne sert d'ailleurs qu'à donner le mouvement au fleuret. Un autre moteur fixe est chargé de remorquer le chariot portant tout l'appareil, et de lui donner un mouvement de progression continue sous le mou-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vement de percussion du fleuret. Il en résulte précisément le tracé d'une rigole préparatoire dans le rocher que l'on veut enlever.

Transporteur à câble. — Les transporteurs à câble (fig. 22 à 26) présentent des frais d'installations beaucoup moindres que ceux des appareils rigides; mais ils sont d'un plus faible débit. Cependant, les câbles suffisent amplement pour dégager les chantiers, si rapide que soit le sautage des blocs. En une seule journée il a été déblayé jusqu'à 12 000 mètres cubes de roche, avec une consommation de 7 tonnes de dynamite.

Conclusion. — Pour terminer, nous ne pouvons mieux faire que de citer la conclusion suivante de M. Girard, qui, à propos de cette étude, écrit dans le *Génie Civil* : « Nous devons tirer un enseignement de ces grands travaux entrepris en Amérique. Chez nous aussi, en Europe, la concurrence est grande, et la marchandise cherche le chemin le moins coûteux. En France, nous avons aussi des canaux à approfondir, de grandes entreprises à mener à bien, et, s'il était possible d'ouvrir le canal des Deux-Mers ou de joindre Paris à la Manche par une voie accessible aux grands navires, ces créations auraient, pour notre pays, et peut-être pour le commerce général du monde, plus d'importance encore que le canal qui déverse les eaux sales de Chicago dans le golfe du Mexique, tout en utilisant une grande voie de communication du nord au sud des États-Unis. »

UN NOUVEAU TUNNEL SOUS LA TAMISE, A BLACKWALL (1)

Il existe actuellement déjà deux tunnels passant sous la Tamise. Le vieux tunnel, construit par l'ingénieur français Brunel, de 1825 à 1842, entre Wapping et Rotherithe, et qui est traversé aujourd'hui par l'East-London Railway; c'est le premier pour le percement duquel on ait fait usage de la méthode dite du bouclier, inventée par Brunel; puis celui de la Tower Subway, construit en 1869 par M. M.-J.-H. Gresthead, exclusivement pour les piétons. Sa forme est circulaire, et son diamètre n'est que de $2^{m},57$. Il a également été établi à l'aide du bouclier, mais c'est le premier dont le revêtement intérieur soit fait d'anneaux de fonte.

On sait que ce procédé a permis de creuser avec beaucoup plus de commodité et de sécurité qu'auparavant les tunnels en terrain difficile.

Voici en quoi il consiste essentiellement : un caisson en tôle pouvant être déplacé horizontalement et muni à l'avant d'une trousse coupante sert de chambre de travail, c'est le bouclier.

Ce bouclier supporte le terrain jusqu'à ce que le cuvelage en fonte soit installé derrière lui, et, comme son nom l'indique, protège en même temps très efficacement les ouvriers employés à la construction.

(1) *Engineering* des 4 janvier, 8 et 15 février, 15 et 29 mars, et 4 mai 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il est spécialement employé dans la traversée des couches aquifères, concurremment avec l'air comprimé; l'emploi simultané de ces deux éléments permet aux ingénieurs d'exécuter des travaux qui eussent autrefois paru impossibles.

Le plus grand tunnel construit par cette méthode, et qui ait précédé celui de Blackwal, est celui qui a été percé sous la rivière Saint-Clair, qui réunit, en

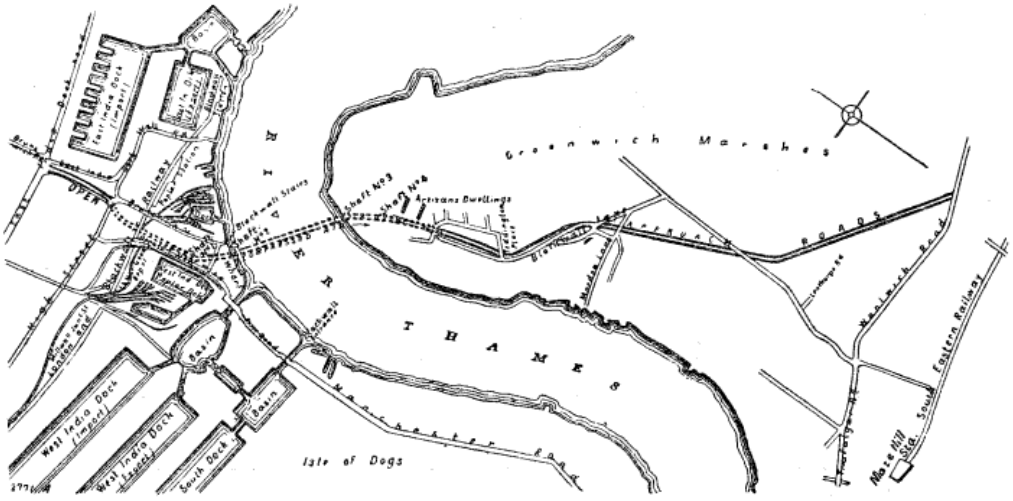


Fig. 27. — Situation du Tunnel de Blakwall.

Amérique, les lacs Érié et Huron, et qui a 6m,40 de diamètre. Ensuite, vient celui de l'Hudson, à New-York, avec un diamètre de 5m,80.

Le tunnel qu'on achève de construire en ce moment sous la Tamise, à

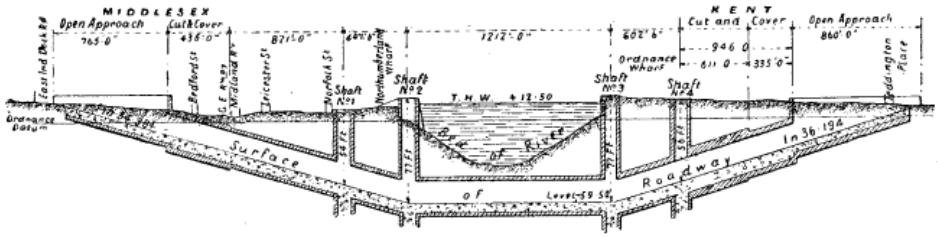


Fig. 28. — Profil en long du Tunnel.

Blackwall, est un des plus importants travaux d'ingénieurs qui aient été exécutés en Angleterre, et le plus long qui ait été construit par le système du bouclier : son diamètre atteint 8m,235 intérieurement et 8m,95 extérieurement.

Les travaux furent commencés du côté de Greenwich, en 1872.

Situation générale. Plan. Profil en long. — La figure 27 donne un plan général, et la figure 28 un profil en long des travaux. L'accès à l'air libre, sur la rive du Nord, ou du Middlesex commence, par une tranchée ouverte, à la route des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

docks des Indes-Orientales, du côté opposé à l'entrée principale des docks. Ensuite, une tranchée couverte passe sous les chemins de fer Great Eastern et Middland, descendant par une pente régulière de 29 millimètres jusqu'au bord

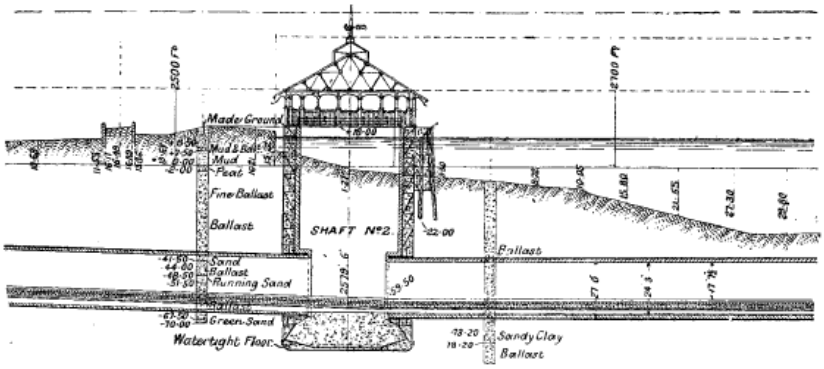


Fig. 29. — Ensemble du puits n° 2.

de la rivière. A partir de là, le tunnel est en palier sur 404 mètres, et traverse la rivière en se dirigeant du puits (Shaft) n° 3 vers le sud-est par une légère dé-

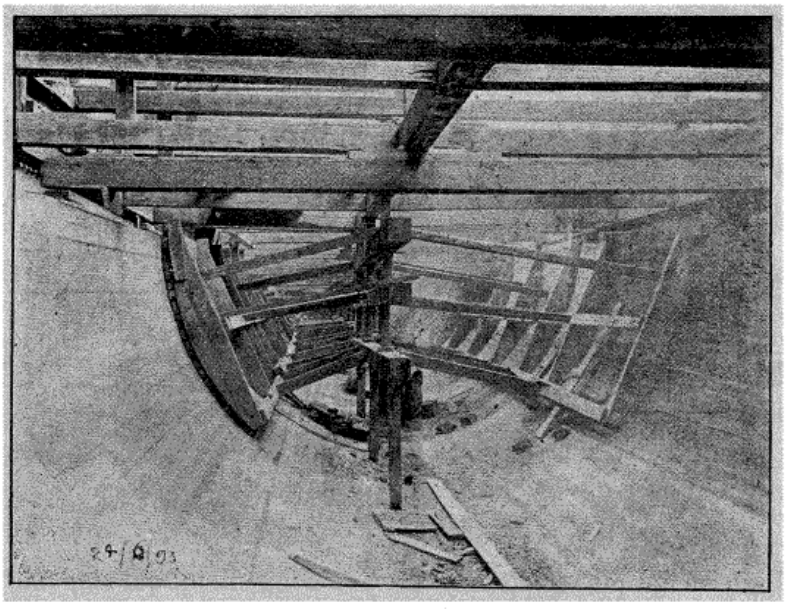


Fig. 30. — Bétonnage du tunnel d'approche.

viation; il part de 45m,70 environ des marches de Blackwall, passant sous le fond de la rivière, et aboutit, de l'autre côté au puits n° 2, dans le Kent (fig. 29); il remonte ensuite en tranchée ouverte, avec une rampe de 262m,30 de longueur, et de 30 millimètres par mètre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il a fallu, bien entendu, démolir et exproprier bon nombre de maisons, surtout du côté du nord, afin de permettre l'installation de ces galeries d'approche.

La figure 29 montre, à une échelle un peu plus grande, la coupe longitudinale dans l'axe du tunnel, aux environs du puits n° 2.

Il va de soi que, non seulement sous la rivière, mais encore dans les travaux d'approche, il y avait à redouter l'invasion des eaux, et que toutes les précau-

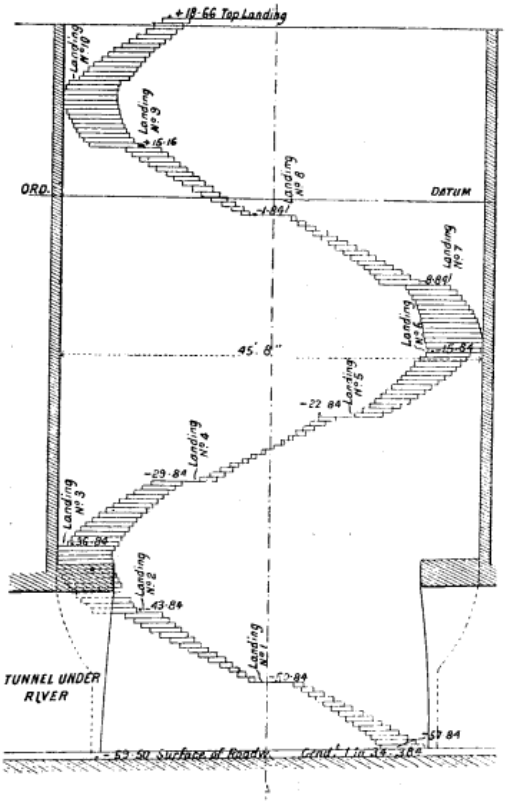


Fig. 31. — Coupe du puits n° 2.

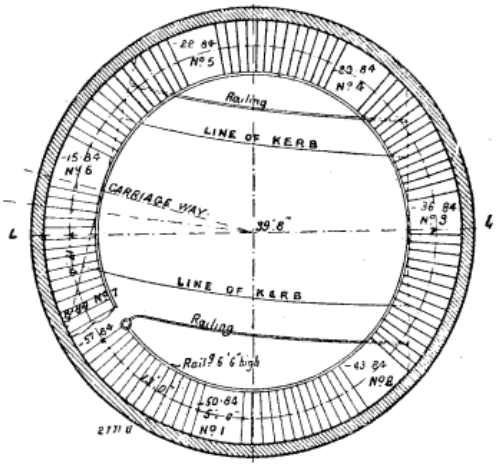


Fig. 32. — Plan du puits n° 2.

tions ont été prises afin d'assurer la plus grande étanchéité possible. De nombreux sondages ont été exécutés pour se rendre compte de la nature des terrains. Les puits n^{os} 2 et 6 sont ceux qui ont donné le plus de mal, à cause de la nature des couches et de leur voisinage de la rivière, et c'est dans cette région, par suite, que les travaux ont été des plus délicats.

Ces travaux ont été commencés sur la rive côté Kent, qui est en même temps la plus difficultueuse; le bouclier n'y était souvent séparé du fond de la rivière que par une couche de 1^{m},60 de sable et de gravier.

Quatre larges puits, avec caissons en tôle de 14^{m},65 de diamètre, ont été dis-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

posés aux points du tracé où la ligne change de direction ou de déclivité. En ces points, le tunnel est entièrement interrompu, et reprend de l'autre côté des caissons. On évite ainsi le travail du bouclier en courbe, travail difficile pour un bouclier de grande largeur, comme celui qui est indispensable pour un pareil percement. Cela dispense en même temps de fabriquer des revêtements en fonte de forme spéciale pour les courbes.

Des ouvertures circulaires, de 8m,95 de diamètre, sont (fig. 60 et 63) ménagées dans les caissons, afin de recevoir l'entrée et la sortie du tunnel. Il va de soi que

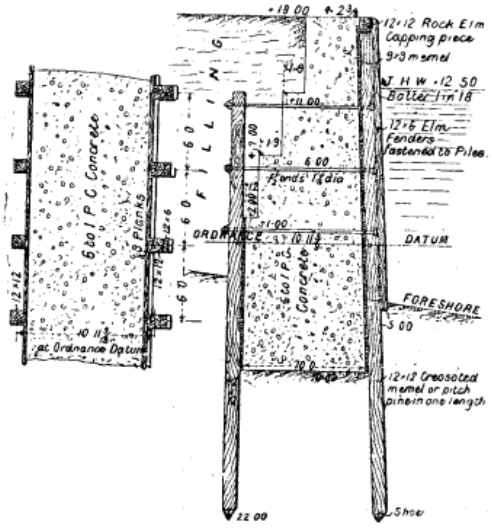


Fig. 33 et 34. — Mur de quai du caisson n° 2.

Les mesures sont indiquées en pieds et pouces anglais de 305 et 25 millimètres.

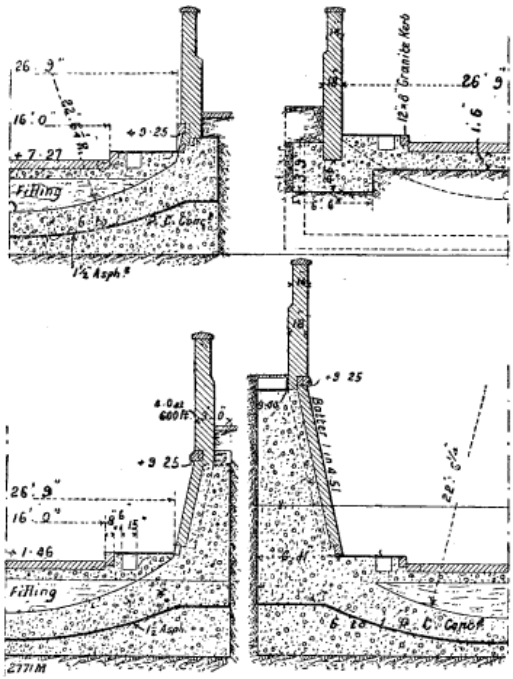


Fig. 35 à 38. — Coupes des travaux d'approche à ciel ouvert des deux rives Kent et Middlesex (fig. 28).

la construction des caissons doit être renforcée de manière à compenser ce manque de continuité, qu'on ne rencontre pas d'ordinaire. Ces ouvertures sont d'ailleurs soigneusement fermées à l'aide de portes ou tampons en fer maintenus avec des boulons que l'on peut rapidement faire sauter quand on doit livrer passage au tunnel atteignant le caisson.

Les caissons nos 1, 2 et 4, qui sont en dehors de la rivière, sont munis intérieurement d'escaliers permettant aux personnes qui se trouvent dans le voisinage de leur domicile de pouvoir regagner la chaussée supérieure sans être obligées de se rendre jusqu'à l'une des extrémités du tunnel (fig. 31 et 32). Ces

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

caissons sont en outre munis (fig. 29) d'un toit en harmonie avec les constructions voisines.

Le dernier caisson, portant le n° 3, est la propriété de MM. Forbes, Alliot et Cunnard. Il est fermé par une voûte, et ne présente, au centre de celle-ci, qu'une cheminée de ventilation.

Le caisson n° 2, qui est au bord de la rivière, du côté de Middlesex, est protégé (fig. 33 et 34) par un mur de quai spécial.

Attaque des travaux. — L'ensemble des travaux fut confié à MM. Pearson et fils, de Westminster : les caissons furent fabriqués par la Thames Iron Works, and Ship Building C°.

L'attaque eut lieu en mars 1892, du côté sud, où le terrain était plus facile,

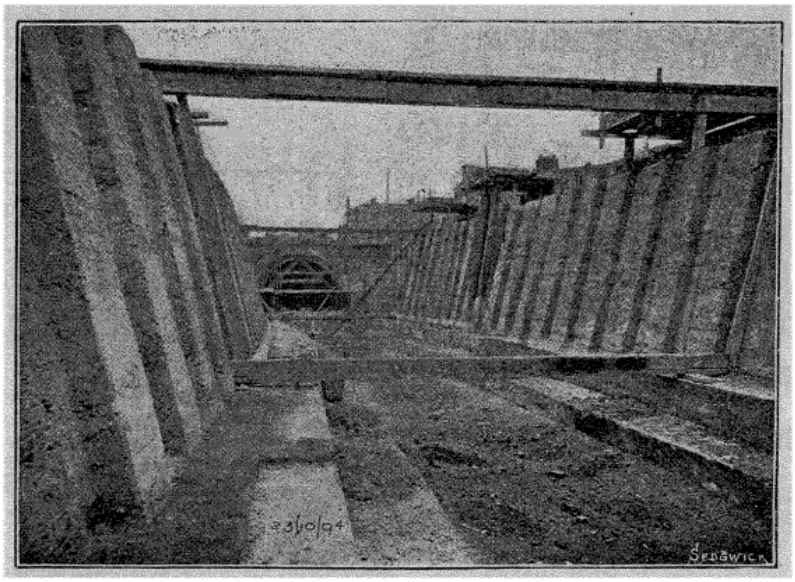


Fig. 39. — Approche à ciel ouvert.

afin d'entraîner le personnel et de l'amener graduellement à faire les travaux beaucoup plus difficiles que réservait l'avenir. En conséquence, on décida de commencer par la descente du caisson n° 4, qui, comme on l'a vu précédemment, est le plus au nord des quatre prévus. Il est situé à environ 183 mètres du quai côté Kent, et à un point où finit la tranchée couverte vue plus haut, pour faire place au tunnel blindé.

Tranchées à l'air libre. — Les figures 33 à 39 donnent les coupes des accès à l'air libre des deux rives Kent et Middlesex, dont les longueurs sont respectivement 262^{m},30 et 233^{m},32.

Leur construction se compose de béton de ciment (*concrete*) à 6 pour 1, à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

parements revêtus de briques au-dessus du niveau du chemin des piétons, et reliés au béton par des redans ou harpes, comme l'indique la figure 39.

Les parements intérieurs sont en briques vernissées, comme dans le tunnel

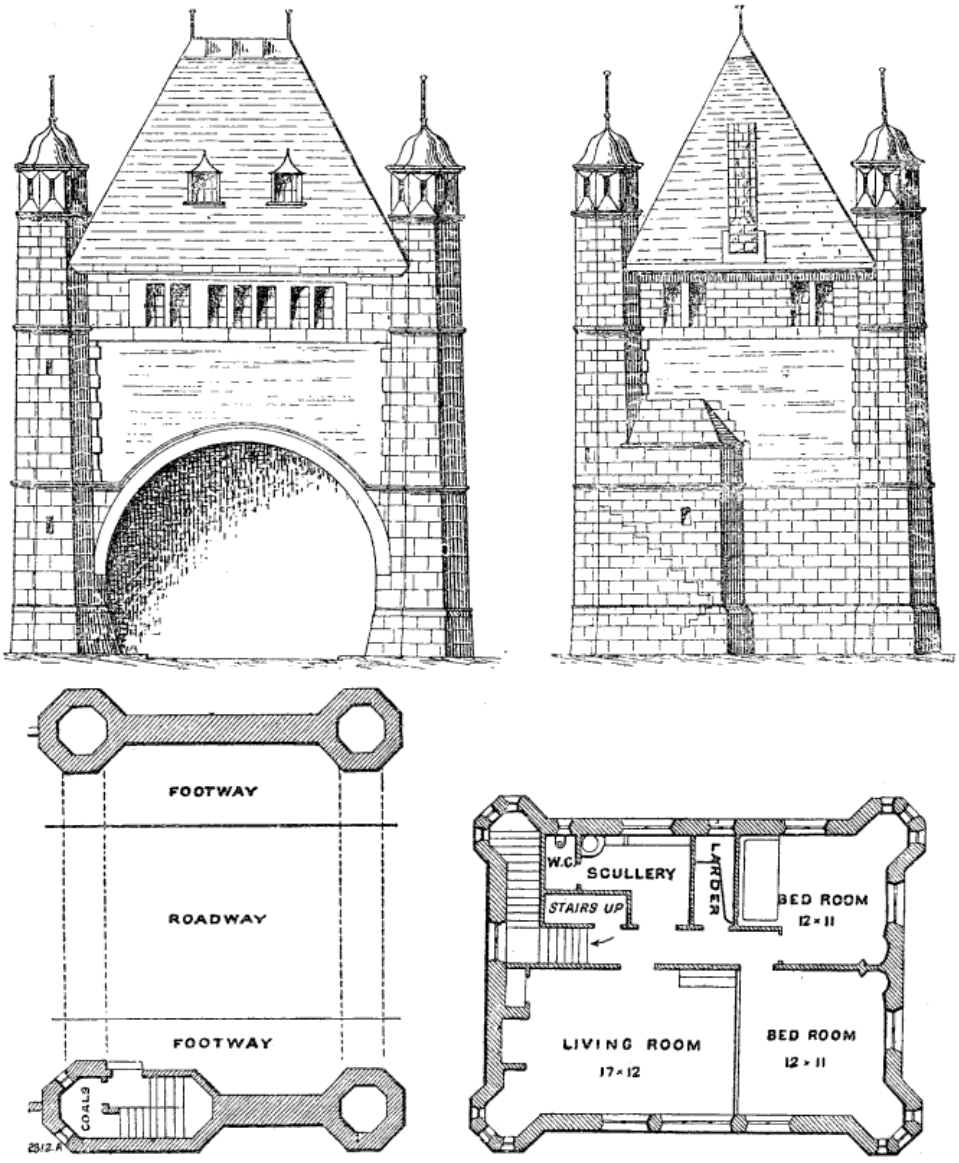


Fig. 40 à 43. — Porte d'entrée et logement du gardien.

proprement dit et les tranchées couvertes. En particulier, la face vue du mur de soutènement est garnie jusqu'à une hauteur de $0^m,42$ au-dessus du niveau inférieur; à cette hauteur, se trouve placée une bordure courante en ciment

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de Portland, servant de base d'assise au parapet du mur, qui se termine par un couronnement en granit, comme le montrent les figures 37 et 38.

Les deux murs de soutènement et toute la cuvette en béton qui les sépare sont garnis, du côté des terres, d'une chape en asphalte de 0,0375 d'épaisseur (fig. 36 à 38). Une cage d'escalier de $1^m,83$ de large est placée de chaque côté de la chaussée, à la fin de chaque partie à l'air libre et des deux côtés de la rivière.

A partir de ces points également, on a établi une chaussée suffisante pour porter les véhicules les plus lourds et les plus larges en usage à Londres.

La superstructure en est composée d'une voûte, la même qui supportera plus loin, dans le tunnel, les édifices représentés figures 40 à 43.

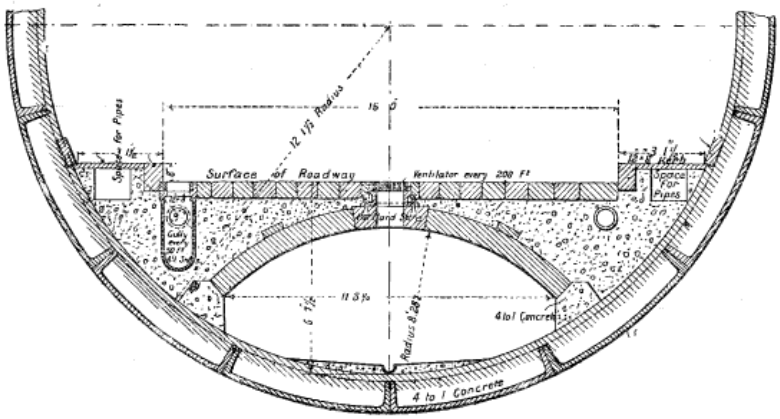


Fig. 44. — Coupe transversale montrant la galerie de drainage.

La chaussée a $4^m,88$ de large, ce qui permet le passage facile de front des deux véhicules précités. De chaque côté, on a réservé des trottoirs de $1^m,65$ de large dans les accès en plein air, et de $0^m,95$ seulement dans la tranchée couverte et le tunnel proprement dit.

La voûte en briques supportant la chaussée a une épaisseur de $0^m,225$; elle forme la toiture d'un conduit dans lequel passent tous les tuyaux possibles; on a accès dans cette sorte de cave (fig. 44) au moyen d'un puits placé à la fin de la tranchée couverte de chaque côté de la rivière. On peut ainsi, sans avoir besoin de démolir la chaussée, aller faire l'inspection des tuyaux, en poser de nouveaux, etc.

A l'entrée des tranchées d'approche, on construira, de chaque côté du fleuve, une porte monumentale servant en même temps de gabarit aux véhicules. Cette porte sera surmontée d'une maison d'habitation pour le gardien du tunnel (fig. 40 à 43).

Écoulement des eaux. — Les pentes adoptées dans le profil en long entraînent toutes les eaux reçues par les accès à l'air libre des deux côtés de la rivière ou

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

employées au nettoyage de la chaussée, etc., dans un puisard ménagé au fond du puits n° 2; des pompes à poste fixe seront (fig. 52) disposées pour épuiser ces eaux et les renvoyer dans la Tamise.

Les figures 46 à 52 représentent la coupe de ce sous-sol à son passage à travers les caissons 1, 2 et 3. Tous ces travaux seront plus tard ventilés et éclairés à la lumière électrique.

Tranchée couverte. — La fig. 53 montre la section adoptée pour la partie

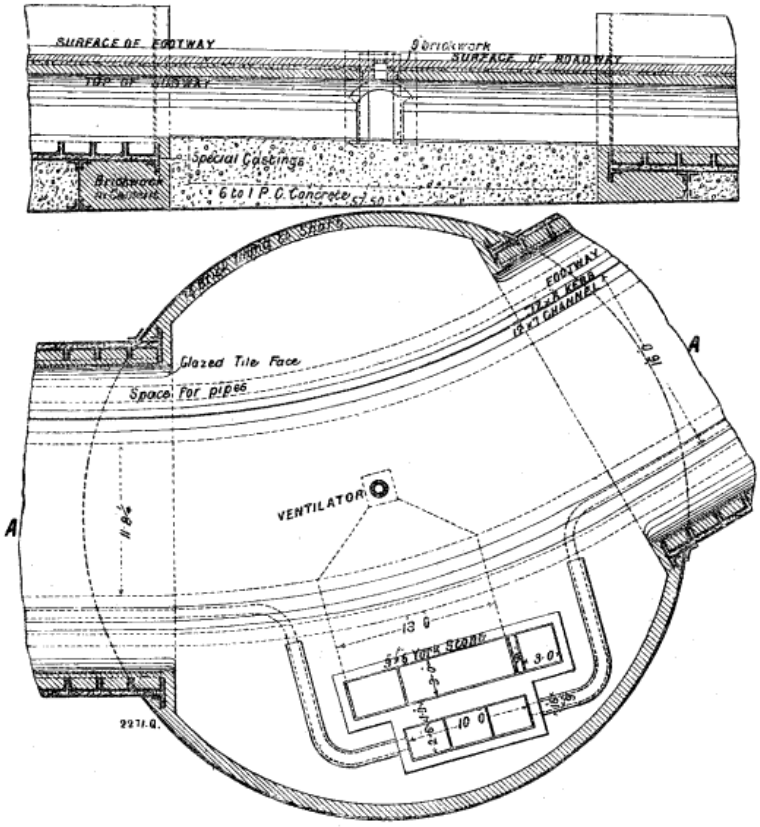


Fig. 46 et 47. — Coupe verticale AA et plan de la galerie de drainage (Subway) sous le puits n° 1.

du côté Middlesex, longue de 133 mètres, et dont la profondeur sous le sol varie de 10m,37, à High-Street, à 12m,50 sous le Great-Eastern railway (fig. 28). A ce dernier point, commence le revêtement métallique du tunnel, que nous verrons plus loin. Du côté Kent, la profondeur varie de 11m,30 à 12m,80; de cette dernière profondeur, on gagne le puits n° 4, avec la section la plus faible (fig. 54). La section du revêtement en briques pour ces deux entrées est respectivement de 0m,455 et 0m,58; l'anneau intérieur, au moins depuis le niveau

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

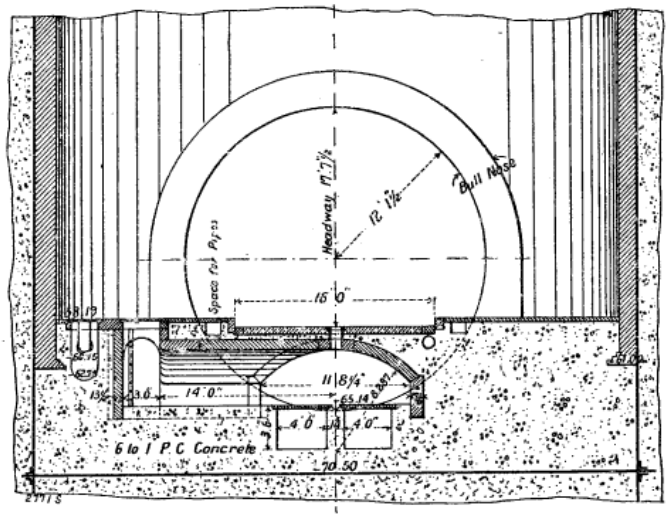


Fig. 48. — Coupe du puits n° 3.

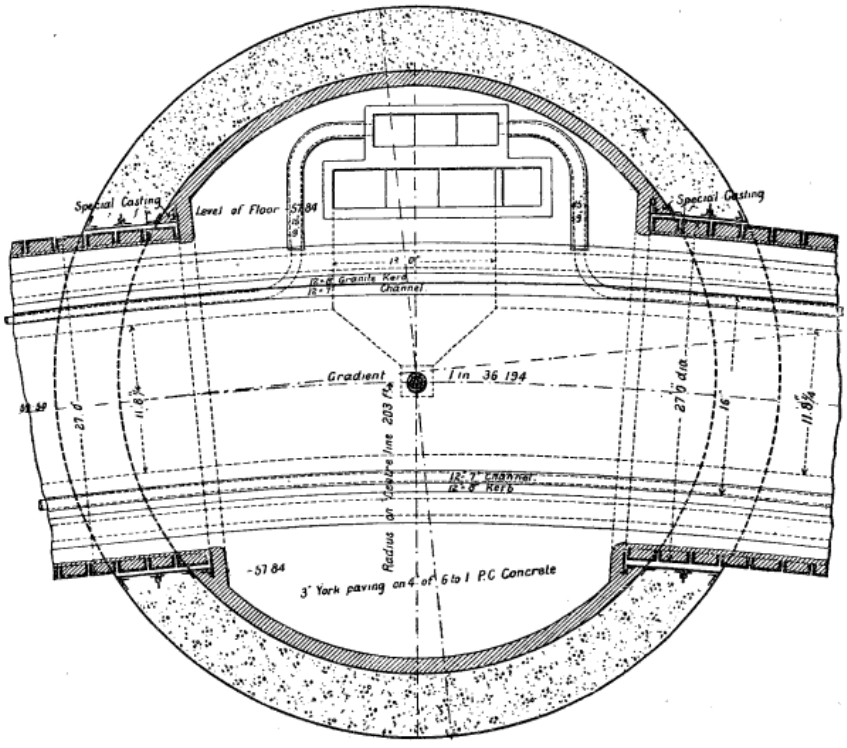


Fig. 49. — Plan du puits n° 3.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de l'aire inférieure, étant fait de briques à parement vernissé. A l'extrados, immédiatement au-dessus du dernier anneau de briques, se trouve une chape en asphalte de $0^m,0375$ d'épaisseur, et disposée de manière à prévenir toute infiltration d'eau (fig. 53 et 54).

Au-dessus, et en dehors de ce revêtement en briques, est un remplissage en béton de ciment de Portland à 6 pour 1, qui remplit d'une manière étanche tous

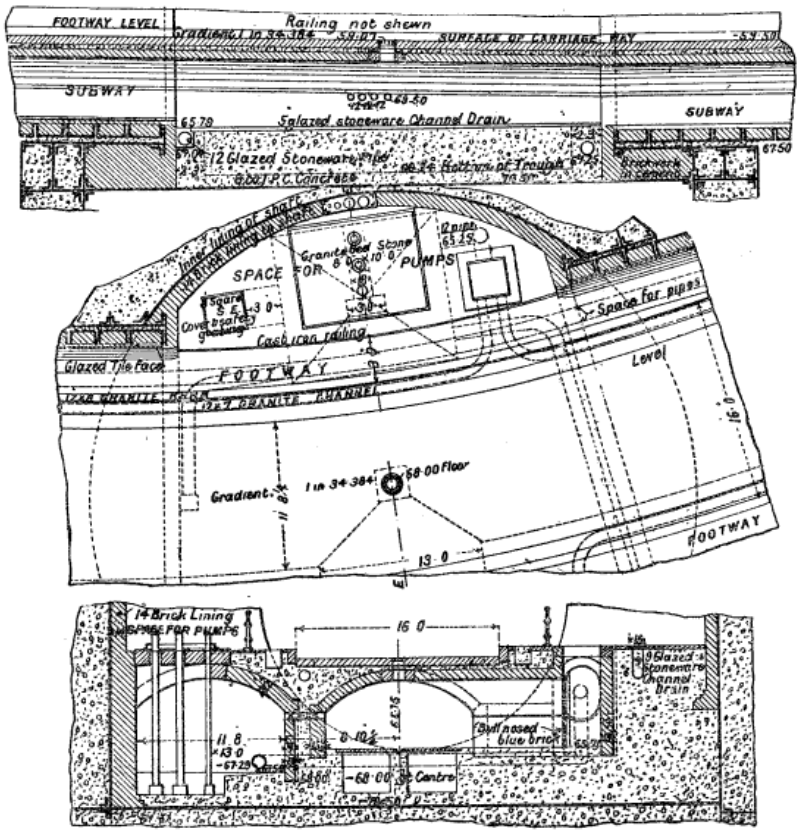


Fig. 50 à 52. — Coupe longitudinale, plan et coupe transversale EE de la galerie sous le puits n° 2, montrant l'emplacement prévu pour les pompes.

les vides de la tranchée, jusqu'à la rencontre du terrain non fouillé (fig. 55 et 56).

Les deux extrémités de la tranchée couverte aux bords de la rivière, sont munies d'une moulure ornementale en granit poli représentée fig. 57.

Étude des caissons. — Comme nous l'avons vu précédemment, et pour les motifs exposés plus haut, on commença par la descente du caisson n° 4.

Les deux derniers anneaux formant la trousse coupante du caisson furent livrés en trois pièces, et placés sur le terrain le 21 mai 1872. Chaque pièce pesait un peu plus de 9 tonnes. Ces deux derniers anneaux sont en acier, alors

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que tous les suivants sont en fer (fig. 58 et 59). Il est bon de remarquer que cette partie inférieure du caisson est consolidée par des entretoises intérieures en tôle disposées suivant le rayon (fig. 59 et 60). Ces entretoises sont ici indispensables pour maintenir la forme cylindrique du caisson malgré son interruption pour livrer passage au tunnel (fig. 61 et 62). Certaines de ces entretoises ont jusqu'à 14^{m},65 de hauteur à partir du tranchant inférieur du caisson.

La fig. 28 donne les positions exactes de ces caissons dont nous décrirons ci-dessous quelques détails.

Chacun d'eux consiste en une caisse cylindrique en tôle de 14^{m},65 de diamètre intérieur et 17^{m},68 de diamètre extérieur.

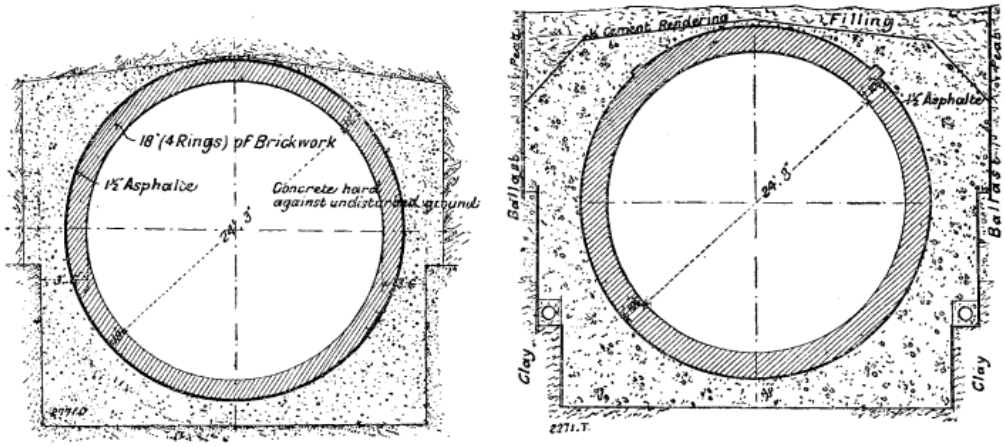


Fig. 53 et 54. — Coupes des tunnels d'approche des côtés Middlesex et Kent (fig. 28) (Filling), remplissage (Clay), argile (Concrete), béton foulé.

L'épaisseur de la tôle varie de 0^{m},016 au tranchant à 0^{m},008 au sommet; les assemblages sont faits au moyen de cornières. Les choses sont disposées de sorte que la paroi intérieure soit verticale, tandis qu'à l'extérieur, les anneaux successifs présentent un emmanchement télescopique, offrant dans l'ensemble un fruit de 1 à 100. Ce rétrécissement vers le haut a pour but de diminuer le frottement et, par suite, la résistance pendant l'enfoncement.

A une distance de 2^{m},55 du bas, la paroi intérieure se dirige à la rencontre de l'extérieure, qui reste droite, de manière à former le tranchant inférieur renforcé encore à l'intérieur par une bande d'acier de 0^{m},60 de long sur 0^{m},025 d'épaisseur (fig. 59).

L'espace compris entre les deux parois du caisson part de 1^{m},525 à la partie inférieure pour se réduire à 1^{m},200 en haut ; on le remplit de béton de ciment à 6 pour 1. On obtint ainsi une véritable tour des plus solidement construites.

On sait que les ouvertures destinées à livrer plus tard passage au tunnel sont d'abord formées par des écrans provisoires, représentés fig. 59 à 61. Ce sont, en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

somme, des tôles plates formant la continuation de la paroi intérieure, et boulonnées ensemble et à l'arrière sur des traverses horizontales et verticales; ces dernières sont, elles-mêmes, boulonnées sur les côtés de l'ouverture. On emploie ici les boulons au lieu des rivets afin de faciliter l'enlèvement rapide de toutes ces pièces quand le caisson doit être ouvert pour livrer passage aux galeries qui viennent à sa rencontre.

Nous avons déjà vu précédemment (fig. 58) que l'aire inférieure des cais-

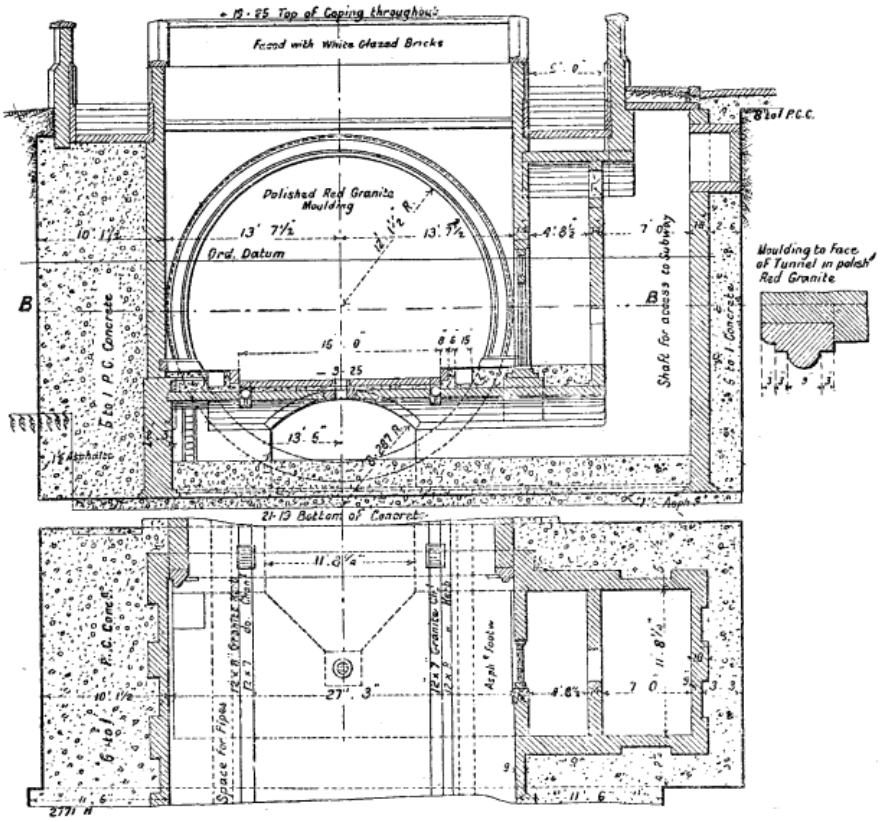


Fig. 55 à 57. — Coupes transversale et horizontale BB à l'entrée des tunnels d'approche.

sons était composée de béton placé dans une enveloppe protectrice en tôle de 6 millimètres d'épaisseur les mettant à l'abri de l'eau.

Les figures 64 et 65 montrent la charpente de ce tampon étanche inférieur, avec les fers rayonnants ou circulaires qui la composent.

La figure 65 montre la coupe de la partie inférieure des caissons avec son béton compris entre deux tôles et constituant un radier étanche.

La chambre étanche exigée par l'emploi de l'air comprimé se compose d'un plancher en fers plats de 16 millimètres, rivés à la partie supérieure de poutrelles

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

longitudinales fixées aux parois du caisson. Afin de renforcer l'ensemble, on a disposé au-dessus dix poutrelles de 1,220 de haut, placées à toutes les rencontres à angle droit des poutrelles inférieures. Enfin, tout cela est traversé par deux poutrelles un peu plus fortes de $3^m,65$ de hauteur.

Il y a lieu de bien remarquer que le plancher de la cage à air est placé plus haut qu'on n'a coutume de le faire dans les caissons ordinaires employés aux fondations des piles de ponts ou autres travaux analogues. La raison en est

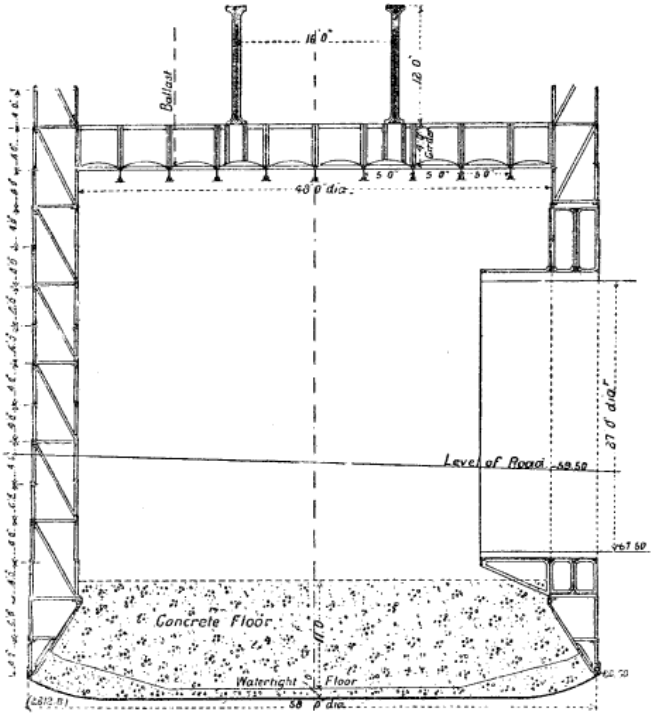


Fig. 58. — Coupe verticale d'un caisson.

dans la nécessité, pour la chambre à air, d'approvisionner le tunnel lui-même au moment où le caisson vient à être rencontré par le bouclier.

Descente des caissons. — Comme nous l'avons déjà dit antérieurement, c'est le caisson n° 4 qui présenta le minimum de difficulté à l'enfoncement. La méthode employée consistait simplement à creuser à l'intérieur de manière à dégager le tranchant (fig. 59) en ajoutant des anneaux à la partie supérieure à mesure que l'ensemble descendait.

Au fur et à mesure de l'avancement de l'opération, on coulait le béton entre les deux parois du caisson, de manière à lui donner le poids nécessaire. On traversa d'abord des terrains rapportés, puis des argiles vaseuses, de la tourbe,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du ballast, de la glaise du bassin de Londres et des argiles sableuses. On ne rencontra aucune difficulté spéciale; cette région étant, en effet, à l'abri des infiltrations des eaux, qu'on n'aurait même pas rencontrées si l'on n'avait reçu celles qui provenaient de la tranchée couverte voisine. Les pompes entretenaient toujours les travaux parfaitement à sec.

A la dernière période de l'enfoncement, il fallut cependant prendre des précautions toutes spéciales pour conserver le caisson bien droit, car, vu l'irrégula-

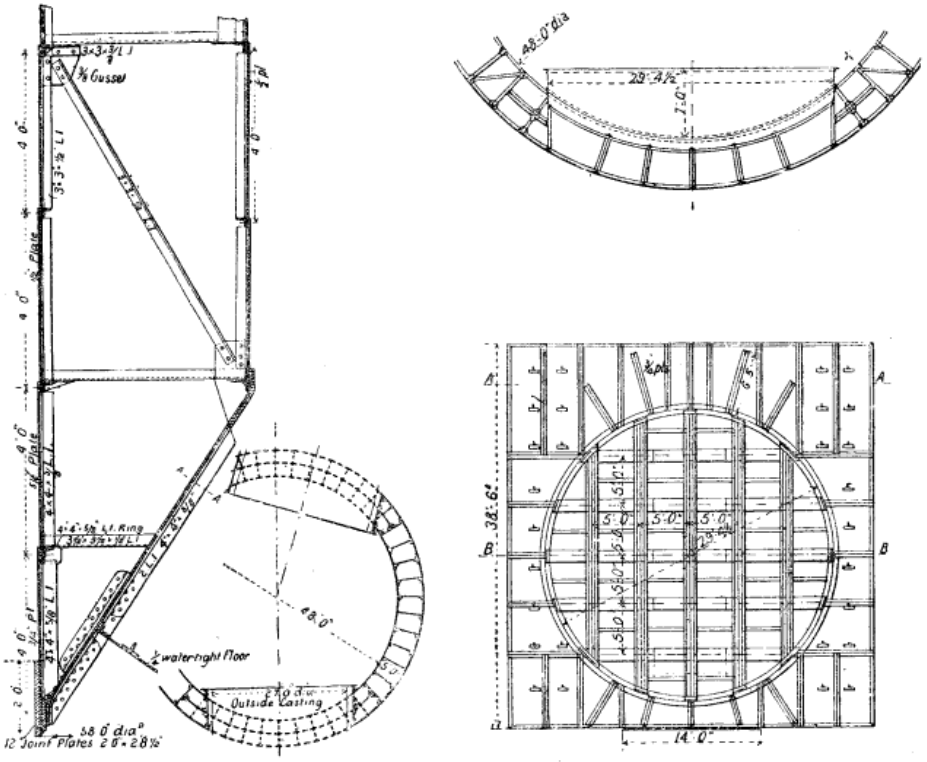


Fig. 59 à 61. — Détail du tranchant et des ouvertures des caissons.

rité de la nature des terrains, il avait toujours tendance à pencher d'un côté ou de l'autre. On y arriva aisément par la combinaison de creusements en bas et de chargements en haut plus ou moins importants. Le tranchant du caisson n° 4 étant à 23m,75 au-dessous du niveau des plus hautes eaux, on en rencontra naturellement une assez grande quantité dans l'argile sableuse de la partie inférieure.

Néanmoins, on ne fut pas obligé d'avoir recours à l'emploi de l'air comprimé qui fut indispensable au fonçage des autres caissons.

Quand l'enfoncement du caisson fut achevé, il devint nécessaire de rejeter

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

au dehors toute l'eau provenant de la couche aquifère des argiles sableuses et surmontant le béton. Cette eau, par sa pression, aurait pu, en effet, endommager le béton dans la partie voisine du tranchant. En conséquence, on permit à cette eau de s'échapper, au moyen d'un tuyau traversant le béton et la paroi étanche, dans un puisard d'où elle était pompée et renvoyée à la surface.

La durée de l'enfoncement complet du caisson a été d'environ neuf mois.

Percement du tunnel. — Pour ne pas perdre de temps, on construisait en

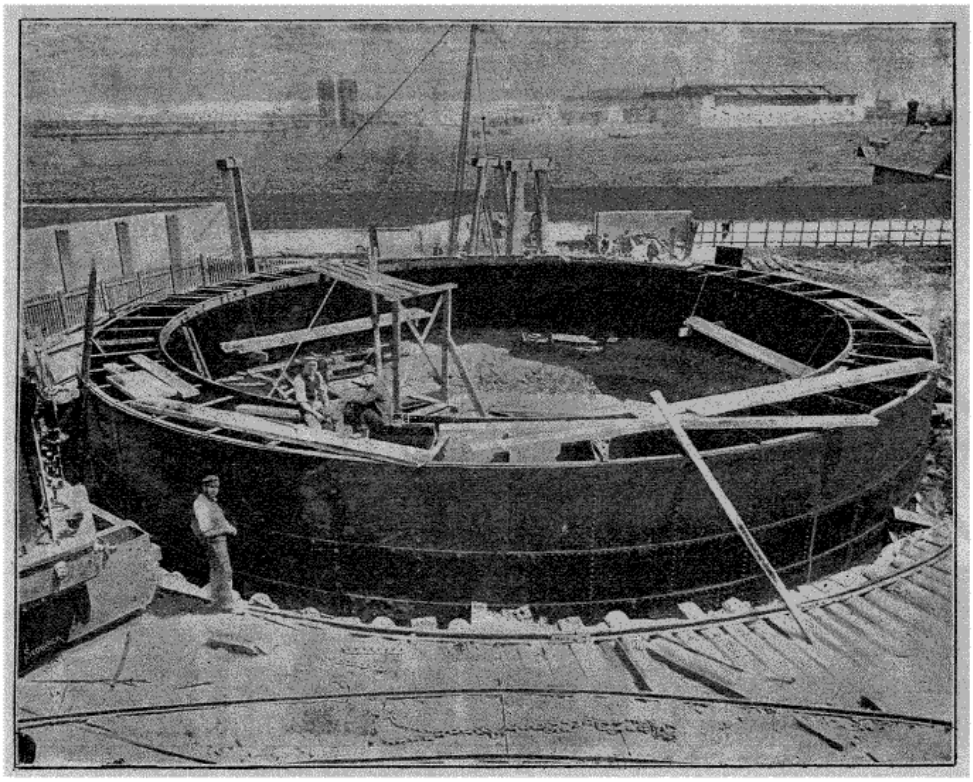


Fig. 62. — Haut d'un caisson.

même temps le bouclier, partie des plus intéressantes du travail, et que nous allons maintenant examiner en étudiant la méthode employée pour percer le tunnel.

Comme nous l'avons dit plus haut, ce travail fut commencé par le sud, c'est-à-dire le côté Kent.

Nous avons également signalé les difficultés exceptionnelles de ce percement en rappelant que, dans certaines parties du tunnel, il ne reste pas, entre la partie supérieure de l'ouvrage et le fond du lit de la rivière, plus de 1^{m},55 à 1^{m},60 de terrain formé d'un mélange de gravier et de sable. On commença par atténuer

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cette difficulté en amenant des barges et en jetant dans la rivière une grande quantité d'argile formant couche compacte au-dessus du gravier. Mais le problème restait fort délicat et exigeait encore des précautions spéciales, en tête desquelles il faut placer l'emploi du bouclier.

Description du bouclier. — Ce bouclier a été employé ici dans sa forme la plus moderne (fig. 66 à 69).

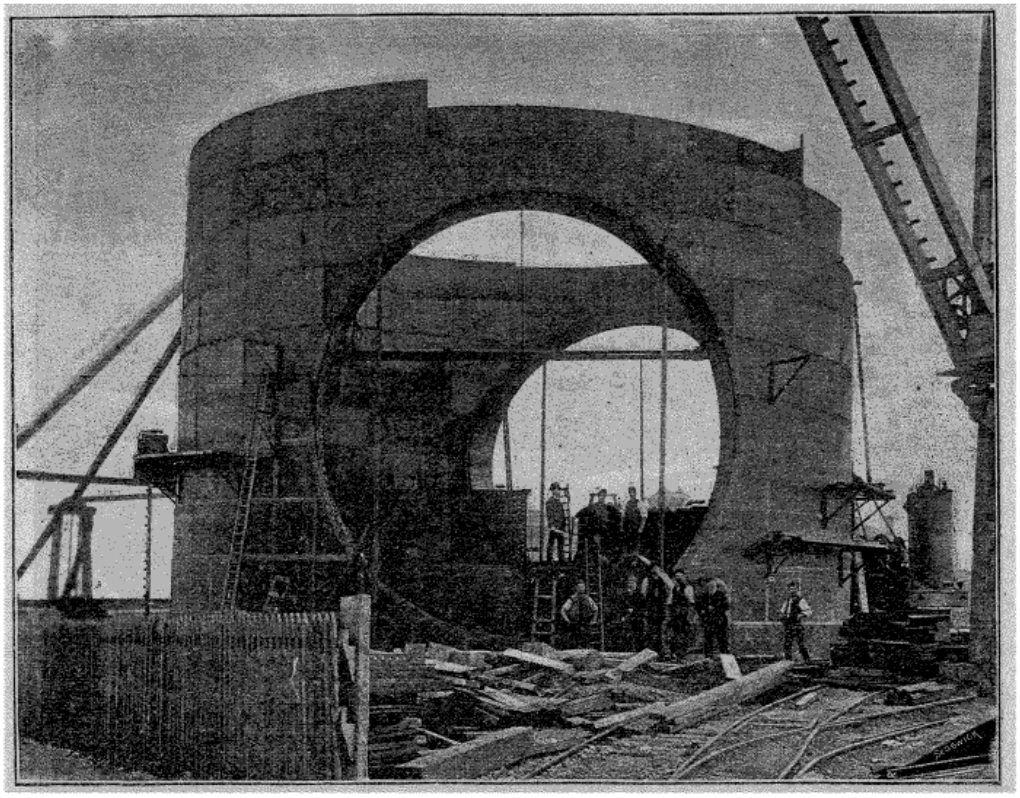


Fig. 63. — Ensemble du caisson.

Sur la figure 69, on voit la coupe longitudinale de l'appareil montrant les hommes en posture de travail.

Ce bouclier est l'œuvre de MM. Easton et Anderson, de Erith. Il a $5^{m},95$ dans sa plus grande longueur, et se compose essentiellement d'une caisse en tôle d'acier de $15^{mm},5$ d'épaisseur. A l'intérieur, il est divisé en 3 chambres par deux parois verticales également en acier disposées de manière à être étanches, pour l'air comprimé et à maintenir dans l'espace correspondant la pression de cet air : les portes établissant la communication d'une chambre à l'autre sont à garnitures de caoutchouc. Les matériaux extraits sont emportés au dehors,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à travers les parois, au moyen de gros couloirs inclinés, également munis de portes étanches et formant eux-mêmes chambres à air comprimé (fig. 70 et 71).

La partie située à l'arrière de la première cloison est généralement appelée la *queue* du bouclier ; elle est formée d'une enveloppe cylindrique en tôles. A l'avant du bouclier, se trouve une même enveloppe analogue, vigoureusement reliée à la première, constituant dans l'ensemble une chemise extérieure bien

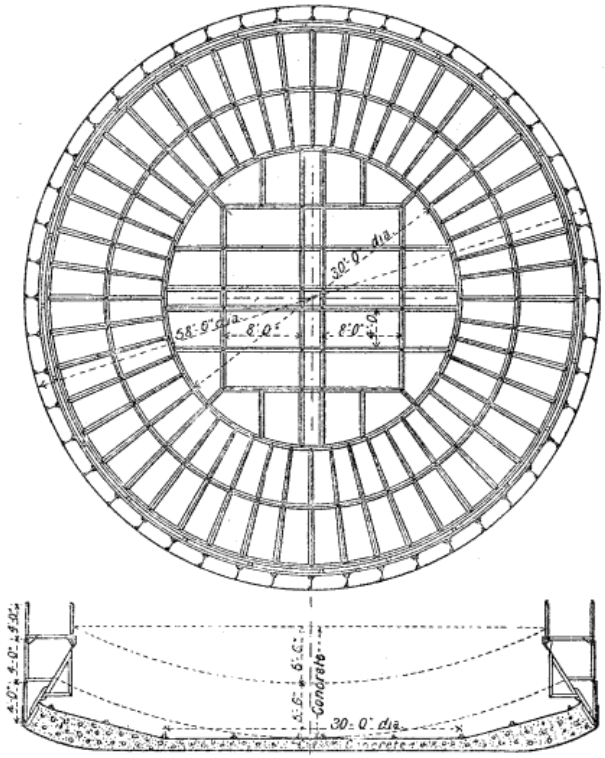


Fig. 64 et 65. — Fonds des caissons.

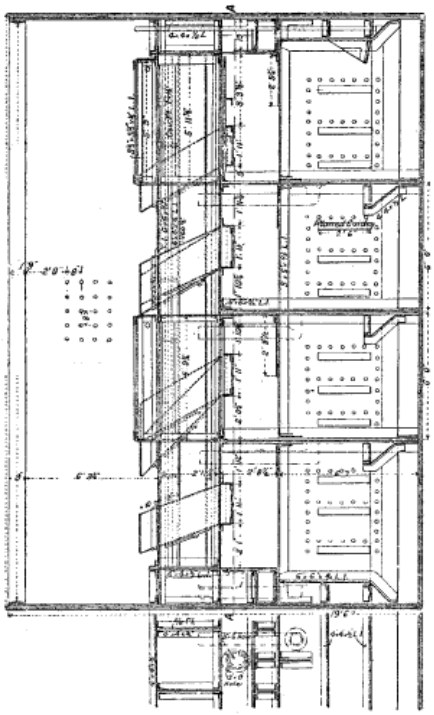


Fig. 66. — Coupe horizontale du bouclier.

résistante et d'une grande raideur (fig. 66). Les deux enveloppes se réunissent en une seule à l'avant, et forment la trousse coupante de l'appareil.

L'intérieur est également divisé en quatre étages par trois plates-formes horizontales : de la sorte, on peut attaquer le travail sur ses quatre fronts de taille à la fois. Ces plates-formes sont solidement assemblées avec trois cloisons verticales longitudinales, ce qui augmente encore la raideur de l'ensemble et permet à l'attaque de se faire dans douze compartiments et sur douze chantiers à la fois.

On remarquera, sur la figure 69, à 2 mètres environ en arrière du tranchant, un écran vertical descendant du toit de chaque compartiment. L'espace compris

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

entre cet écran et la cloison forme la première chambre à air et sert de refuge aux hommes en cas d'irruption de l'eau dans les travaux, conséquence d'une insuffisance ou d'un accident quelconque arrivé au service de l'air comprimé. L'eau arrivant ainsi ne peut jamais monter jusqu'au sommet de ce compartiment à cause de l'air qui y reste emprisonné comme dans une cloche à plongeur. Les hommes sont donc certains de conserver au moins la tête hors de l'eau jusqu'à ce qu'ils puissent s'échapper en gagnant la porte de séparation.

Quand on travaille dans le gravier, on emploie des volets en fer qui sont poussés en avant au moyen de vis, de manière à supporter les faces de la fouille

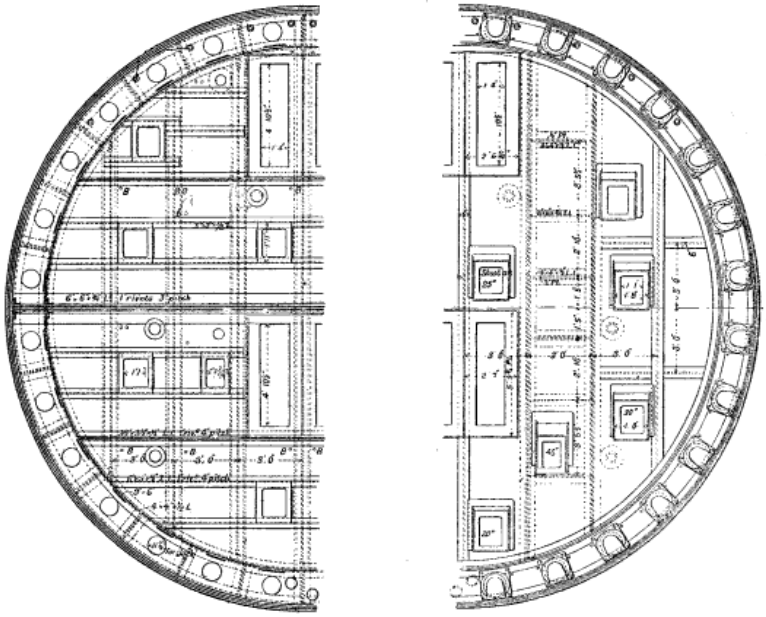


Fig. 67 et 68. — Coupes transversales du bouclier suivant A A, fig. 68.

après le creusement. Des guides spéciaux sont disposés dans ce but dans les diverses chambres d'attaque et se voient figure 66.

Descente du bouclier. — Le montage et les manœuvres du bouclier sont des opérations qui demandent un grand soin pour être faites avec succès.

Les différentes pièces furent apportées d'Erith, déposées sur le chantier, et on dut faire le montage au jour. On était en train de procéder à l'enfoncement du caisson n° 4, et il était indispensable, pour gagner du temps, de faire en même temps le montage et la mise en place du bouclier.

Le poids total du bouclier est de 233 tonnes. Un dock spécial fut creusé sur la terre ferme, dans le voisinage du sommet du caisson, et l'on y construisit le bouclier. Quand ce montage fut achevé, on ferma hermétiquement les deux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

extrémités ouvertes au moyen d'écrans en charpente, de manière que l'ensemble constituât un vaisseaux creux pouvant flotter sur l'eau. On mit alors le dock en communication avec le sommet du caisson n° 4, une partie de ce caisson, comprenant les derniers anneaux dépassant le sol, étant enlevée pour la circonstance. On remplit ensuite d'eau le dock et, par suite, en même temps, le puits n° 4, et le bouclier fut poussé en flottant vers l'ouverture de ce dernier

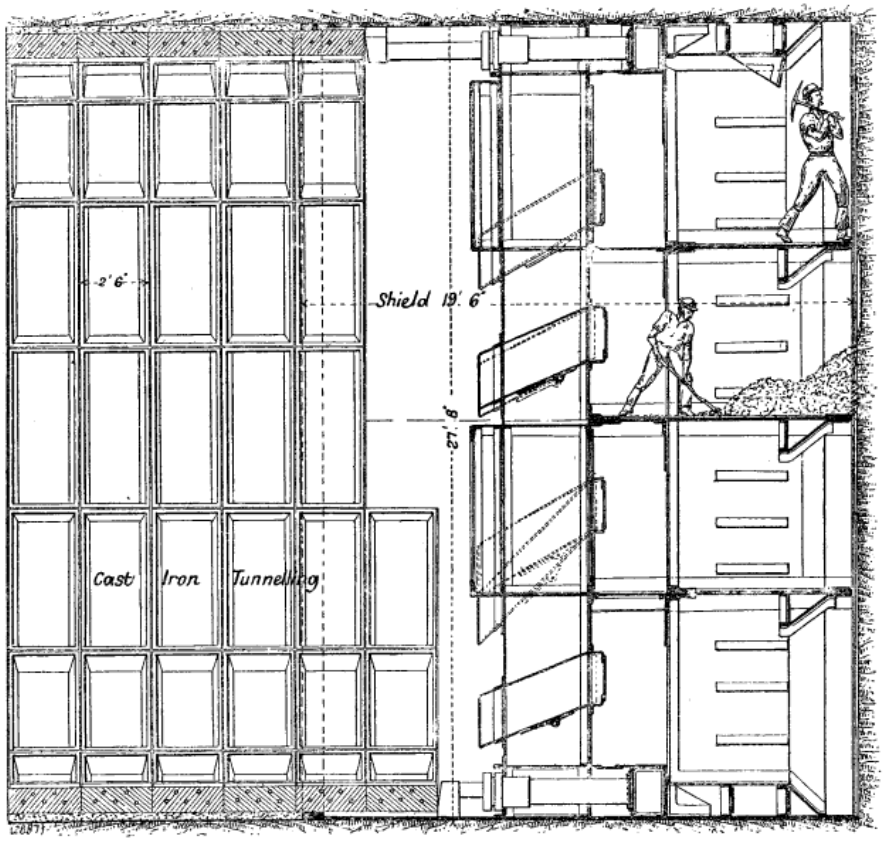


Fig. 69. — Coupe longitudinale du bouclier.

jusqu'à ce qu'il vînt flotter en haut du puits. Alors, au moyen de pompes, on épuisa l'eau remplissant le caisson ; l'eau descendit peu à peu, entraînant avec elle le bouclier qu'on se contentait de guider jusqu'au bas du caisson, où il se trouva dans la position qu'il devait occuper pour l'attaque du tunnel (fig. 72).

Avancement du bouclier. — Le bouclier avance à mesure que les matériaux de déblais sont enlevés. Cette marche en avant est obtenue au moyen de vérins hydrauliques placés à l'arrière (fig. 69). Ceux-ci sont arc-boutés contre les derniers anneaux en place du revêtement en fonte du tunnel, et c'est grâce à la sta-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bilité de ce point fixe qu'ils poussent le bouclier mobile en avant. La tête du vérin est chanfreinée de telle manière qu'elle vient presser contre la partie cylindrique du cuvelage, et non pas contre les collerettes qui pourraient se briser trop facilement.

Ces vérins ont des pistons de $0^m,200$ de diamètre, soit $0^{m^2},0314$ de surface, et comme la pression de l'eau est de 320 kilos par centimètre carré, chacun d'eux produit un effort d'environ 100 tonnes ; la pression totale obtenue pour pousser en avant le bouclier est donc de 2800 tonnes. Ce chiffre a été quelquefois dépassé, la pression hydraulique ayant atteint par moment 440 kilos par centimètre carré.

Ces vérins sont disposés de manière à guider en même temps le bouclier et à corriger les déviations qui pourraient résulter des inégalités du terrain ou de

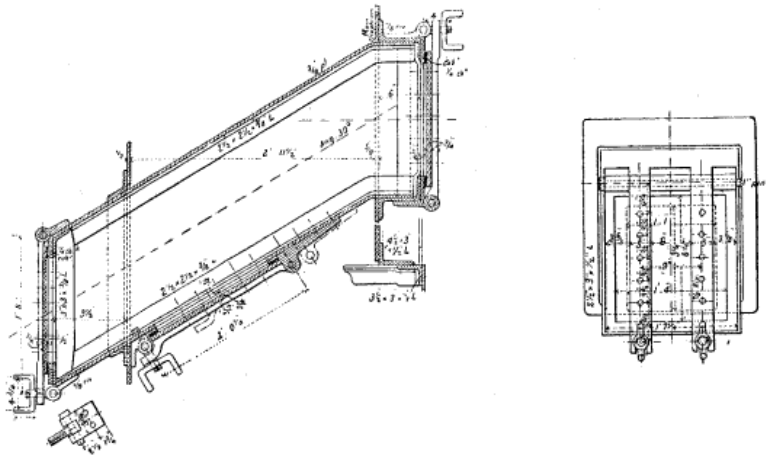


Fig. 70 et 71. — Couloirs du bouclier.

toute autre raison. Cela s'obtient en supprimant le fonctionnement d'un certain nombre de vérins convenablement choisis du côté nécessaire. Il arrive cependant quelquefois que, dans ce cas, les vérins qui restent ne possèdent plus la puissance suffisante pour faire avancer le bouclier. Ce cas se présente assez rarement, surtout si l'on a soin à l'avance de s'en méfier, de ne pas laisser prendre au bouclier des déviations importantes et de le redresser avant qu'elles ne le soient devenues.

Tubes de revêtement ou cuvelage en fonte. — Les figures 73 à 80 montrent les dispositions des anneaux de fonte successifs qui servent de revêtement au tunnel.

Les figures 73 à 76 représentent les plus forts, qui sont employés entre les caissons 1 et 4 ; ils ont une longueur de 744 mètres. Ceux qui ont la plus faible section sont employés entre les caissons n° 1 et le *Great Eastern Ry*, sur la rive du Middlesex, avec une longueur de 270 mètres, faisant un total de 1 014 mètres de tunnel revêtu en fonte.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le tube le plus fort présente $0^m,055$ d'épaisseur, avec des collets de $0^m,325$ de large et de $0^m,055$ à $0^m,080$ d'épaisseur ; chaque anneau a $0^m,770$, de long, et est composé de quatorze segments avec une solide clef au sommet.

Il y a lieu de remarquer que cette clef est légèrement plus étroite vers l'extérieur que vers l'intérieur, afin de pouvoir y intercaler des cales quand c'est nécessaire.

Le poids d'un anneau complet est de 16,5 tonnes ; les différents joints sont faits avec grand soin, et représentés sur les figures 74 et 78 ; ils sont consolidés par

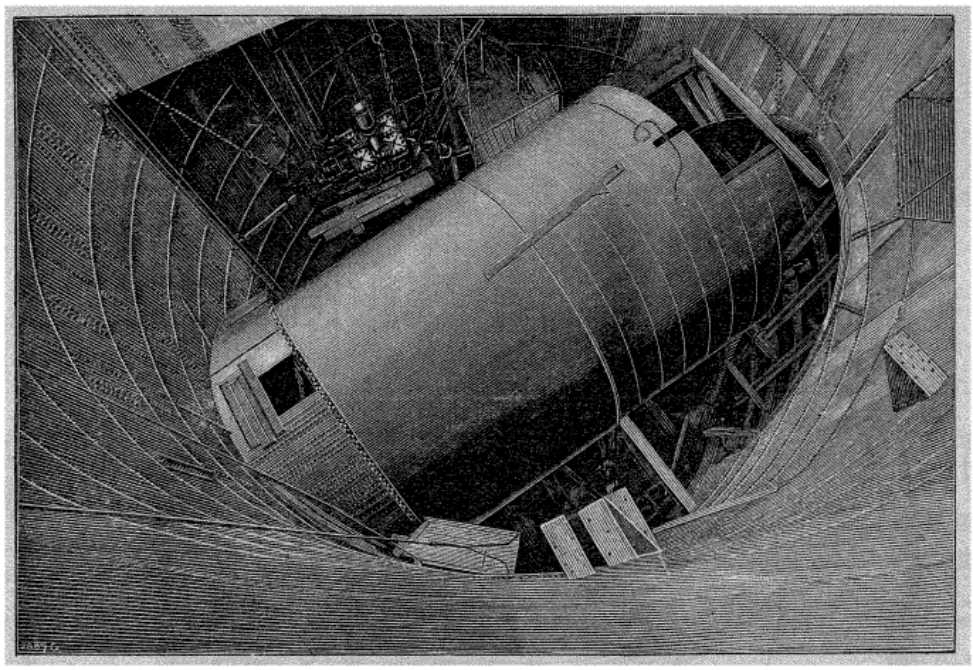


Fig. 72. — Bouclier en position dans le puits.

des boulons de 40 millimètres de diamètre, avec des longueurs variant suivant les besoins. Les trous correspondants, de 40 millimètres de diamètre, sont percés de part en part des fontes, et garnis de ciment pour maintenir l'air comprimé. Il existe, en outre, un espace annulaire en dehors du cuvelage, au droit de l'avant du glissant du bouclier, et dont le remplissage a besoin d'être complété par du béton de ciment, ainsi que les différentes cavités qui peuvent se produire pour différents motifs ; la fermeture complète a lieu ensuite au moyen de bouchons de fer filetés.

L'épaisseur minimum du revêtement tubulaire en fonte est de 40 millimètres, avec des brides de $0^m,270$ de long et de 40 millimètres à $0^m,055$ d'épaisseur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Sous tous les autres rapports, il y a analogie avec le revêtement le plus léger décrit plus haut. Son poids est de 11 tonnes trois quarts par anneau complet. Le diamètre extérieur est 8m,20. Le tube est disposé de façon à recevoir sur sa face intérieure une couche de béton de ciment à parement lissé. Des étais en bois ajoutés dans la partie sous la rivière ont dû être employés à cause des

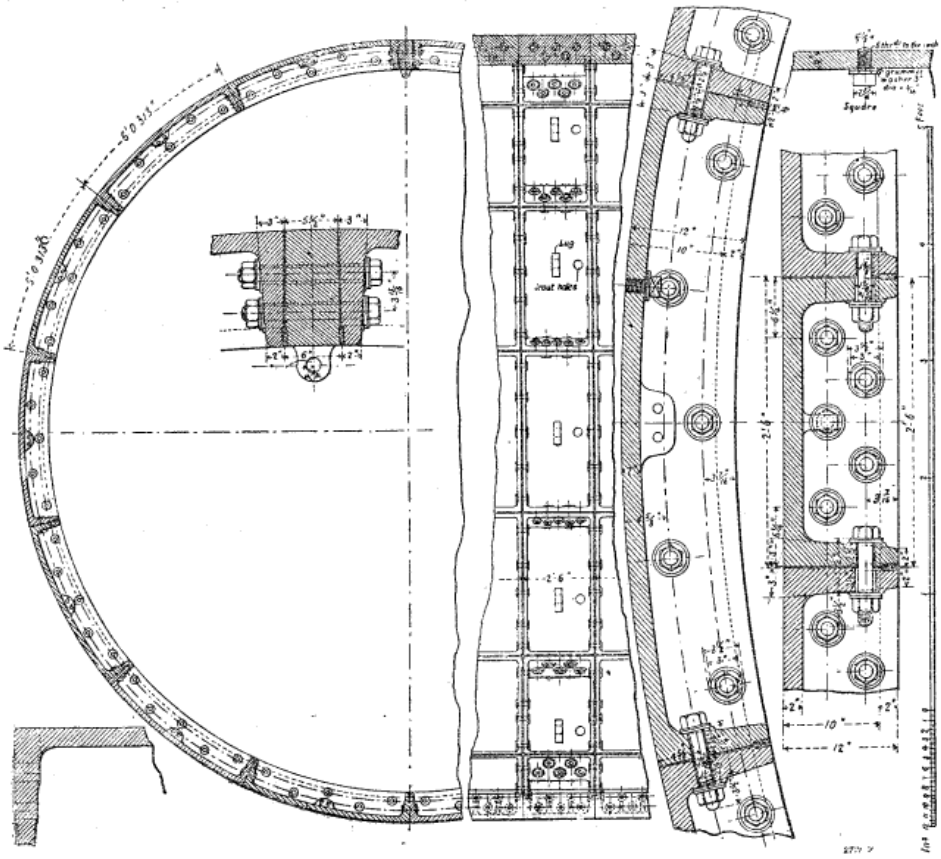


Fig. 73 à 76. — Anneaux de fonte du tunnel entre les puits 1 et 4, fig. 28.

sables et des mauvais terrains qu'on y rencontre, afin de prévenir les éboulements qui auraient pu se produire.

Pose du cuvelage en fonte. — Les anneaux de fonte, composés eux-mêmes, comme on sait, d'un certain nombre de pièces boulonnées ensemble avec joints étanches, sont posés en arrière du bouclier au fur et à mesure de l'avancement de celui-ci, et de telle sorte qu'il englobe complètement les derniers anneaux pris dans son intérieur (fig. 69). Une fois un ou deux anneaux ainsi en place dans le bouclier même, on fait avancer celui-ci au moyen des vérins hydrauliques vus plus haut, et cela jusqu'au dernier anneau en place.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il ne faut pas oublier, néanmoins, que chacun des morceaux d'anneaux pèse une tonne, et demande des engins mécaniques pour être manipulé. Ce sont ensuite des engins hydrauliques qui sont chargés de saisir ces segments et de les déposer à côté des segments déjà en place. C'est la méthode employée déjà précédemment dans le tunnel de Saint-Clair, sauf l'emploi de la force hydraulique.

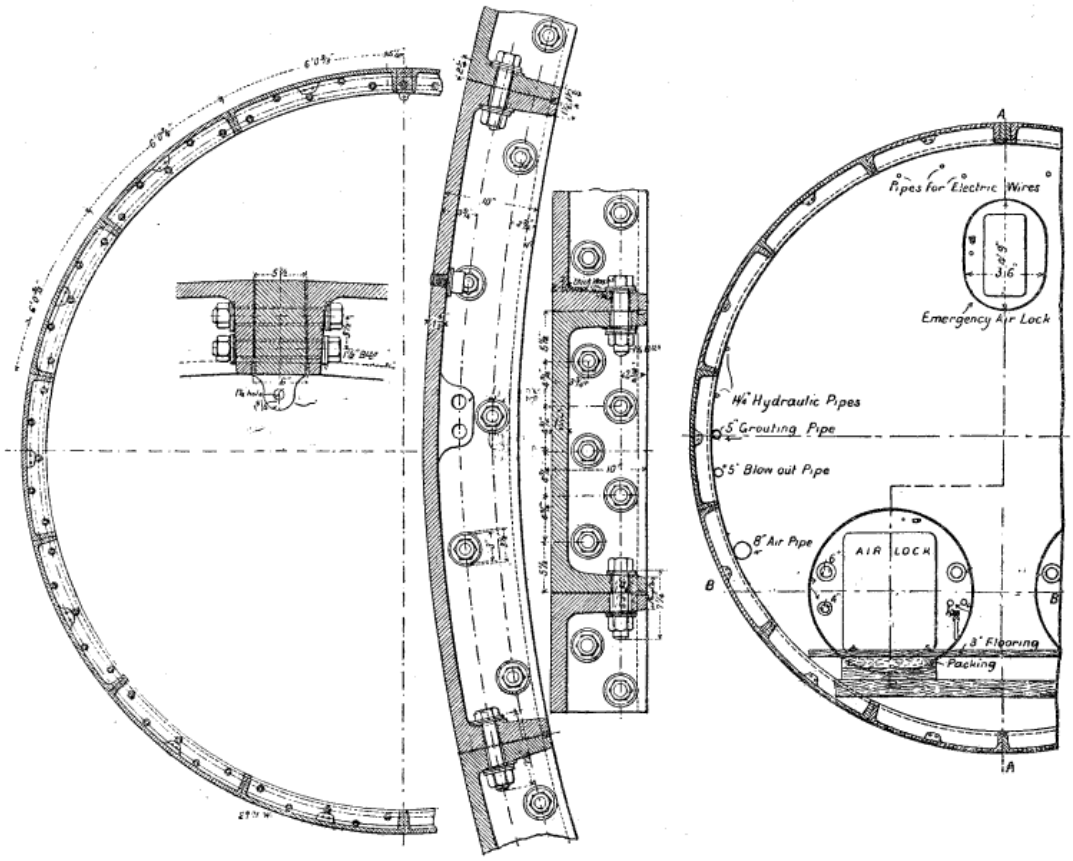


Fig. 77 à 81. — Anneaux de fonte du tunnel côté de Middlesex, et vue de face du muraillement de cloisonnage.

Marche des travaux. — Comme nous l'avons vu plus haut, l'épuisement de l'eau au fond du caisson n° 4 fut fait au moyen de pompes qui la renvoyaient dans la tranchée couverte voisine.

Quand le tunnel fut, pour la première fois, attaqué au fond de ce puits, il existait au toit, sur une épaisseur d'environ 0m,60, du ballast qui avait été asséché par les pompes. Il y avait environ 0m,30 de sable en bas, et le reste de la section à creuser se composait de mauvaise argile. Dans ces conditions, on jugea possible de creuser jusqu'à une certaine distance sans faire usage de l'air comprimé. On savait en outre que le ballast du sommet ne régnait que sur une courte distance.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il fut donc décidé de percer une petite galerie d'avancement, boisée à la partie supérieure en avant du bouclier, au lieu de glisser les volets en fer cités précédemment. La pratique montra d'ailleurs que cette méthode de travail répondait bien à ce qu'on en attendait, le boisage empêchant la chute du ballast mouillé par les eaux, qui, nous le répétons, ne régnait qu'à la partie supérieure, le reste étant composé de glaise.

Le premier anneau définitif du tunnel fut posé le 9 juin 1893 ; le bouclier travaillait alors sous une pente de 30 millimètres (fig. 28). Les couches de glaise

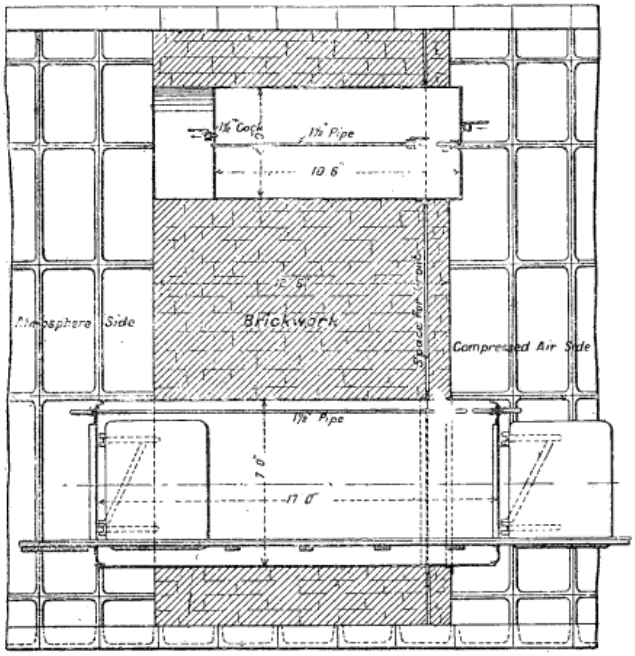


Fig. 82. — Coupe A du muraillement, fig. 81.

et de sable étaient à peu près horizontales, de sorte que le ballast du sommet diminuait graduellement, tandis que la hauteur du sable inférieur augmentait. Lorsque le bouclier eut pénétré quelque temps dans la glaise, on rencontra encore de nouvelles difficultés dues à ce que l'argile blanche de la partie haute était impuissante à prévenir l'infiltration des eaux. On dut recourir à l'emploi des pompes.

Au bout de deux mois, on avait ainsi creusé 38^{m},125 de long, et placé 50 anneaux de fonte. A ce moment, au commencement d'avril, le tranchant du bouclier rencontra des matières dures et fut faussé. Des couches de roches à coquillages succédèrent en effet à l'argile, et l'accident fut probablement causé par un bloc de taille et de dureté exceptionnelles, noyé dans cette glaise. Néan-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

moins, la déformation du tranchant ne fut pas considérée comme suffisamment compromettante pour arrêter le travail, et le bouclier fut de nouveau poussé de l'avant, quoique cependant avec des précautions particulières, et en préparant bien complètement l'excavation devant la partie de trousse coupante endommagée.

Le travail fut poussé de la sorte jusqu'au milieu de septembre, jusqu'à une longueur de 58^{m},55 et 77 anneaux. A ce moment, on jugea impossible de continuer sans réparer le tranchant du bouclier. On dut alors arrêter le travail afin de redresser la partie courbée. Les vérins d'avancement avaient en effet peu à peu aggravé le défaut primitif en poussant la partie déjà faussée contre la roche de face, quelques soins que l'on ait pu prendre pour obvier à cet inconvénient. Or, il était impossible de réparer le bouclier dans cette position, et encore plus impossible d'essayer de le faire rétrograder en arrière pour regagner son point de départ : le puits n° 4. La seule solution était de le conserver tel quel jusqu'à la rencontre du puits suivant, le n° 3, situé au bord de la rivière.

La difficulté fut vaincue en perçant en avant de la partie faussée de l'appareil une galerie boisée d'environ 15 mètres. On continua alors en poussant le bouclier par derrière au moyen de ses vérins, et, de cette façon, la partie endommagée du tranchant put être mise à nu indépendamment de tout travail et sans rencontrer à l'avant d'obstacle qui pût en aggraver encore la courbure. La méthode de travail fut conservée la même, et, dans les étages supérieurs du bouclier, on était dispensé de boiser, puisque les étais nécessaires étaient déjà en place.

L'avancement était ainsi d'environ 1^{m},50, en vingt-quatre heures. Malheureusement, l'épaisseur du sable vint à augmenter de telle façon que le bouclier fut poussé sur une couche oblique de glaise, et, comme on approchait du puits n° 3, une forte quantité d'eau envahit les travaux.

On découvrit une relation manifeste entre l'eau du puits n° 3 et celle du tunnel, celle-ci diminuant quand les afflux d'eau et de sable se montraient au-dessous du tranchant du caisson n° 3, qu'on était alors en train d'enfoncer.

Vers le milieu de décembre, on avait creusé 145^{m},50 de tunnel et placé 191 anneaux du cuvelage. Le bouclier avait avancé assez bien et assez loin pour être envahi à moitié par le sable et par les eaux qui commençaient à devenir très gênantes. Le 16 décembre, un flot de sable et d'eau déborda dans la galerie de tête, percée en avant du bouclier, et la laissa pleine de sable. A ce moment, le tranchant du bouclier n'était qu'à un peu plus de 20 mètres du puits n° 3, la cunette du haut avait 9 mètres d'avance sur lui ; le caisson du puits n° 3 était enfoncé de telle sorte que sa trousse n'était qu'à 1^{m},20 au-dessus du toit du tunnel. L'arrière du bouclier fut alors fermé par un écran en charpente bien calfaté, puis l'eau épuisée et envoyée au dehors.

On conclut, à ce moment, qu'il serait dangereux de continuer les travaux jusqu'à la rencontre du caisson n° 3, avant que ce dernier ne fût descendu à sa

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pleine profondeur. On craignait en effet que cette descente ne se fît brusquement quand on affouillerait le sable voisin du puits. On abandonna donc pour un temps l'avancement du tunnel, afin de prendre les précautions, et de faire les installations exigées par l'emploi de l'air comprimé. On ferma le tunnel au moyen d'un mur transversal en briques traversé simplement par des réservoirs à air comprimé (fig. 81 à 83). Deux de ces réservoirs ménagés à la partie inférieure, et un troisième, le plus petit, au-dessus des deux premières.

Le 14 mars 1894, le caisson n° 3 était descendu à sa profondeur normale, et, le 23 du même mois, on y faisait usage, pour la première fois, de l'air comprimé qui supprimait l'inconvénient dû à la présence de l'eau. On enleva tout le sable qui remplissait la cunette supérieure, et qui avait fort peu endommagé les boi-

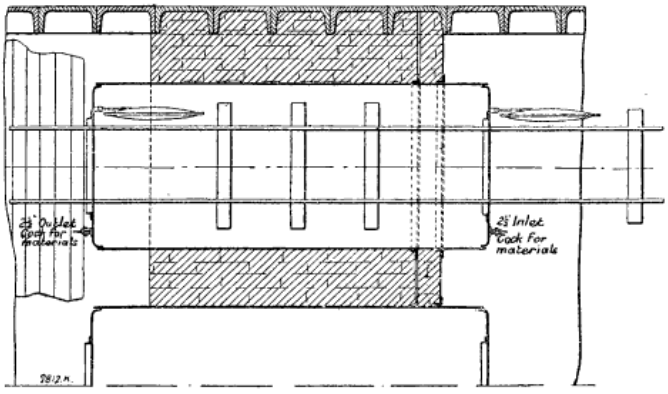


Fig. 83. — Détail d'un réservoir à air comprimé du muraillement.

sages. On construisit un plancher étanche à l'air comprimé dans le fond du caisson n° 3, plancher tout à fait pareil à celui que nous avons décrit à propos du caisson n° 4, quoique, dans ce dernier, l'air comprimé ne fût pas employé. La cunette d'avancement fut ensuite continuée jusqu'au puits n° 3, et le bouclier atteignait ce puits au commencement de mai.

L'emploi de l'air comprimé permit de surmonter toutes les difficultés rencontrées jusque-là. La plus grande pression employée pendant cette portion des travaux fut de $1^{kil},65$ par centimètre carré.

Quand le bouclier fut à l'intérieur du caisson n° 3, on eut facilement accès à la partie endommagée, et l'on fit aisément les réparations nécessaires.

La partie faussée fut coupée et remplacée par des plaques d'acier fondu. On en profita pour renforcer le bouclier sur plusieurs points. Nous devons reconnaître que ces réparations furent coûteuses et demandèrent un certain temps. Quatre mois furent ainsi dépensés avant qu'il fût possible de quitter le caisson

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

n° 3 et de pousser au nord en s'engageant sous la rivière. On atteignit ainsi le mois de septembre 1894.

Portion de tunnel sous la rivière. — C'est à ce moment que l'on attaqua le tunnel sous la rivière proprement dite, en commençant par la rive sud. La longueur totale de cette région sous-marine est de 369^{m},65, mesurés d'axe en axe des caissons de rive. Le travail fut facile et l'avancement rapide pour les 213 premiers mètres, le terrain étant composé de glaise et de sable argileux dont on vint facilement à bout par l'emploi du bouclier et de l'air comprimé. Environ 76^{m},25 furent achevés en un mois, la pression de l'air variant de 1^{kil},5 à 1^{kil},95 par centimètre carré.

Au delà de ces 213 mètres, on s'enfonça dans un mélange de gravier et de cailloux (ballast), perméable à l'eau et en communication directe avec le fleuve ; naturellement, les difficultés augmentèrent considérablement ; cela était d'ailleurs attendu et indiqué par les sondages. L'air comprimé s'échappait rapidement à travers le terrain, ce qui en augmentait notablement la consommation. On dut faire usage, à ce moment, de tous les compresseurs prévus, alors que, jusque-là, un certain nombre d'entre eux avaient chômé ; on eut en même temps recours au lit artificiel de glaise jeté des berges au fond de la rivière, et que nous avons signalé précédemment. Son épaisseur était de 3 mètres, et il s'étendait sur une largeur de 22^{m},85 de chaque côté de l'axe du tunnel. Cette mesure de précaution empêcha en grande partie l'échappement de l'air comprimé et l'irruption dans le bouclier du sable poussé par les eaux. A ce moment, il n'y avait en effet que 1^{m},55 à 1^{m},60 de ballast ordinaire au-dessus du toit du bouclier.

Telles sont les grandes lignes de ce travail, qui présente aujourd'hui plus de 300 mètres de terminés, et paraît devoir être conduit jusqu'au bout avec le succès qui a présidé à son point de départ.

Dépense. — La dépense totale est évaluée à 6 millions de francs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS CHIMIQUES

LA POUDRE SANS FUMÉE DE *Pyrocollodion* DE **M. Mendeléeff** (1)

En 1890, le Ministre de la marine russe, l'amiral Tschikhatchov, s'adressa à M. Mendeléeff et à M. Tscheltsov, connu pour ses études sur les explosifs, en leur proposant d'étudier la poudre sans fumée et son application dans la marine. Dans ce but, M. Mendeléeff, accompagné par M. Tscheltsov et par M. Fedoroff, ancien directeur de l'usine russe de pyroxyline, entreprit un voyage à Paris et à Londres, où il visita les laboratoires de MM. Berthelot et de sir Fr. Abel. Les études sur les poudres de pyroxyline et de nitroglycérine furent commencées par M. Mendeléeff dans le courant de l'année 1890, dans le laboratoire de l'Université de Saint-Pétersbourg. Ces études, dont nous donnons plus loin l'exposé, l'ont amené à exécuter des recherches qui ont abouti à la découverte du *pyrocollodion*, base de sa poudre sans fumée. Les études sur la poudre de guerre de pyrocollodion n'ont été entreprises qu'à la fin de l'année 1891, date de la fondation du laboratoire du Ministère de la marine russe. A ces études, qui durèrent de 1891 à 1895, prirent part, outre M. Mendeléeff, MM. Tscheltsov, Roubtsov, Voukoloff, Vorojeïkinne, Smirnov et Grigorowitch. Les résultats de ces études sont exposés dans le mémoire de M. Mendeléeff.

On sait que, lorsqu'on fait agir l'acide nitrique ou un mélange d'acide nitrique et d'acide sulfurique sur le coton, on obtient soit la pyroxyline, substance explosible contenant de 12,7 p. 100 à 13,5 p. 100 d'azote et 37 p. 100 d'oxygène, soit le collodion, substance moins explosible et contenant de 11 p. 100 à 12 p. 100 d'azote. La première substance est insoluble dans un mélange d'alcool et d'éther; la seconde se dissout facilement dans ce mélange. On obtient en outre, dans la réaction des acides sur le coton, des nitrocelluloses non explosibles et solubles dans l'alcool pur, des hydrocelluloses, etc. Mais, de toutes ces substances, deux ont une importance considérable au point de vue de la fabrication des explosifs sans fumée. Ce sont la *pyroxyline* et le *collodion*. La pyroxyline s'emploie dans la fabrication des poudres de pyroxyline soit seule, soit avec l'acétone. Quant au collodion, il est employé dans la fabrication des poudres de nitroglycérine (balistide, etc.). Pour fabriquer les poudres dites « pyroxyliques », on utilise des mélanges de pyroxyline et de collodion. Ce dernier produit permet d'obtenir la gélatinisation de la poudre. La pyroxyline est donc le facteur explosif de ces poudres et le collodion leur agent gélatineux; mais la plupart des procédés de préparations de ces nitrocelluloses sont peu rationnels ou purement empiriques. De plus, dans la préparation des mélanges de pyroxyline et de collodion, on rencontre une foule d'inconvénients qui dépendent de la durée et de la température de la réaction, de l'humidité du milieu ambiant, etc., et qui obligent à avoir recours au mélange et à l'assortiment des grains pour obtenir une poudre bonne à l'usage; de sorte que la fabrication de ces poudres manque souvent de la précision indispensable dans les préparations méthodiques. Pour vaincre ces inconvénients, M. Mendeléeff commença par étudier la formation du collodion parallèlement avec la production de la pyroxyline. Il existe plusieurs procédés de fabrication du collodion employé couramment dans la photographie, la pharmacologie, la fabrication du cel-

(1) Extrait du *Journal de la marine russe* de l'année 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

luloïde, etc. Parmi tous ces collodions, celui qui est employé dans les poudreries contient de 10 à 12 p. 100 d'azote. Eder a montré, qu'en dissolvant certaines espèces de nitrocelluloses dans une solution convenable et en les faisant se précipiter ensuite, on obtient une substance soluble dans un mélange d'alcool et d'éther et qui n'est autre chose que la *pentanitrocellulose*. Cette substance contient près de 12,7 p. 100 d'azote, quantité égale à celle qu'on rencontre dans la composition des poudres de pyroxyline. En ce qui concerne le collodion, ce produit est souvent impur et contient des nitrocelluloses inférieures, solubles dans l'alcool pur. C'est à ces impuretés qu'est dû l'existence de collodions de qualités si différentes, les uns se dissolvant dans un mélange d'alcool et d'éther en formant une substance gélatineuse, les autres s'y dissolvant comme le sucre ou le sel marin. Les nombreuses recherches que M. Mendeléeff a l'intention de faire connaître ultérieurement l'ont conduit à obtenir un nouveau collodion qui se dissout « comme le sucre » dans un excès d'alcool et d'éther, et qui est complètement insoluble dans l'alcool pur. Ce collodion contient 12,5 p. 100 d'azote et peut s'obtenir par un procédé très simple : en faisant agir sur le coton un mélange des acides nitrique et sulfurique. Ce collodion, avec une petite quantité d'un mélange d'alcool et d'éther, forme une gelée. M. Mendeléeff classe son collodion entre la pyroxyline, dont la teneur en azote est de 13 p. 100, et le collodion ordinaire, qui contient 11,5 p. 100 d'azote, et il lui a donné le nom de *pyrocollodion*, dérivé de pyroxyline et de collodion. Eder attribue à sa pentanitrocellulose la formule $C^{12}H^{15}(NO^2)^5O^{10}$. M. Mendeléeff donne à son pyrocollodion la formule $C^{30}H^{38}(NO^2)^{12}O^{25}$. La formule d'Eder correspond à 12,75 p. 100 d'azote, celle de Mendeléeff à 12,14 p. 100 d'azote : ce qui revient à dire que 100 parties de coton sec : $C^6H^{10}O^5$ (ou $C^{12}H^{20}O^{10}$) peuvent donner 169,4 de pentanitrocellulose et 166,7 de pyrocollodion. Dans ses expériences, M. Mendeléeff a obtenu par réaction directe la pentanitrocellulose d'Eder, complètement distincte du pyrocollodion.

La découverte du pyrocollodion fut le point de départ de celle d'une poudre sans fumée bonne pour les canons de gros calibre de la marine. C'est à la fin de 1891 que les études sur la nouvelle poudre furent commencées, au laboratoire du Ministère de la marine à Saint-Pétersbourg, sous la direction de M. Mendeléeff. Les prévisions du savant russe sur la possibilité d'introduire son pyrocollodion dans la fabrication des poudres sans fumée se sont réalisées avec succès et, comme nous le verrons plus loin, les expériences faites avec des canons de marine au polygone de Saint-Pétersbourg, ont réalisé ses espérances.

Mais, avant de préparer la poudre au pyrocollodion, on fit d'abord l'analyse et la synthèse des poudres de guerre sans fumée déjà appliquées. L'analyse de la *cordite*, faite par M. Raubtsoff, donna les résultats suivants :

100 parties de cordite, séchée à l'air.

Azote	15,1 p. 100.	
Nitroglycérine avec 18,3 p. 100 d'azote et une température de fusion = 8°,5	57,0	—
Pyroxyline avec 13 p. 100 d'azote insoluble dans un mélange d'alcool et d'éther	29,1	—
Collodion avec 11,7 p. 100 d'azote, soluble dans ce mélange	8,2	—
Hydrocarbure (huile minérale) contenant 85 p. 100 de C et 33,8 p. 100 d'hydrogène	5,1	—
Cendre	0,35	—
Humidité	0,35	—

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Comme la synthèse faite avec ses données fournit une poudre possédant les mêmes propriétés que la cordite, il résulte que l'exactitude de l'analyse doit être mise hors de doute. En ramenant aux éléments les données obtenues par l'analyse précédente, on obtient:

	Carbone.	Hydrogène.	Oxygène.	Azote.	Cendre.
Pour la nitroglycérine	9,2	1,30	36,1	10,4	—
— la pyroxyline	7,5	0,77	17,0	3,8	—
— le collodion	2,3	0,25	4,7	0,9	—
— l'hydrocarbure	4,3	0,70	0,1	—	—
— la cendre	—	—	—	—	0,35
— l'eau	—	0,04	0,31	—	—
Cordite	23,3	3,06	58,2	15,1	0,35

Pour transformer l'hydrogène contenu dans la cordite en eau et le carbone en Co, il faut 55,5 p. 100 d'oxygène; et, pour transformer l'H en eau et le C en CO^2, il en faut 84,8 p. 100. Mais comme la cordite ne contient que 58 p. 100 d'oxygène, il en résulte, qu'au moment de l'explosion, il se produit des substances dont la combustion n'est pas complète, comme par exemple CO, H, ou des hydrocarbures. C'est ce qu'on observe dans les expériences avec la cordite et les autres poudres fabriquées jusqu'à présent et employées pour la charge des fusils et des canons de petit calibre.

L'analyse de la *balistite*, faite par le même chimiste, donna les résultats suivants :

Nitroglycérine . .	49,0 p. 100, ou bien :	C = 8,0; H = 1,08; O = 31,0; Az. = 8,9 p. 100.
Collodion	49,9 — —	C = 13,9; H = 1.79; O = 28,6; Az. = 5,6 —
Cendre	0,7 —	
Humidité	0,3 —	
Total.		C = 21,9; H = 2,87; O = 59,6; Az. = 14,5 —

Ici, comme dans le cas précédent, on constate le même défaut. Pour transformer H et C en eau et CO, il faut 52,2 d'oxygène, et, pour les transformer en eau et Co^2, il en faudrait 81,4; or la balistite n'en contient que 59,6 p. 100.

Les analyses précédentes montrent que ces poudres contiennent plus d'azote que les poudres à base de pyroxyline, c'est-à-dire de 14 à 15 p. 100 au lieu de 12,7 p. 100, Ceci se comprend si on prend en considération ce fait : que les poudres dites « pyroxyliques » sont formées d'un mélange de pyroxyline et de collodion, substances solubles dans l'alcool éthérisé. Ces dernières poudres contiennent en outre des celluloses pauvres en azote et solubles dans l'alcool pur. D'après les recherches de M. Vieille, une simple nitrification de la cellulose ne donnerait jamais de composés d'une teneur en azote supérieure à 13,5 p. 100. Ordinairement, les poudres pyroxyliques renferment de 15 à 20 p. 100 de collodion à 11 p. 100 d'azote, et pas plus de 80 p. 100 de pyroxyline, dont la teneur en azote est de 13 p. 100. En raison de ces impuretés, la poudre pyroxylique ne renferme que 12,11 p. 100 d'azote. En ajoutant à cette poudre une substance riche en Az et en oxygène et sans cendres, humidité ni traces de dissolvant, comme, par exemple, $C^{12}H^{15}(No^2)^5O^{10}$, on obtiendrait une poudre qui présenterait la composition suivante :

Carbone	26,2 p. 100.
Hydrogène	2,75 —
Oxygène	58,3 —
Azote	12,7 —

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

D'après cette composition, on voit que, pour transformer tout l'H en H^2O et tout le C en CO, il faut 56,9 p. 100 d'oxygène, et que pour les transformer en H^2O et CO^2, il en faudrait 91,8 p. 100; mais comme la poudre n'en contient que 58,3 p. 100, elle donnera, comme la cordite et la balistite, au moment de l'explosion, des produits d'une combustion incomplète, suivant la formule :

$$2\,C^{12}\,H^{15}\,N^5\,O^{20} = \begin{cases} 15\,H^2\,O + 23\,CO + 5\,Az^2 + CO^2. \\ \text{ou bien } 15\,H^2 + 8\,CO + 16\,CO^2 + 5\,Az^2, \text{ etc.} \end{cases}$$

Les données des essais du laboratoire faits avec ces différentes poudres n'ont pas permis de donner la préférence à l'une des poudres fabriquées actuellement; ce qui explique d'ailleurs pourquoi les divers États fabriquent leurs poudres sans fumée différemment. Les poudres de nitroglycérine ont attiré l'attention non seulement parce que leur fabrication est facile et bon marché, mais aussi parce qu'elles sont homogènes et douces et se transforment facilement en fils, bandes, cubes et grains de différents calibres, suivant l'arme à laquelle elles sont destinées. En chauffant ces poudres à 110°, on constate qu'elles ont plus de tendance à se décomposer que les poudres de pyroxyline. Ce phénomène s'explique par ce fait que la nitroglycérine employée pour leur fabrication est souvent mélangée à des éléments étrangers à température de fusion très basse. Si l'on remplace la nitroglycérine impure par de la nitroglycérine pure et cristallisée, on est certain d'éviter cette erreur. Néanmoins, les essais entrepris un peu partout pour l'application des poudres de nitroglycérine ont prouvé que ces poudres, bonnes pour les fusils et les canons de petits calibres, sont souvent difficilement utilisables pour les canons de 9 à 12 pouces. Si on augmentait la teneur en nitroglycérine, ces poudres détruiraient rapidement les pièces. Pourtant, on n'a pas encore constaté de rupture des canons avec cette poudre, alors que ces accidents ont souvent lieu avec les poudres de pyroxyline. Outre que la fabrication de ces dernières poudres est assez coûteuse, elles donnent une vitesse initiale qui ne correspond pas au maximum de la pression développée par leur explosion, de sorte qu'il faudrait, pour l'employer dans l'artillerie, faire varier pour chaque calibre sa composition et la dimension des grains ou des bandes. La poudre de pyroxyline à petit grain brûle très vite, avec une très forte pression, sans imprimer au projectile de grandes vitesses. Par contre, elle est avantageusement employée pour les canons de petits calibres, et, grâce à sa stabilité même lorsqu'on la chauffe à 110°, elle donne de bons résultats de tir : elle communique aux projectiles de ces canons une vitesse initiale de 600 à 800 mètres par seconde, supérieure à celle qu'on obtient avec la poudre ordinaire, qui n'est que de 400 à 500 mètres par seconde.

Au commencement de l'année 1892, le laboratoire du ministère de la marine de Saint-Pétersbourg commença ses études sur la poudre de pyrocollodion par la préparation de différents échantillons de cette poudre, qui renfermaient toujours la même quantité d'azote : près de 12,5 p. 100. La poudre ainsi formée se gélatinise complètement, se transforme facilement en plaques, et, une fois séchée, présente une masse homogène, transparente, ressemblant à de la colle ou du celluloïde. Elle fait explosion en vase clos sans laisser traces d'un résidu quelconque. Sa conservation est très facile.

Le pyrocollodion subit l'essai d'Abel (chauffage à 65°) non seulement pendant dix à vingt minutes, temps nécessaire pour caractériser une bonne poudre de pyroxyline, mais durant des heures entières, surtout si l'on a eu soin de laver la masse

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à l'eau et à l'alcool. Transformée en poudre de guerre, elle supporte une température de 110° aussi bien que la meilleure poudre de pyroxyline. Pas de réaction avec le tournesol, même après avoir chauffé la masse pendant huit heures à 110°.

Les premiers échantillons de poudre de pyrocollodion furent essayés à la bombe, parallèlement avec la poudre ordinaire employée pour les mitrailleuses, et l'on put ainsi préparer et expérimenter des échantillons de poudres correspondant à la poudre ordinaire, utilisée pour la mitrailleuse de 47 millimètres, et à la poudre sans fumée employée pour le fusil de 3 lignes. Les expériences faites avec la bombe et le crusher ont démontré qu'on peut obtenir la poudre de pyrocollodion en petites plaques, dont la vitesse de combustion varierait de 10 à 200 dix millièmes de seconde, limite admise pour les poudres ordinaires. Ces expériences ont montré en plus que la durée de la combustion augmente proportionnellement à l'épaisseur des grains. Pour les autres poudres sans fumée, et surtout pour celles de pyroxyline, le ralentissement de la combustion augmente moins vite que proportionnellement à la grosseur des grains. Il en résulte qu'on peut fabriquer une poudre de pyrocollodion d'un grain tel qu'elle brûle très lentement, qualité indispensable pour les pièces de grand calibre. Les expériences précédentes permirent au professeur Mendeléeff de considérer sa poudre de pyrocollodion comme pouvant être employée pour n'importe quelle arme de guerre. Les premiers essais pratiques furent exécutés aux mois de mai et de juin de 1892 avec une mitrailleuse de 47 millimètres. La poudre de pyrocollodion employée pour ces essais, dont les résultats seront exposés plus loin, fut fabriquée dans le laboratoire même, avec des grains d'une vitesse de combustion égale à celle de la poudre ordinaire destinée à cette mitrailleuse. On détermina d'avance une charge de 80 zolotniks (1/3 de kilogramme), qui donna bien la vitesse initiale prévue de 1 950 pieds (600 mètres) par seconde. Ces essais du polygone maritime de Saint-Pétersbourg démontrent l'importance et la perfection des expériences du laboratoire. Les premiers essais de tir prouvèrent : 1° que la poudre de pyrocollodion ne donne ni fumée ni résidu dans le canon; 2° qu'avec la bombe (1), on peut déterminer à très peu près la grosseur des grains et le poids de la charge correspondant à une vitesse initiale donnée obtenue par la poudre ordinaire; 3° que la vitesse fournie par la poudre de pyrocollodion est plus grande que celle qu'on obtient avec la poudre ordinaire; 4° qu'à vitesses égales, la pression produite par la poudre de pyrocollodion est inférieure à celle produite par la poudre ordinaire; 5° qu'en augmentant la grosseur des grains et le poids de la charge, on peut obtenir, avec la poudre de pyrocollodion, des vitesses initiales très grandes sans forcer l'arme, c'est-à-dire en restant dans les limites de pression admises pour les poudres ordinaires; et 6° que la poudre de pyrocollodion donne des vitesses uniformes, ce qui la place au-dessus des autres poudres sans fumée.

Ces premiers essais ont encouragé les expérimentateurs dans leurs recherches, et le ministre de la marine russe commanda, en automne de 1892, les premiers 1 600 kilos (100 pounds), à l'usine de pyroxyline dépendant de son ministère. Cette fabrication, confiée aux assistants du laboratoire des essais, MM. Vorojeïkinne et Grigorovitch, fut faite avec les appareils servant pour fabriquer la pyroxyline.

En janvier de l'année 1893, le pyrocollodion commandé à l'usine fut soumis aux opérations suivantes : séchage, gélatinisation, transformation en bandes et grains

(1) Cet appareil et cette méthode ont été décrits dans le Mémorial des poudres et salpêtres de France. Années 1882 et suivantes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de l'épaisseur voulue et resséchage pour éliminer le restant du dissolvant; en un mot, le pyrocollodion fut transformé en poudre de guerre à la poudrerie d'Okhtensk. Aussitôt que la poudre fut transportée de l'usine au ministère de la marine, on commença le tir au polygone maritime de Saint-Pétersbourg, en débutant par une mitrailleuse de 37 millimètres et en terminant par un canon de 12 pouces. On put alors se convaincre que la poudre de pyrocollodion était applicable à tous les canons de la flotte. On employa les chronographes de Le Boulanger et Bregé pour mesurer les vitesses initiales des projectiles et les pressions maxima. Ces essais durèrent du mois d'avril au mois de mai de 1893.

La quantité de poudre disponible était, d'une part, insuffisante pour permettre de multiplier les coups avec les canons de 12 pouces, qui exigent des charges de 104 kilos; et, d'autre part, les grains de cette poudre ne présentaient que 7 épaisseurs différentes; de sorte qu'il était presque impossible de faire varier convenablement la grosseur des grains, excepté pour les canons de petits calibres. D'après les expériences du laboratoire, cette poudre contenait de 3 à 7 p. 100 du dissolvant, et en plus grande quantité dans les grains épais que dans les plaques minces. L'on ne put obtenir une épaisseur de grains uniforme, et, dans les plaques de $0^m,064$, l'épaisseur variait de $0^m,045$ à $0^m,090$. Cette irrégularité atténuait l'importance des essais tant au point de vue des vitesses initiales qu'au point de vue de l'intensité des pressions. De plus, on ne tint compte ni de la température ni de la pression atmosphérique. Malgré ces inconvénients inévitables, les essais ont démontré d'une façon précise : 1° que la poudre de pyrocollodion communique aux projectiles de tous les calibres des vitesses initiales constantes, à égalité de charge et d'épaisseur des grains, et si le résidu du dissolvant est toujours le même; 2° que la poudre de pyrocollodion peut être, en modifiant convenablement son grain, appropriée aux canons de différents calibres; 3° qu'à vitesse initiale égale, elle développe une pression inférieure à celle de la poudre ordinaire brune, et, 4° qu'à pressions égales, elle communique aux projectiles des vitesses initiales de 20 à 30 p. 100 plus grandes que la poudre ordinaire. Il ne faut pas oublier que ces essais furent faits avec des canons de construction appropriée à la poudre ordinaire, qui développe un volume de gaz moindre que celui développé par la poudre de pyrocollodion, de sorte que les vitesses obtenues dans ces essais ne doivent pas être considérées comme des maxima. D'autre part, les tirs avec les pièces de gros calibres ne furent pas suffisamment répétés pour permettre de modifier les poids des charges et l'épaisseur des grains, ni d'aller jusqu'au maximum des vitesses initiales.

En dehors des essais avec des canons, il en fut fait plusieurs avec un fusil de petit calibre, au laboratoire même, et ces essais démontrèrent une fois de plus l'applicabilité de la poudre de pyrocollodion à toutes les armes à feu. Les tirs au fusil ont démontré que la poudre de pyrocollodion est en outre remarquable par la régularité des résultats et par l'augmentation progressive des pressions et des vitesses avec la charge. La constance des vitesses joue un très grand rôle dans le pointage, et il est évident que cette constance ne peut s'obtenir que dans le cas où la composition d'une poudre reste toujours la même. Or, les poudres de pyroxyline ne possèdent pas cette régularité d'action, puisqu'elles contiennent assez souvent, outre les nitrocelluloses, des produits de la nitrification inférieure; de sorte que, pour obtenir des résultats plus ou moins réguliers avec cette poudre, l'on est obligé d'avoir recours au mélange mécanique. Les plaques de poudre de pyrocollodion pour les fusils

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ont une épaisseur de un quart de millimètre, et sont transparentes comme la gélatine. Dans les essais thermochimiques du laboratoire, on a pu constater que la poudre de pyrocollodion, à plaques de 40 p. 100 plus minces que celles de la poudre de pyroxyline, donne les mêmes vitesses et la même intensité de pression que cette dernière.

Dans les essais que nous allons exposer plus loin, exécutés sous la direction de l'amiral Makaroff, on s'était contenté de déterminer l'intensité de la pression produite par la poudre de pyrocollodion à vitesse égale à celle qu'on obtient avec la poudre ordinaire brune. A cet effet, l'on commença par les petites charges, en les augmentant graduellement jusqu'à ce que la vitesse initiale fût égale à celle produite par la poudre ordinaire.

Le fusil qui servait pour le tir au laboratoire avait un canon de 805 millimètres de long à calibre de 8 millimètres. La balle pesait $13^{gr},77$. On tirait d'abord avec une bonne poudre de pyroxyline. La charge G pesait $2^{gr},38$. Les pressions obtenues P furent de 2 300 à 2 700 atmosphères ; en moyenne $P = 2\,500$ atmosphères. Les vitesses initiales V variaient de 617 à 632 mètres par seconde ; en moyenne $V = 2\,050$ pieds, ou 625 mètres. Le rapport de la vitesse (en pieds) à la pression (en atmosphères) $\frac{V}{P}$ était égal à 0,82, rapport caractéristique d'une bonne poudre de pyroxyline appropriée à une pression de 2500 atmosphères. Plus $\frac{V}{P}$ est grand, plus la poudre est appréciée au point de vue balistique, puisqu'elle permet d'avoir des vitesses plus rapides sans forcer la pièce, c'est-à-dire, à valeurs égales de P. Au point de vue de l'économie, c'est la formule $V^2 \frac{G}{q} = T$ qui joue le rôle capital : V étant la vitesse initiale en pieds, par seconde, G le poids du projectile et q celui de la charge en mêmes unités que G. Comme la force vive utile du projectile est proportionnelle à V^2G et en raison inverse de q, T est proportionnel à la force vive développée par l'unité du poids de poudre : plus T est grand, plus la qualité de la poudre est supérieure et la charge réduite. Mais, comme V augmente à la fois avec la charge q et la pression P, on ne saurait apprécier une poudre d'après la seule valeur de T. Il faut tenir compte en outre de la valeur $\frac{V}{P}$; de sorte que de la valeur Z d'une poudre de guerre doit s'apprécier par la formule $Z = \frac{V}{P} V^2 \frac{G}{q} = V^3 \frac{G}{Pq}$. D'après les essais, nous aurons, avec la poudre de pyroxyline et un fusil de 8 millimètres :

$$V = 2050 \text{ pieds} ; \; P = 2500 \text{ atm.} ; \; G = 13{,}77^{gr} ; \; q = 2{,}38$$
$$\frac{V}{P} = 0{,}820 ; \; T = 243{,}10^5 ; \; Z = 199{,}10^5.$$

Les valeurs de $\frac{V}{P}$, T et Z permettront ainsi d'apprécier les effets obtenus avec la poudre de pyrocollodion ; et, en outre, de juger des variations causées par les changements des poids, des charges et du calibre de la poudre.

Le fusil précédemment employé pour la poudre de pyroxyline servit, comme nous l'avons déjà fait remarquer plus haut, pour les essais du pyrocollodion faits au laboratoire. L'épaisseur des plaques de poudre était de $25\,^m/_m$ et sa densité de 1,621 ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

on variait seulement le poids de la charge q. La table ci-contre donne les résultats obtenus :

q	P	V	V/P	T	Z	V/q
2,3 gr	2081 atm.	2041 pieds	0,981	249,10⁵	244,10⁵	888
2,4 gr	2108 —	2087 —	0,990	250 »	247,10⁵	870
2,5 gr	2352 —	2136 —	0,908	251 »	228 »	854

La valeur de $\frac{V}{q}$ diminue avec l'augmentation de la charge si la poudre brûle complètement et d'une façon uniforme. La variation régulière de cette fraction donne la possibilité de calculer d'avance le poids de la charge nécessaire pour obtenir la vitesse initiale voulue. Pour la poudre de pyroxyline, $\frac{V}{q}$, égal à $861 = \frac{2050}{2,38}$, est plus petit que pour la poudre de pyrocollodion. En comparant les données obtenues dans les essais avec les poudres de pyroxyline et de pyrocollodion, nous voyons que $\frac{V}{P}$ est plus grand pour la poudre de pyrocollodion que pour celle de pyroxyline, que T en diffère peu et que Z est plus élevé qu'avec la poudre de pyroxyline. Cela prouve que la poudre de pyrocollodion répond mieux aux desiderata balistique et économique que les poudres de pyroxyline même pour les fusils de petits calibres. Cette supériorité devient encore plus évidente lorsqu'on compare les vitesses initiales obtenues par les deux poudres sous différentes pressions. La vitesse obtenue avec la poudre de pyroxyline sous 2500 atmosphères est de 626 mètres ; celle qu'on obtient avec la poudre de pyrocollodion sous une pression inférieure est de 650 mètres. En augmentant graduellement le grain de la poudre, on peut obtenir des vitesses initiales de plus en plus grandes. Avec une charge de 2gr,30, et la densité de la poudre variant de 1618 à 1621, on obtient les résultats suivants :

Épaisseur.	P	V	V/P	T	Z
0m,225	2431 atm.	2057 pieds	0,849	253,10⁵	215,10⁵
0m,255	2081 —	2041 —	0,981	249 »	244 »
0m,300	1588 —	1847 —	1,163	204 »	238 »

Puisque $\frac{V}{P}$ augmente avec l'épaisseur des grains, on pourrait en conclure qu'il est préférable d'employer une poudre très épaisse, mais à tort, puisque, en même temps, le travail T diminue. « Il est évident, dit M. Mendeléeff, qu'il existe une certaine épaisseur moyenne des grains, la meilleure de toutes : elle doit, d'après les expériences, se trouver aux environs de $2\,^{m}/_{m}5$, puisque l'on constate, avec cette épaisseur et une charge de 2gr,35, une vitesse constamment plus grande qu'avec la meilleure poudre de pyroxyline, sous une pression de beaucoup plus inférieure à celle qui est admise pour les fusils. » Par exemple, la poudre de pyrocollodion de $2\,^{m}/_{m}5$ d'épaisseur donne, avec la pression de 2500 atmosphères, une vitesse supérieure de 10 p. 100 à celle qu'on obtient avec la poudre de pyroxyline. « Il est clair, continue le professeur Mendeléeff, que la poudre de pyrocollodion employée pour charger les fusils non seulement répond à toutes les exigences d'un bon armement maritime, mais permettra de résoudre ultérieurement des perfectionnements dans l'armement de terre ; elle permettra en plus de diminuer encore le calibre des fusils, d'obtenir la constance des résultats de tir et d'augmenter les vitesses initiales et la portée. »

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les essais sur les canons furent commencés avec une mitrailleuse de 37 millimètres. Longueur de la pièce 22,75 calibres. Volume de la chambre 90^{cmc},68. Poids du projectile G = 118 1/2 zolotniks (0^{kil},500). On tira 16 coups avec des charges q variant de 6 à 10 zolotniks (de 25 à 42 gr.). Pour 8 premiers coups les plaques de la poudre étaient trop épaisses ; pour les autres, l'épaisseur fut déterminée convenablement, et toujours la même :

Nombre de coups.	Poids du projectile. G	Pression en atmosphères. P	Vitesse initiale en pieds. V	V/P	Moyenne du travail de l'unité de poids. T	Z	V/q
	zol. gr.	de à	de à				
1	6 (25)	875	1 081	1 235	231,10^5	286,10^5	180
2	8 (33,3)	920 945	1 331 1 340	1 432	264 »	378 »	167
3	8 1/4 (34)	1 040 1 165	1 360 1 389	1 247	271 »	338 »	166,6
1	8 1/2 (35)	1 265	1 412	1 116	278 »	310 »	166
1	9 (37,5)	1 440	1 492	1 036	293 »	302 »	165,8

D'après ce tableau, on voit que le $\frac{V}{q}$ est à peu près constant. Ce que démontrent les bons résultats des essais. En changeant le calibre des grains et du projectile, on voit cette fraction s'accroître. La valeur de $\frac{V}{P}$, dans la première ligne, est relativement petite, puisque la charge était très faible et moindre que celui qu'on employa pour le projectile de 8 zolotniks ; cela prouve que le tir au canon ne devient praticable que si l'on atteint les vitesses correspondant au calibre du canon. Ensuite, $\frac{V}{P}$ et Z diminuent parce que l'épaisseur de la poudre ne correspond plus au calibre de la bouche à feu. Néanmoins, elle fournit encore une vitesse de 1 500 pieds par seconde. T augmente graduellement, ce qui veut dire, qu'avec une poudre d'une certaine épaisseur, on peut obtenir, avec cette mitrailleuse, des vitesses plus grandes lorsqu'on augmente le poids de la charge de 8 à 9 zolotniks (de 33^{gr},5 à 37^{gr},5). La même bouche à feu, avec une charge de 18 1/4 zolotniks (132 grammes) de poudre ordinaire, donne une vitesse de 1 320 pieds. La pression dans ce cas, n'est que 1 200 atmosphères.

On remplaça ensuite la mitrailleuse par une autre de 47 millimètres. Longueur 43,374 calibres. Volume de la chambre 845^{cmc},5. On tirait d'abord avec une charge de 168 zolotniks (700 grammes) de poudre ordinaire brune, qui communiqua au projectile de poids G = 353 zolotniks (1 470^{gr},8) une vitesse initiale égale à 1 970 pieds avec une pression de 2 030 atmosphères.

La pression limite, avec cette poudre, est de 2 500 atmosphères. D'où il résulte, que T, représentant le travail de l'unité du poids de poudre, sera égal à 81,5 10^5. En remplaçant la poudre ordinaire par celle de pyrocollodion, on tira 49 coups, dont 10 n'ont pu être observés par suite des indications insuffisantes du chronographe ; 7 coups avec la poudre de la plus grande épaisseur ; 24 avec une épaisseur moyenne

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et 6 avec la plus petite épaisseur. L'obus pesait 351 zolotniks (1462gr,5). La table qui suit indique les résultats de six derniers coups :

Nombre de coups.	Poids de la charge. q	Pression moyenne en atmosphères. P	Vitesse initiale en pieds. V	V/P	T	Z	V/q
	zol. gr.						
1	80 (333,3)	2045	2287	1,118	229,10⁵	256,10⁵	28,6
1	81 (337)	2080	2298	1,105	229,10⁵	253 »	28,4
4	82 (341)	2147	2316	1,079	229 »	247 »	28,2

Les données de ce tableau démontrent, malgré le nombre restreint des coups, la régularité des effets produits par la poudre de pyrocollodion. Avec une charge 2,1 fois plus petite que celle de la poudre ordinaire on obtient des vitesses supérieures à celles obtenues avec la poudre ordinaire. La valeur de T est plus grande qu'avec les autres de la même poudre; elle est inférieure au T des essais de la mitrailleuse précédente et du fusil.

Le tableau ci-dessous résume les essais de 24 coups avec la poudre d'épaisseur moyenne.

Nombre de coups.	Poids de la charge. q	Pression en atmosphères. P			Vitesse initiale en pieds. V			V/P	Travail moyen de l'unité de poids de la poudre. T	Z	V/q
	zol. gr.	de	moyenne	à	de	moyenne	à				
4	75 (312,5)	1805	1810	1815	2088	2092	2094	1,136	205,10⁵	237,10⁵	27,9
2	80 (333.3)	1880	1945	2010	2159	2180	2200	1,121	209 »	234 »	27,3
2	82 (341)	1975	1985	1995	2265	2266	2268	1,141	220 »	252 »	27,6
2	83 (347)	2010	2028	2045	2286	2288	2289	1,128	220 »	248 »	27,6
4	84 (350)	1970	2012	2055	2287	2295	2303	1,141	220 »	252 »	27,3
8	86 (358,5)	1990	2025	2090	2315	2328	2337	1,149	221 »	254 »	27,1
2	88 (364,6)	2040	2110	2180	2361	2362	2363	1,120	223 »	250 »	26,8

Ici, la moyenne de $\frac{V}{P}$ (près de 1,13) est plus grande qu'avec les poudres plus fines, puisque la combustion des grains devient plus lente quand leur épaisseur augmente. La pression maxima diminue quand le projectile se met en marche au moment où cette pression est rétablie. V/P diminue ou P augmente quand q, V et P augmentent. Cela peut s'expliquer par une combustion régulière de la poudre, ce qui revient à dire que, pendant la première période de la combustion, une grande partie de la masse explosive est déjà brûlée, ce qui augmente plutôt la pression que la vitesse initiale calculée d'après la pression des gaz pendant le séjour du projectile dans le canon. La valeur de T est plus petite avec la poudre moyenne qu'avec la poudre fine; lorsque q et V augmentent, T augmente. Tous ces phénomènes se manifestent si la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

combustion de la poudre est régulière, et la poudre sera considérée comme d'autant meilleure qu'elle permettra d'atteindre de plus grandes vitesses. Ces conditions exigent des chambres de canons très résistantes ; mais les pièces actuelles sont construites pour supporter des pressions peu élevées. C'est l'avis de Longridje et d'autres. D'après M. Mendeléeff, on aura avantage à adopter sur les navires de guerre des canons de petit calibre, fortement fixés et pouvant développer des vitesses de 800 à 900 mètres par seconde. C'est ce qui caractérise la poudre de pyrocollodion d'après les valeurs de T et de Z, qui chiffrent en quelque sorte la puissance de la poudre, et sont les mêmes pour la poudre des fusils et pour celle des canons de 12 pouces. Elles sont 2 ou 3 fois plus grandes que pour les autres poudres sans fumée (pyroxyline, etc.).

Le tableau suivant donne les résultats obtenus avec la poudre de pyrocollodion d'une grande épaisseur. Pour les deux premiers coups, les charges furent tellement petites qu'il n'y avait pas moyen de mesurer les pressions avec le crusher, même serré préalablement sous une pression de 1 500 atmosphères.

Nombre de coups.	Poids de la charge. q	Pression en atmosphères. P	Vitesse en pieds. V	V/P	T	Z	V/q
	zol. gr.						
1	50 (208 »)	< 1500	1542	—	—	—	—
1	65 (270,7)	< 1500	1699	—	—	—	—
2	80 (333,3)	1580	2040	1,291	$183,10^5$	$236,10^5$	25,5
Les trois coups suivants furent tirés avec une poudre bien sèche et d'une épaisseur égale à la précédente.							
3	80 (333,3)	1745	2105	1,206	$194,10^5$	$234,10^5$	26,3

Ces essais démontrent que, si le dissolvant est éliminé incomplètement, la puissance de la poudre diminue. Pour toutes les dimensions des grains, V dépend, comme nous avons vu dans les essais précédents, de q et donne la possibilité de déterminer la pression P, ce qui veut dire que le choix du calibre de la poudre dépend de l'économie que l'on recherche. Par exemple, supposons qu'on veuille obtenir avec un canon de 47 millimètres la vitesse maxima sous une pression de 2 100 atmosphères ; quel sera le calibre des grains, sans s'occuper de la dépense de l'explosif? Nous avons vu que, lorsque l'épaisseur des grains est la plus petite, V est égal à 2 300 pieds, (q = 337,50 gr.). Avec une épaisseur moyenne, V est de 2 350 pieds, (q = 362,5 gr.). Avec une plus grande épaisseur V, = 2500 pieds, (q = 400 gr.). Il faut donc augmenter l'épaisseur des bandes de poudre en tenant compte de la capacité des chambres du canon. D'après les essais exposés ci-dessus, la poudre au pyrocollodion peut donner, avec une mitrailleuse de 47 millimètres, une vitesse initiale de 800 mètres par seconde sous la pression de 2 300 atmosphères.

Dans la table suivante, on a résumé les résultats des essais exécutés avec un canon d'Armstrong de 120 millimètres (4, 7 pouces) de calibre. Le calibre des grains reste le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

même que dans les essais précédents. Le poids de l'obus était de 50,5 phountes (20,2 kil.). La pression était mesurée par deux crushers.

Nombre de coups.	Poids de la charge. q	Pression en atmosphères. P			Vitesse initiale en pieds. V			V/P	T	Z	V/q
	ph. gr.	de	moyenne	à	de	moyenne	à				
1	6 (2400)		1635			1883		1,15	$298,10^5$	$343,10^5$	314
5	7 (2800)	2250	2290	2362	2115	2126	2139	0,93	$326,10^5$	303 »	304

Ici le rapport $\frac{V}{q}$ varie peu : de 314 à 304; il diminue avec l'accroissement de la vitesse. T augmente. La valeur absolue du travail par unité de poids de poudre est plus grande que dans les essais précédents ; ce qui confirme l'importance de la construction du canon pour l'utilisation des poudres de guerre.

Les résultats exposés plus bas sont ceux d'essais faits avec deux canons de 6 pouces ou de $153^{mm},2$. On tira 19 coups. L'auteur ne donne que les résultats d'un coup pour chaque pièce, avec la vitesse maxima.

Longueur du canon en calibre.	Poids de la charge. q	Poids de l'obus. G	Pression en atmosphères. P	Vitesse initiale en pieds. V	V/P	T	Z	V/q
	ph. kil.	ph. kil.						
35	32 (12,8)	101 1/2 (40,5)	2835	2631	0,928	$219,10^5$	$203,10^5$	82
45 *	26 (10,4)	101 1/4 (40,5)	2275	2516	1,106	247 »	273 »	97

* Système Canet.

Ces essais sont remarquables par la grandeur de la vitesse initiale obtenue : 2631 pieds par seconde.

M. Mendeléeff croit que, si l'on augmentait convenablement les dimensions des grains de la poudre de pyrocollodion, on pourrait obtenir, avec un canon de 6 pouces, une puissance et une vitesse de beaucoup supérieures à celles que l'on obtient actuellement avec la poudre ordinaire, même dans les canons de grands calibres. On ne tira que quatre coups avec un canon de 9 pouces (230 millimètres). Le calibre des grains fut le même pour les quatre coups. Poids du projectile G = 308 phountes (12,32 kil.).

Nombre de coups.	Poids de la charge. q	Pression en atmosphères. P	Vitesse initiale en pieds par seconde. V	V/P	T	Z	V/q
	ph. kil.						
1	56 (22,4)	970	1709	1,76	$116,10^5$	$283,10^5$	30,5
1	70 (28)	1550	2068	1,33	188 »	250 »	29,5
1	81 (32,4)	1967	2323	1,18	205 »	242 »	28,7
1	88 (35,2)	2570	2523	0,98	223 »	219 »	28,7

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans ce tableau, $\frac{V}{q}$ diminue, comme dans les autres essais, d'une façon régulière, mais peu, en restant presque constant, ce qui démontre la régularité des effets de la poudre de pyrocollodion. La valeur de T est ici la même que dans les tirs avec la mitrailleuse de 47 millimètres, ce qui justifie une fois de plus l'application générale de la poudre de pyrocollodion. En modifiant le calibre des grains, on peut obtenir, avec les grands canons de 9 pouces, les résultats les plus remarquables. Dans le tableau précédent, nous voyons qu'on peut obtenir, avec ce calibre, des vitesses atteignant jusqu'à 2 523 pieds par seconde, en employant des charges relativement petites (88 phountes), alors que ce même canon, dont la longueur est de 35 calibres et la capacité de la chambre de 4 703,9 pouces cubes, donne, avec 70 kil. 4 de poudre ordinaire et un obus de 184 kil., une vitesse maxima de 1 862 pieds ; la vitesse est de 1 573 pieds, avec une charge de 84 phountes (33 kil. 6) et un obus de 308 phountes (123 kil. 2). Dans ce dernier cas, la pression n'est que de 1 655 atmosphères.

T, avec la poudre ordinaire, est égal à 90, 7×10^5, ou 2 2/1 fois plus petit qu'avec la poudre de pyrocollodion.

Les résultats obtenus avec la poudre de pyrocollodion et les canons de 9 pouces ont encouragé les expérimentateurs, et laissaient prévoir qu'il serait facile d'appliquer la nouvelle poudre aux plus grands canons.

On fit quelques essais avec un canon de 12 pouces (305 millimètres) : longueur 35 calibres; capacité de la chambre de 13 421 pouces cubes. Poids de l'obus G = 810 phountes (320 kilogrammes). Deux séries d'essais furent exécutées avec la poudre ordinaire brune de l'usine d'Orkhtensk et de l'usine de Schlissenbourg, pour les comparer à la poudre de pyrocollodion.

Les résultats des tirs avec la poudre des poudreries d'Okhtensk et de Schlissenbourg sont exposés dans la table suivante :

Poids de la charge. q		Pressions en atmosphères. P	Vitesse en pieds. V	V/P	T	Z	V/q	
ph.	kil.							
340	(136)	2435	1977	0,81	$93,10^5$	$75,10^5$	5,8	Poudre brune de la poudrerie d'Okhtensk.
380	(152)	2770	2114	0,76	95 »	72 »	5,6	
380	(152)	2115	2056	0,97	$90,10^5$	87 »	5,4	Poudre brune de la poudrerie de Schlissenbourg.
395	(168)	2312	2112	0,91	91 »	83 »	5,3	

On tira avec ce même canon trois coups de poudre au pyrocollodion à grains plus gros et quatre coups avec la même poudre et d'une épaisseur plus faible et plus sèche que celle qu'on a employée pour les trois premiers coups.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Poids de la charge. q	Poids en atmosphères. P	Vitesse en pieds. V	V/P	T	Z	V/q	
ph. kil.							
108 (43,2)	?	1182	?	$105,10^5$	?	10,9	Grains avec un plus grand calibre.
180 (72 »)	1220	1807	1,48	$147,10^5$	$218,10^5$	10,0	
250 (100 »)	2535	2578	1,02	$215,10^5$	$219,10^5$	10,3	
180 (72 »)	1367	1854	1,36	$154,10^5$	$209,10^5$	10,3	Grains avec un plus petit calibre.
203 (81,2)	1850	2092	1,13	$175,10^5$	$198,10^5$	10,3	
223 (89,2)	2122	2284	1,08	$189,10^5$	$204,10^5$	10,2	
245 (98 »)	2603	2471	0,95	$201,10^5$	$191,10^5$	10,1	

On voit que la poudre de pyrocollodion donna de bons résultats avec le canon de 12 pouces aussi bien qu'avec des canons d'un calibre inférieur. Dans les essais avec la poudre bien séchée $\frac{V}{P}$ et $\frac{V}{q}$ varient d'une façon très régulière; cela prouve que l'épaisseur des grains de la poudre de pyrocollodion peut varier, même pour les canons de 12 pouces, sans risquer de provoquer des accroissements brusques de pressions. Sous une pression de 2 700 atmosphères, la poudre de pyrocollodion donne une vitesse de 2 500 pieds, plus grande que celle de 2100 pieds qu'on peut obtenir avec 180 kilos de poudre ordinaire. Le 5 juin 1893, l'amiral Maharoff obtint, avec une charge de 260 phountes (100 kilos) de poudre de pyrocollodion, sous une pression de 2 540 atmosphères, une vitesse de 2 578 pieds.

Il faut faire remarquer encore une fois, qu'avec les canons de 12 pouces aussi bien qu'avec les pièces des autres calibres, la valeur de T s'accroît avec la charge, et se rapproche de sa limite égale de 22 000 000. Cette limite peut devenir plus grande avec les canons Armstrong et Canet, de sorte que, lorsqu'on construira les canons conformément aux propriétés de la poudre de pyrocollodion, on sera en mesure d'obtenir des vitesses initiales encore inconnues dans l'artillerie de terre et de la mer.

« Comme le pyrocollodion non gélatinisé est déjà utilisé pour les mines et les bombes, dit le professeur Mendeléeff, il donne, étant gélatinisé, des résultats satisfaisants dans le tir avec les simples charges à poudre et dans l'exercice des torpilles ; comme il donne avec les fusils des résultats supérieurs à ceux qu'on peut obtenir avec la plus répandue des poudres de pyroxyline, on peut affirmer que l'on trouvera, dans l'application de la poudre de pyrocollodion, la solution de la question de la défense moderne et de la réalisation de la devise : *Si vis pacem para bellum*.

P. KOUINDJY.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Fabrication industrielle de l'air et de l'oxygène liquides, procédé Linde (1)

Le principe de cette fabrication est facile à saisir à l'aide de la figure 1 qui représente schématiquement l'appareil de M. Linde.

L'air, aspiré de P_1 par un compresseur, est refoulé à environ 10° par P_2, dans un refroidisseur à circulation d'eau qui en abaisse la température à environ 10°, d'où il se rend, par le tube intérieur d'un second refroidisseur ou échangeur de température dont il s'échappe au travers d'une soupape d'étranglement, dans un récipient ou liquéfacteur L, pour en sortir refroidi par sa détente à — 13° environ, et revenir au compresseur en passant tout autour du tube intérieur du deuxième réfrigérant. Cet

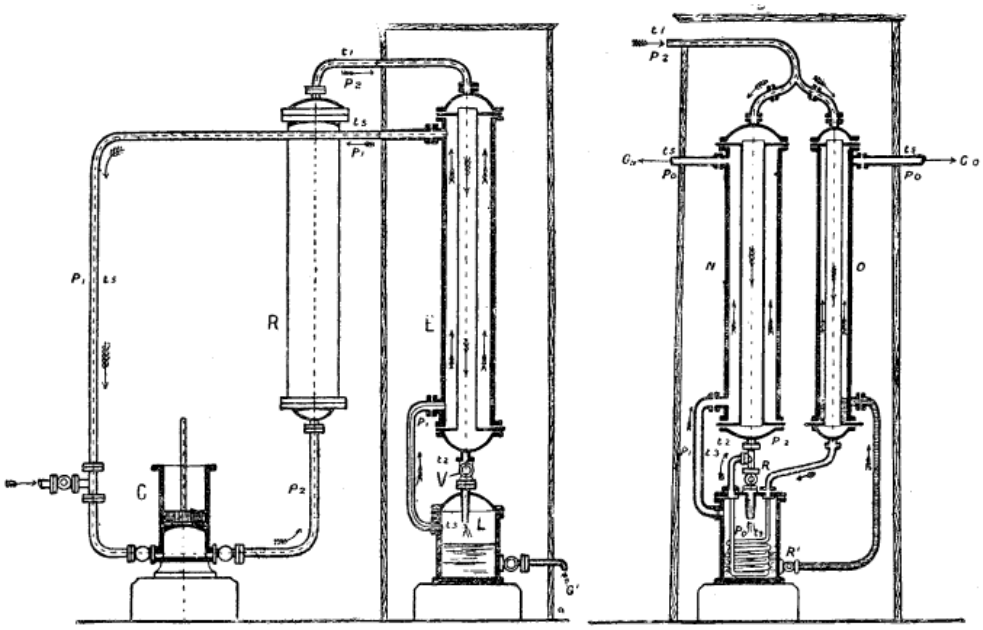


Fig. 1 et 2.

air amène ainsi celui qui est actuellement refoulé par P_2 à une température plus basse que celle qu'il y avait précédemment; et ainsi de suite, la circulation indéfinie de cette même masse d'air, à laquelle sa détente emprunte sans cesse de la chaleur, finissant par abaisser sa température au-dessous de son point critique : — 140°, à partir duquel une partie de cet air se liquéfie et est remplacé par de l'air neuf. En un mot, le principe de l'appareil consiste dans l'application de ce fait : que de l'air à $T_1°$ (absolu) se détendant de p_2 à p_1 atmosphères sans effectuer de travail s'abaisse de θ_0, suivant la formule de Joule et Thomson :

$$\theta_0 = \frac{p_2 - p_1}{4}\left(\frac{289}{T_1}\right).$$

Pour $p_1 = 75$, $p_2 = 25$ et $T_1 = 283°$ on a $\theta° = -12°,76$.

(1) Lindes Verfahren der Sauerstoffgewinnung mittels verflussigter Luft. Von M. Schrotter (Zeitschrift der Vereines Deutscher Ingenieure, 28 sept. 1895, p. 1157).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les courbes de la figure 3 représentent le fonctionnement de l'appareil aux essais de Munich. La température initiale t_1 étant abaissée au-dessous de zéro par une machine frigorifique à ammoniac, il en était de même de la température de retour t_5, qui se rapprochait beaucoup de t_2 en raison du bon fonctionnement de l'échangeur. On voit que les températures t_2 et t_3 de l'air avant et après sa détente, d'abord très rapprochées, s'écartent graduellement avec le temps, jusqu'aux limites respectives de — 120° et — 150°, atteintes après quinze heures de marche. On obtient, au premier essai, environ huit litres d'un liquide bleuâtre.

Il faut, comme la théorie l'indique, faire $p_1 - p_2$ le plus grand et $\frac{p_1}{p_2}$ le plus petit possible : on prendra, par exemple, $p_1 = 150$ atmosphères et $p_2 = 50$, soit $p_1 - p_2 = 100$ et $\frac{p_1}{p_2} = 3$.

L'analyse de ce gaz liquéfié donne 70 p. 100 d'oxygène au lieu des 21 p. 100 de l'air

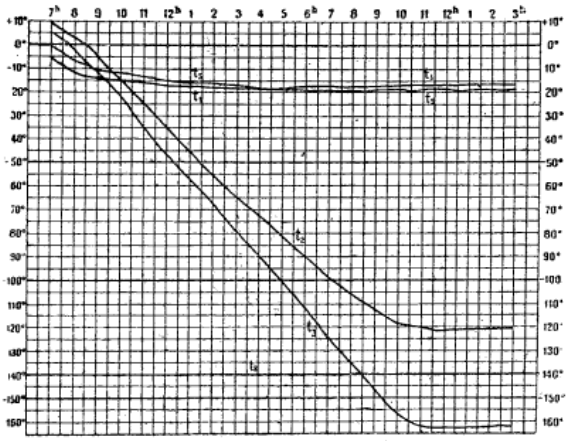


Fig. 3. — Courbes d'essai de la fig. 1.

Les ordonnées représentent les températures, et les abscisses les heures comptées à partir de la mise en marche.

normal, ce qui tient à ce que l'azote s'échappe en ébullition de l'air liquide plus vite que l'oxygène, ou à la différence des points d'ébullition de ces deux gaz.

On peut donc, en profitant de cette ségrégation, fabriquer l'oxygène liquide en partant de l'air liquide. A cet effet, l'échangeur N est dédoublé en O (fig. 2). L'oxygène prépondérant dans l'air liquéfié en R passe avec lui, par R^1, au bas de O, et l'azote au bas de N, d'où ils sont aspirés par G_0 et Gn, en refroidissant l'air refoulé par P_2 : le robinet de G_0 permet de régler à volonté la richesse en oxygène du gaz liquéfié en R.

D'après M. Schrotter, un travail d'un cheval-heure permettrait d'obtenir environ 1 mètre cube d'air à 70 p. 100 d'oxygène, et l'on pourrait réaliser une certaine économie en maintenant dans le liquéfacteur R une pression de 4 atmosphères par exemple, et en laissant le gaz riche en azote, s'échappant de N, exécuter un travail dont on utiliserait les frigories pour abaisser la température de l'air refoulé en N. Avec $t_1 = -30°$, on pourrait réduire $p_1 - p_2$ à 22 atmosphères.

G. R.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LE BITUME DE NAPHTE

Le naphte est une substance des plus complexes. Les nombreux composés qui le constituent en font une des matières les plus utiles, au premier rang dans l'industrie de la Russie. Malgré leur utilisation industrielle récente le naphte et ses dérivés ont tellement intéressé le monde savant qu'il n'y a rien d'étonnant de les voir sans cesse l'objet de nouvelles recherches, et proposer presque tous les jours de nombreux procédés ayant pour but d'en tirer de nouveaux profits. Dans ces dernières années, on est arrivé à extraire du naphte une substance qui rappelle exactement le bitume naturel et un goudron supérieur à celui de la houille.

Nous nous proposons de faire connaître les procédés étudiés et appliqués industriellement au Caucase pour extraire le goudron du naphte et du bitume de naphte.

D'après M. Lissenko, professeur de l'École des mines de Saint-Pétersbourg (note sur l'industrie du naphte de Bakou, publié par les *Zapkisy* de la *Société impériale technique russe*), on a pu, en 1892, obtenir à Bakou un goudron tiré des résidus du naphte, en traitant du masoute par l'acide sulfurique dans la fabrication des huiles minérales de graissage.

Auparavant, ce résidu acide était jeté à la mer comme complètement inutile. Dans ces dernières années, on tenta de régénérer l'acide employé pour traiter le masoute, et, en même temps à utiliser ces résidus pour la fabrication du goudron. « Le goudron ainsi extrait du naphte était plus lourd que l'eau et d'une couleur noire, brune en petite épaisseur. Il ne se dissolvait presque pas dans le naphte, le pétrole et l'acide sulfurique, était complètement insoluble dans l'alcool ou dans l'eau. Par contre, il se dissolvait dans le sulfure de carbone, l'essence ou l'éther. Fondu avec du poussier de charbon, des copeaux de bois, etc., ce goudron donnait une masse compacte.

Il existe plusieurs procédés de fabrication du goudron de naphte. Le procédé le plus ordinaire, celui qui est cité dans l'article du professeur Lissenko, consiste à séparer par l'eau froide l'huile de graissage des résidus acides, et à laver ces résidus à l'eau chaude. L'eau contenant en dissolution l'acide sulfurique est envoyée à l'usine des acides; le goudron est transvasé dans les récipients où on le sèche et l'évapore jusqu'à concentration voulue. Mais, avant la concentration, on a soin de neutraliser le goudron par la chaux soit dans les récipients, soit dans les appareils servant à la séparation du résidu acide des huiles minérales, de telle sorte que les résidus acides obtenus pendant le traitement du masoute dans la fabrication des huiles à graisser donnent trois produits : goudron, acide sulfurique et huiles de graisses. 25 000 kilos de résidus acides donnent de 8 000 à 9 000 kilos de goudron, de 8 000 à 9 000 kilos d'acide sulfurique à 60° 61° B. et près de 5 000 kilos d'huiles. Cependant, ce procédé, comme beaucoup d'autres qui lui sont analogues, présentait des inconvénients, car on était obligé d'employer une température de 400° C., ce qui donne peu de goudron (de 10 à 20 p. 100), et 25 p. 100 de coke.

Comme l'extraction du bitume de naphte était encouragée par les offres de l'Angleterre, qui exigeait un bitume absolument exempt de coke, les ingénieurs de Bakou se livrèrent à des expériences qui aboutirent à un nouveau procédé de la fabrication du goudron, bitume et vernis de naphte et des hydrocarbures de la série aromatique, obtenus jusqu'à présent par la distillation de la houille. Ce procédé, dû à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Adiassewitch, est exposé par l'auteur même dans les *Zapisky* du mois d'avril de l'année 1895.

Le procédé d'Adiassewitch consiste à extraire le goudron soit de résidus acides de naphte, soit du minerai bitumineux de naphte. Ce minerai se trouve dans la contrée d'Hurie, au Caucase, sur un gisement de 60 à 70 000 hectares dans le gouvernement de Koutaïss, tout près de la mer Noire. On le trouve en abondance au fond et sur les bords des petites rivières qui parcourent cette contrée, et aussi dans les nombreux ravins arrosés par les ruisseaux qui forment ces rivières.

Ce bitume, d'un beau noir, est désigné par les indigènes sous le nom de « *koupry* » (naphte). On le trouve généralement mélangé de sable et de quartz, avec ou sans cailloux. Les couches ont quelquefois de 7 à 14 pieds d'épaisseur. Le minerai contient 83 p. 100 de sable et 17 p. 100 de bitume de naphte soluble dans CS^2. Il contient encore des traces de S et de Fe. L'exploitation du minerai se fait à jour : il renferme, dans la partie supérieure de ses couches de 5 à 6 p. 100 de bitume, dans la partie moyenne de 10 à 12 p. 100, et dans la partie inférieure de 30 à 35 p. 100. Séché et tamisé, il peut remplacer l'asphalte ; comprimé, il remplace le béton, car il est complètement étanche. On peut l'employer pour la préparation des moules pour la fonte, qui, au contact de ce bitume, se couvre d'une pellicule inoxydable.

Lorsqu'on fait subir au résidu acide de naphte une distillation à une haute température, il se produit des hydrocarbures de la série aromatique. C'est sur ce principe que l'auteur russe se base pour obtenir le goudron de naphte. Nous avons déjà vu que la distillation de résidus acides de naphte à 400° donne plus de coke et relativement peu de goudron. L'auteur employait une plus basse température, de 150° à 200°, et obtenait près de 90 p. 100 de bitume de naphte. Une chaudière de 4 000 kilos, remplie de résidus acides de naphte, de densité 0 930 et à point d'ébullition de 360°, est chauffée à 150° (jamais à plus de 200°). Dans la masse chauffée ainsi, on introduit de l'air chaud au moyen des tubes. En même temps, on fait agir sur le contenu de la chaudière un courant électrique. Trois heures après, la densité devient égale à 1, la température de l'ébullition augmente ainsi que le point d'explosibilité. Deux heures après, le produit devient très épais, et, en continuant le traitement, on obtient le bitume solide. En résumé il se produit pendant le traitement :

1. Après 4 heures du traitement,		95 p. 100	de bitume	de densité	égale à 1,00
2. — 6	—	90 p. 100	—	—	1,02
3. — 8	—	85 p. 100	—	—	1,04
4. — 10	—	75 p. 100	—	—	1,06

Tous ces produits sont solubles dans la benzine et ne donnent aucun résidu, ce qui prouve qu'il ne se forme pas de coke. D'une bonne viscosité, ce bitume s'étire en fils. Les parties solides ont une élasticité égale à celle du caoutchouc. Au rouge vif, ils répandent une odeur suffocante. Ce bitume ne diffère donc en rien du bitume naturel et le remplace assez avantageusement.

La chaudière de M. Adiassewitch est une longue cuve à un double fond où circule la vapeur. Dans l'intérieur de la chaudière, sont deux rouleaux d'acier garnis de brosses Sur le fond, tourne une vis d'Archimède dont les filets portent des couteaux et des agitateurs. La vapeur s'y introduit au moyen d'un tuyau qui plonge dans l'intérieur de la cuve, et qui, au fond de l'appareil, se divise en plusieurs branchements passant entre les fils. A l'appareil sont adaptées deux grues : l'une sert à le charger, l'autre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à enlever le sable pendant la désagrégation du minerai. Voici maintenant comment se fait l'extraction du bitume du minerai : L'appareil contient de l'eau qui bout continuellement. On y introduit le minerai ; celui-ci tombe sur les rouleaux à brosses, qui le broient et le pulvérisent, puis au fond de l'appareil, où il est travaillé par les couteaux et la vapeur. Ainsi travaillé, le bitume devient mou, se sépare du sable et, plus léger que l'eau, surnage à la surface. La partie du minerai désagrégé du bitume est entraînée par la vis dans un récipient d'où l'enlève la seconde grue. On doit avoir soin de maintenir l'eau à niveau constant au moyen de flotteurs.

Le bitume balayé de la surface de l'eau par des palettes tournantes est amené aux récipients de l'évaporation.

L'appareil de M. Adiassewitch, commandé par une machine de 16 chevaux, permet d'obtenir 38 400 kilos de bitume par jour. Un seul homme suffit pour surveiller l'appareil.

Le bitume obtenu par ce procédé n'est pas complètement pur. Il contient 60 p. 100 de bitume pur, 30 p. 100 d'eau et 10 p. 100 de sable. Pour le débarrasser de ces impuretés, on évapore le bitume dans une série de cuves disposées en gradin de façon que le bitume, en passant d'une cuve à l'autre, se débarrasse de son eau et dépose son sable. De là, le bitume est transporté dans les chambres de concentration.

Le bitume, débarrassé de son eau et de son sable, a une densité légèrement supérieure à 1. Son point d'inflammabilité est de 177°. Il est très ductile et peut se tirer en fils longs de plusieurs mètres.

Pour obtenir les dérivés de ce bitume, l'auteur le soumit d'abord à une distillation sèche dans une chaudière couverte. La première fraction condensée fut obtenue à 300°. Les produits distillés présentèrent, dans leur ensemble, une huile minérale de densité 0,968, dont la proportion ne dépassa pas 50 p. 100. Il se dégagea en même temps des gaz blancs non liquéfiables à 10°. Le résidu de la distillation, extrêmement fragile, renfermait une grande quantité de coke.

Ces mauvais résultats ont conduit l'auteur à renoncer à la distillation sèche et à la remplacer soit par la distillation à vapeur surchauffée, soit par le procédé précité.

La distillation à vapeur surchauffée n'est possible que lorsque la vapeur est porté pendant l'opération à une haute température : un morceau de papier placé dans le courant de cette vapeur doit se brûler immédiatement. Les fractions commencent à paraître ici bien plus tôt que dans la distillation sèche. Leurs densités augmentent progressivement et varient de 0,936 à 0,972, soit 0,949 en moyenne. Leur proportion atteint à peu près 50 p. 100. Elles se traitent facilement par SO^4H^2 et la soude, et présentent le même aspect que les huiles minérales de graissage dont elles diffèrent cependant par leur plus grande viscosité et par leur densité plus élevée, ce qui prouverait que la théorie de Boussingault sur l'existence, dans le bitume ordinaire, de deux substances, dissoutes l'une dans l'autre, s'applique aussi au bitume de naphte. L'une d'elles, ressemblant au naphte, ne contient pas d'oxygène, et correspond à la formule $C_{40}H_{64}$; l'autre, formant le bitume même, renferme de l'oxygène suivant la formule $C_{40}H_{64}O_3$.

Le résidu provenant de cette distillation et resté dans la chaudière n'est autre chose que le goudron. Celui-ci ne donne pas plus que 10 p. 100 de coke, même distillé à une haute température et à sec.

Dans la distillation d'une chaudière de 3 520 kilos, il fallut 12 heures pour obtenir le goudron liquide, et 20 heures pour le goudron solide. C'est l'inconvénient du procédé de la distillation par la vapeur surchauffée. Le procédé de l'auteur, appliqué pour le traitement des résidus acides de naphte, présente à ce point de vue l'avantage de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

permettre d'obtenir la même quantité de goudron en 4 heures s'il s'agit du goudron liquide, et en 10 heures pour le goudron solide. De plus, il donne de 80 à 95 p. 100 de goudron. Ces goudrons conservent leur viscosité naturelle et ont leur point d'inflammabilité à 300°. C'est par ce procédé que M. Adiassewitch obtint les quatre produits suivants d'une très importante application industrielle :

ÉTAT DES PRODUITS	Distillation à vapeur surchauffée	Distillation par le procédé Adiassewitch	Densité	Température		Point d'inflammabilité	Température de combustion
				de	à		
1. Liquide.	80 p. 100	95 p. 100	1.005	40°	70°	202°	225°
2. Mou.	70 —	90 —	1.02	45°	75°	227°	256°
3. Demi-solide. . .	60 —	85 —	1.04	50°	80°	254°	271°
4. Solide.	50 —	80 —	1.06	60°	90°	276°	302°

Tous ces goudrons, ainsi que le bitume d'Hurie, se dissolvent dans les fractions du naphte, l'éther sulfurique, CS^2, l'essence de térébenthine et le benzole. Ils sont insolubles dans l'eau ou l'éther éthylique. Ces goudrons cèdent facilement leur H : en chauffant légèrement le goudron n° 4 avec le soufre, on obtient un dégagement d'H^2S et un résidu qui n'est autre chose que le charbon. Avec SO^4H^2, il donne SO^3 et un résidu de coke. Les acides chromique, manganique et le chlore sont sans action sur ces goudrons, même à chaud.

D'après l'auteur, ces produits ont leur application immédiate dans la fabrication de l'asphalte et du mastic employé dans les constructions navales ; mais la plus importante de leurs applications serait la fabrication du vernis. On fabriqua, à l'usine russe, un vernis de la composition suivante : goudron n° 4, 40 p. 100 ; huile siccative, 10 p. 100, dissolvant (essence ou benzine), 50 p. 100. Ces produits furent mélangés à chaud, et, pendant la préparation, on y ajouta un peu de céruse, qui rendit le vernis plus siccatif. Le vernis obtenu par la formule précédente garantit bien le bois contre l'humidité. Deux plateaux, l'un en bois et l'autre en fer, mesurant $1^m,80 \times 2^m,50$, couverts de deux couches du vernis précédent et mis en contact continuel avec de l'eau, ont conservé le même aspect et le même brillant au bout d'un an et demi. On recouvrit plusieurs poteaux d'une seule couche du goudron n° 1, ils se conservèrent en terre pendant des années, au lieu de pourrir après 5 ou 6 mois. Cette propriété a une grande importance pour les chemins de fer.

En dehors de ces applications importantes des produits qui nous occupent, nous pouvons indiquer leur application à la fabrication des étoffes imperméables. Un morceau d'étoffe épaisse imbibée de goudron n° 1 et vulcanisée se transforme en une toile cirée de première qualité. En mélangeant le goudron de naphte, le soufre et un corps solide quelconque et en vulcanisant le mélange après l'avoir fait passer entre deux cylindres, on obtient une espèce d'ébonite. Mais, la plus importante application de ces goudrons serait dans l'utilisation de leurs dérivés de la série aromatique. En effet, le goudron de naphte, de même que le goudron obtenu par les résidus acides de naphte, donne : 20 p. 100 de benzole et 4 p. 100 d'anthracène. Nous n'avons pas besoin de nous arrêter sur l'importance de ces hydrocarbures, connus de la plupart des fabricants de couleurs de la série aromatique.

P. KOUINDJY.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MÉTALLURGIE

FABRICATION DES PETITS LINGOTS D'ACIER PAR M. R. SMITH CASSON[1]

Il y aurait évidemment grand intérêt à pouvoir couler économiquement et sans soufflures des petits lingots d'acier dans les usines moyennes qui ne peuvent lutter avec les grandes forges pour la production des grosses pièces, dont elles tirent actuellement leurs massiauds à des prix relativement élevés. En outre, cet acier provenant de gros lingots très travaillés se traite difficilement dans les petits laminoirs ; en outre, on risque de le détériorer par de nouvelles chaudes au point de le rendre parfois im-

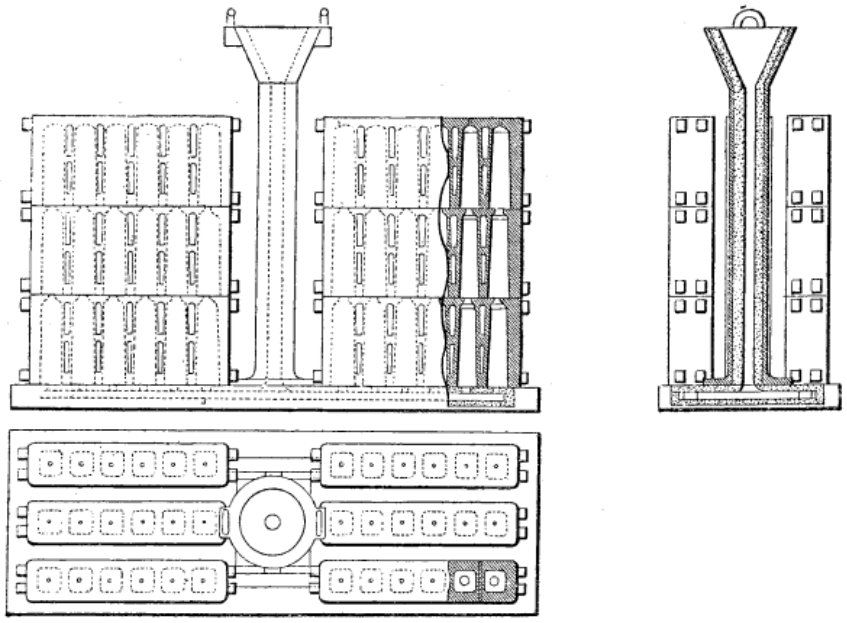


Fig. 1 à 3. — Moule *Turner*.

propre à certaines fabrications comme celle des chaînes, dont la soudure n'est plus assurée. D'autre part, le petit lingot subira en général, au laminage, tout autant et même plus de travail mécanique que le gros lingot, dont il possédera ainsi toutes les qualités que procure ce travail. C'est ainsi, par exemple, qu'un lingot de 75 millimètres de côté laminé en une barre de 12 millimètres de côté, ou à 1/36 de sa section primitive, est relativement beaucoup plus travaillé que le gros lingot de 380 millimètres réduit à 125 millimètres ou à 1/9 de sa section primitive. Reste la question de prix. M. Casson estime à environ 25 francs par tonne la dépense supplémentaire de coulée des petits lingots par rapport à celle des gros, dépense loin d'être équivalente aux frais

1. Small Cast. Ingots Steel By. R. Smith Casson Birmingham (Iron And Steel. Institute, Réunion d août 1875).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des laminoirs dont ils permettent de se passer; et il attribue en partie à l'emploi des petits lingots le succès avec lequel les forges allemandes et belges luttent aujourd'hui sur le marché anglais.

La méthode adoptée par M. *Turner* pour la coulée des petits lingots consiste à verser l'acier dans une sorte de moule central, du bas duquel il se répand et monte dans une série de lingotières superposées autour du moule central et qu'il remplit

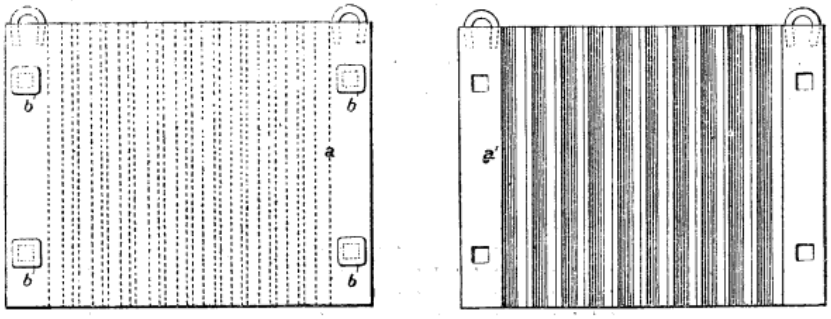


Fig. 4 et 5. — Moule *Smith Casson* ouvert et fermé.

successivement rangées par rangées. Les figures 1 à 3 représentent un de ces appareils disposé pour recevoir 108 lingots de 125 × 125 × 500 millimètres, pesant chacun 59 kil. et provenant de la coulée de 6 tonnes et demie d'acier dans le moule central. Dans une forge du Derbyshire et aux forges de Weardale, on emploie ce procédé avec succès. A. Weardale, on l'emploie depuis 5 ou 6 ans, au taux d'environ 600 tonnes par an.

Le moule de M. Smith Casson est (fig. 4 à 6) en deux parties *a.a*, réunies par quatre

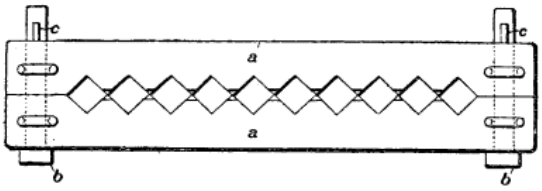


Fig. 6. — Moule *Smith Casson*, plan.

boulons *b*, à coins de serrage *c*, et constituant une série de lingotières reliées entre elles par un filet de métal fondu qui se brise par le refroidissement, à l'exception des extrémités haut et bas, que l'on casse au marteau ou coupe à la cisaille. Ces lingots ne perdent que très peu de poids quand on les lamine en barres, même jusqu'à 25 millimètres de diamètre : par exemple, 4 p. 100 au chauffage et au laminage, et 3 p. 100 par l'affranchissement; en tout 7 à 8 p. 100.

G. R.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'ACIER AU NICKEL D'APRÈS M. WIGGIN (1)

On fabrique actuellement des aciers à 3/4 p. 100 de nickel qui ont, à allongement égal, une résistance à la rupture supérieure de 30 p. 100 à celle des aciers ordinaires et une limite d'élasticité supérieure de 75 p. 100, homogènes, sans danger d'une ségrégation du nickel. Ces propriétés, principalement la limite d'élasticité très élevée, permettront d'alléger et de modifier heureusement les profils des poutres et fers, en acier au nickel.

D'après les essais faits pour la construction des chaudières du croiseur américain *Chicago* en acier au nickel, cet acier paraît supérieur au point de vue des corrosions, comme l'indiquent les résultats ci-dessous.

	PERTE POUR CENT EN POIDS (1)	
	Dans de l'eau à 20 p. 100 de sel marin bouillant pendant 3 mois	Dans de la vapeur à 100° pendant 2 mois
Acier au nickel	1 »	0,27
Bessemer	1,81	0,58
Au réverbère	1,97	0,31
Au réverbère	2 »	0,36

Cet acier en tôles supporte facilement, grâce à sa grande plasticité, les travaux d'emboutissage et de pliage, de forge et d'étampage ; les chaudières en acier au nickel pourraient supporter des pressions plus élevées d'un tiers, à épaisseur égale des tôles, et durer plus longtemps en raison de leur moindre sensibilité aux corrosions.

Avec l'acier doux ordinaire, la charge limite d'élasticité est à peu près égale à la moitié de celle de rupture ; avec l'acier au nickel, elle en est des trois quarts. Il en résulte que l'acier au nickel paraît éminemment propre à la construction des pièces de canon, car sa supériorité est encore plus marquée dans les épreuves au choc. On a fabriqué pour les tôles de navire des aciers au nickel présentant une résistance à la traction de 68 kilos par millimètre carré, une limite d'élasticité d'environ 40 kilos, et un allongement de rupture de 20 p. 100, ce qui permettrait de réduire de 500 à 600 tonnes le poids de la coque d'un vaisseau de guerre.

D'après les essais de M. Kjellberg, directeur des forges de Bofors, en Suède, une addition de 3 p. 100 de nickel dans des aciers à 0,3 et 0,4 p. 100 de carbone a donné des aciers qui, simplement recuits après coulée et trempés à l'huile, sans laminage ni forgeage, ont résisté à 70 kilos de traction, avec un allongement de rupture de 25 p. 100 sur 200 millimètres : limite d'élasticité, 45 kilos.

On fit éclater dans un tube de canon un obus rempli d'acide picrique comprimé, à 300 millimètres à l'intérieur du tube, sans autre effet que de l'élargir de 1 millimètre trois quarts. Sur deux plaques d'acier au nickel de $2^m,44 \times 1^m,83$, et de 90 et 96 millimètres d'épaisseur, on tira cinq coups d'un canon rapide de 125 millimètres, avec des projectiles de 21 kilos en acier de Boforss : charge de poudre $3^k,37$; vitesse à 46 mètres, de 362 à 364 mètres par seconde. Ces projectiles rebondirent intacts, n'ayant pénétré que de leurs pointes, sans aucune crique dans la plaque de 90 millimètres, et avec de petites criques à celle de 90 millimètres, qui ne se rompit ensuite qu'au douzième coup.

(1) *Nickel Steel and its Advantages over ordinary Steel by H. A. Wiggin* (*Iron and Steel Institute*, session d'août 1895.

(2) Sur des éprouvettes de 25 × 6 × 25 millimètres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Un projectile de 21 kilos, tiré avec une charge de $4^k,10$, à la vitesse 413 mètres, entamait à peine la plaque de 90 millimètres, tandis qu'il aurait dû, d'après la formule de Krupp, traverser une plaque de fer ordinaire de 150 millimètres.

D'après des essais exécutés par la Canadian Copper C° (1), on a pu parfaitement souder à recouvrement deux barreaux de 25 millimètres de côté en acier doux à 2,05 p. 100 et 3,25 p. 100 de nickel, 0,22 p. 100 et 0,16 p. 100 de carbone ; la soudure résistait absolument aux épreuves de pliage à chaud et à froid ; il en fut de même des aciers plus durs, à 3,40 p. 100 de nickel et 0,30 p. 100 de carbone, 2,62 de nickel et 0,19 p. 100 de carbone, 3,20 p. 100 de nickel, 0,54 de carbone, 3,10 et 4,95 de nickel, 0,96 et 0,51 de carbone. En général, la teneur en nickel n'influence pas la soudure : la difficulté augmente avec la teneur en carbone.

Dans la discussion du Mémoire de M. Wiggin, M. J. Stead a cité la fabrication, aux ateliers de Carnegie, de plaques de blindage de 25 tonnes — manipulées par des grues électriques de 150 tonnes — en acier à 3/4 p. 100 de nickel, coûtant environ 175 francs la tonne au four à réverbère chauffé par le gaz naturel : ces plaques sont harveyées à l'eau glacée sur une épaisseur de 25 à 30 millimètres, après un recuit très soigné de quatre semaines au four. D'après M. Thomson, de New-York, on a fabriqué aux États Unis, dans ces trois dernières années, environ 70 000 tonnes d'acier au nickel, et l'on aurait, en Allemagne, réalisé un acier à 15 p. 100 de nickel, présentant une résistance de 170 kilos par millimètre carré ; enfin, la construction d'un grand cuirassé en acier au nickel n'augmenterait la dépense que de 2 p. 100.

G. R.

(1) *Iron and Steel Institute*, réunion d'août 1895.
(2) *Iron age*, 25 juillet 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS MÉCANIQUES

DISTRIBUTION DE FORCE PAR L'EAU SOUS PRESSION DANS LES VILLES PAR M. E.-B. ELLINGTON (1).

Les plus importantes parmi ces distributions sont indiquées au tableau page 1125. Celles de Glascow et de Manchester sont remarquables par leur très haute pression : 80 atmosphères, adoptée pour pouvoir desservir le plus économiquement possible les nombreuses presses à baller le coton et autres. Chacune des usines centrales de Glascow et de Manchester renferme (fig. 1) six machines compound verticales de

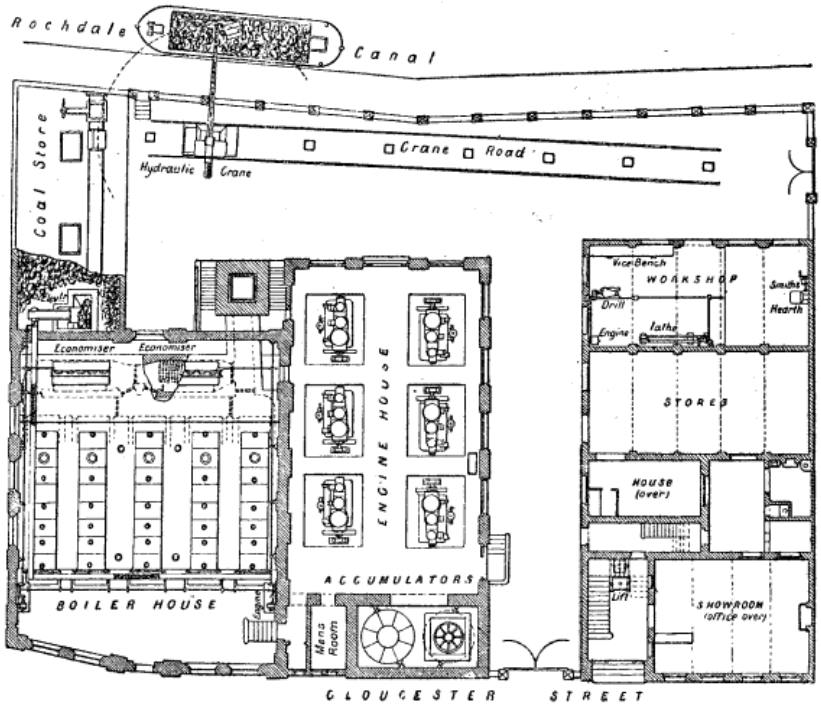


Fig. 1. — Station hydraulique de Manchester, plan.

200 chevaux chacune, soit en tout 1 200 chevaux, puissance reconnue, en général, comme la plus économique d'entretien et d'établissement, d'après l'expérience acquise dans d'autres installations, notamment dans celle de Londres.

Les cylindres des machines de Glascow ont respectivement 380, 560 et 915 millimètres de diamètre sur 610 de course, avec manivelles à 120° se suivant dans l'ordre des cylindres de haute pression, basse pression et intermédiaire, qui actionnent directement les pompes de 330 de diamètre sur 400 de course ; condenseur à surface de $49^{mc},20$; volant de $2^{m},10$, pesant 2 tonnes ; pression d'admission $10^{kil},50$, réduite à $8^{kil},50$

(1) Extrait du mémoire Public Hydraulic Power Supply. Notes on Hydraulic Power Supply in Towns : Glascow, Manchester, Buenos-Ayres, etc., lu à la session de juillet 1895 de l'*Institution of Mechanical Engineers.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pour Glascow; dépense probable, d'après les résultats de la station analogue de Wapping-Londres, 6kil,40 d'eau par cheval à heure indiqué.

Distributions actuelles d'eau sous pression

	Date de l'établissement.	Longueur des conduites. KILOM.	Diamètre maximum des conduites. MILLIM.	Puissance indiquée des machines. CHEVAUX.	Débit en mètres cubes par semaine.	Nombre des machines desservies.	Pression dans les conduites KILOG.
Hull.	1877	4	150	250	450 à 2 270	58	50
Londres . . .	1884	122	180	3 400	43 000	2 300	53
Liverpool . .	1888	29	150	800	4 500	453	56
Melbourne . .	1889	29	150	800	6 800	413	53
Birmingham .	1891	5,6	150	52	350		50
Sydney. . . .	1891	19	150	688	3 360	200	53
Anvers. . . .	1894	7,2	305	1 000	15 000	turbines à 3 stations	53
Manchester. .	1894	19	150	800	4 500	247	80
Glascow . . .	1895	14,5	180	600			80

Les chaudières sont, à Manchester, du type Lancashire, à foyer intérieur, de 2m,30 de diamètre et de 9m,10 de long, et au nombre de cinq. A Glascow, il y en a sept, de 2m,10 de diamètre et de 9m,10 de long, avec appareils Watmun pour augmenter la circulation; les trois machines actuellement installées sont alimentées par quatre chaudières. L'installation est complétée, à Glasgow et à Manchester, par deux économiseurs réchauffeurs Green, de 160 tubes chacun. Les chaudières du type Fairbairn Beeley, employées à Londres (fig. 5 à 7) également avec ces économiseurs, ont vaporisé à l'essai 13kil,44 d'eau prise à 100° par kilo de houille de Hixon sèche d'une puissance de vaporisation théorique totale de 15kil,5 : rendement thermique de la chaudière et des économiseurs, 86,7 p. 100.

A Manchester et à Glascow, chacune des usines a deux accumulateurs de 430 millimètres de diamètre sur 7 mètres de course, chargés d'un poids net de 127 tonnes, non compris celui du piston.

Chacune des machines peut, à 60 tours, ou à la vitesse du piston de 1m,20 par seconde, débiter 18 litres par seconde; mais, d'ordinaire, elles marchent à 50 tours seulement. Avec 5 machines, les stations peuvent donc débiter par heure 26 mètres cubes à la pression de 80 atmosphères. Les cinq machines de l'usine de Wapping ont débité au maximum, à 45 tours, 300 mètres cubes à 56 kilos. Les irrégularités de la demande (fig. 3) rendent nécessaire la division des machines en unités ne dépassant pas 200 chevaux.

L'eau est fournie, à Glascow et à Manchester, directement par les conduites de la ville, sans pompage ni filtration, dans des réservoirs tenant respectivement 1 040 et 908 mètres cubes, tandis qu'à Londres, où l'eau est pompée dans la Tamise, il a fallu un réservoir de pompage de 1 090 mètres cubes, avec réservoirs d'eau filtrée de 2 270 mètres cubes.

A Glascow, la canalisation principale se compose de quatre conduites maîtresses, avec valves tous les 400 mètres; les conduites secondaires ont une valve à chaque bout, de sorte que la plupart des abonnés sont desservis par deux conduites. Le diamètre maximum, de 150 millimètres à Manchester, est de 180 à Glascow, pour tenir compte d'une tendance au rétrécissement par le fait de l'action corrosive des eaux de Glascow.

Les joints sont (fig. 7) du type adopté pour la canalisation de Londres, à em-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

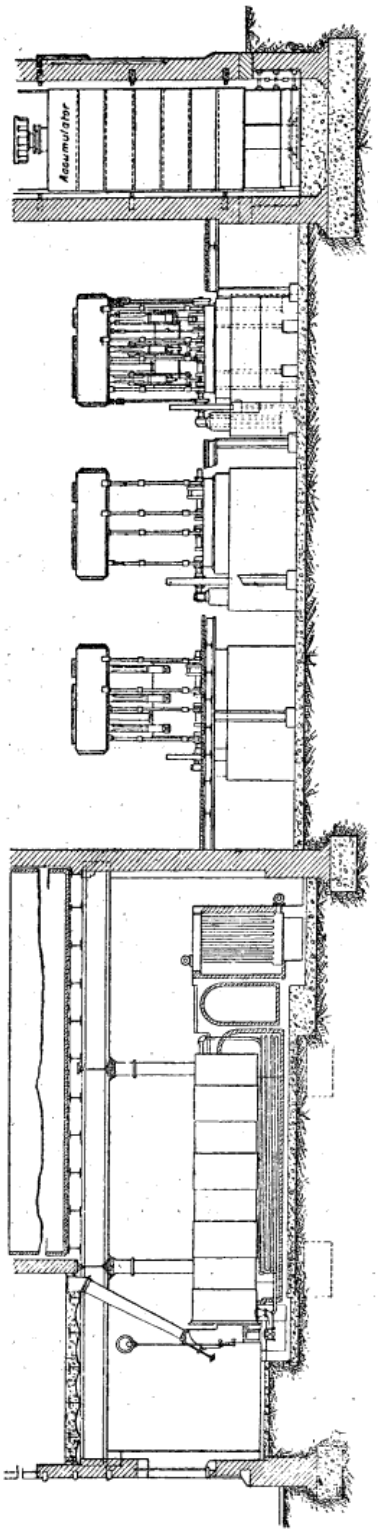


Fig. 2. — Usine de Glascow : disposition des machines et des chaudières.

boîtement avec garniture de caoutchouc en V : le recul des brides, calculé (fig. 8 à 11) de manière à laisser aux extrémités des tuyaux une projection considérable, en a beaucoup augmenté la résistance sans en accroître le poids, au point que l'on n'a guère constaté, pendant ces deux dernières années, qu'une seule rupture de bride occasionnée par un affaissement du terrain.

La puissance totale fournie par l'installation est évaluée au moyen des compteurs de tours des machines, qui donnent immédiatement le débit de l'eau. Ces compteurs sont relevés à Londres toutes les douze heures : à 6 heures du matin et à 6 heures du soir. Toutes les six ou sept semaines, on relève les compteurs d'eau des abonnés, dont les débits, comparés à celui des pompes, permettent d'évaluer les fuites ou, plus exactement, l'exactitude du comptage de l'eau. Le rapport de l'eau comptée à l'eau débitée par les machines est, en moyenne, de 0,92 à Londres et de 0,96 à Liverpool, sans jamais s'abaisser au-dessous de 0,856. Les principales sources de ces erreurs sont : les fuites aux clapets d'aspiration, aux conduites et aux garnitures de leurs vannes ; les pertes d'eau en temps de gelée, par la nécessité de dépenser une certaine quantité d'eau à entretenir une circulation empêchant la congélation ; les défauts des compteurs et les fuites aux machines des abonnés, dont l'eau n'est comptée, en général, qu'à l'échappement.

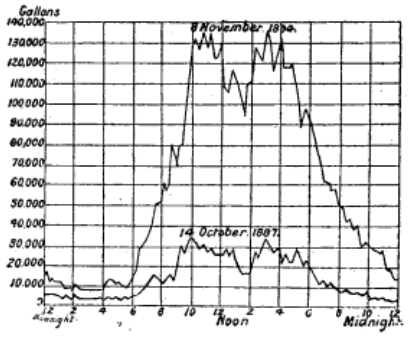


Fig. 3. — Variations du débit de l'usine de Wapping en 24 heures, de minuit à minuit.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'on emploie, pour évaluer le débit de la canalisation, des compteurs automatiques constitués par un tambour mû par un mécanisme d'horlogerie, et sur le papier duquel

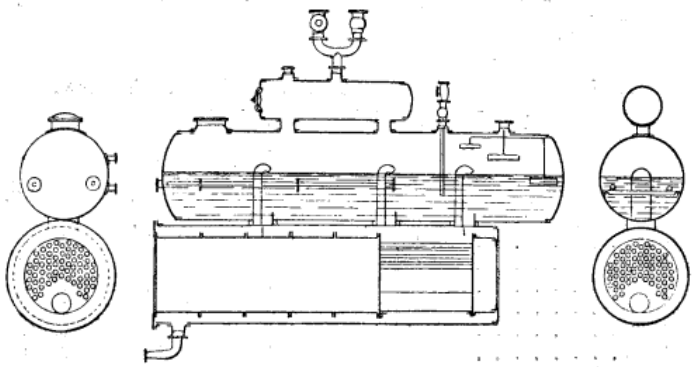


Fig. 4 à 6. — Chaudière Fairbairn Beeley.

une série de styles, actionnés par des électro-aimants, marque un point chaque fois que l'une des machines de la station a fait 100 tours.

Le relevé journalier de ces compteurs permet de suivre toutes les variations du débit. La connaissance du débit maximum permet d'établir les facteurs de charges

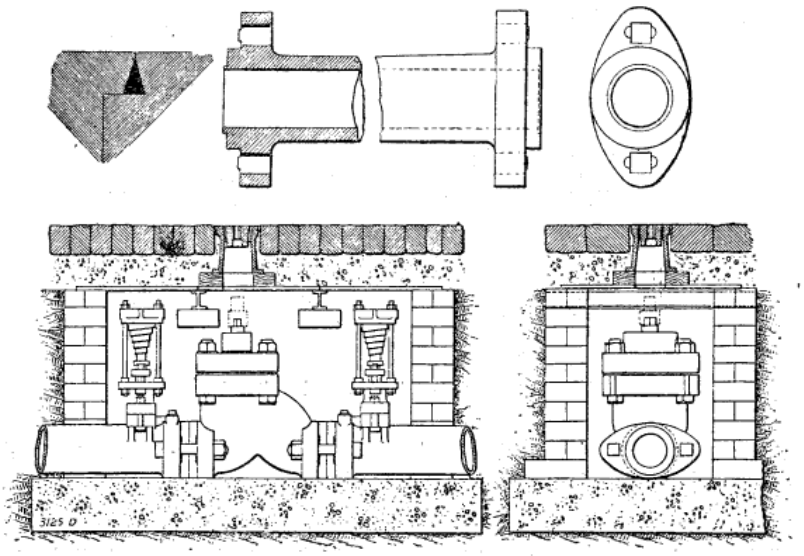


Fig. 7 à 9. — Détails des joints, des brides et des bornes. Canalisations de Manchester et Glascow.

ainsi que la puissance maxima nécessaire pour le fonctionnement d'un certain nombre de machines; celle du débit minimum, correspondant à la marche presque à vide, renseigne sur l'état de la canalisation et des machines des abonnés. Ce débit minimum augmente un peu plus vite que le débit maximum, qui suit à très peu près le débit moyen,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ainsi qu'on le voit par les chiffres du tableau ci-contre, emprunté aux renseignements fournis par la distribution de Londres. On y remarquera l'accroissement du débit minimum depuis 1890, attribuable principalement aux défauts des compteurs et des machines des abonnés.

Variations du débit de la distribution de Londres pendant les trimestres de juin.

Années.	Débit total.	Débit par heure.		Facteur de charge annuel (1).
		maximum.	minimum.	
	mèt. cubes.	mèt. cubes.	mèt. cubes.	
1888.	135 000	180	5,45	0,286
1889.	181 000	227	7,70	0,328
1890.	218 000	278	7,30	0,306
1891.	296 080	360	15,20	1,339
1892.	350 000	418	18,20	0,326
1893.	375 000	455	20,45	0,323
1894.	440 800	500	21,80	0,338

En temps ordinaire, les 122 kilomètres de la station de Londres communiquent librement entre eux; mais on peut, au besoin, les diviser en quatre sections distinctes, de manière à reconnaître par l'observation du manomètre celle de ces sections où il se serait produit une dépense anormale, et à pouvoir y localiser la fuite. Cette locali-

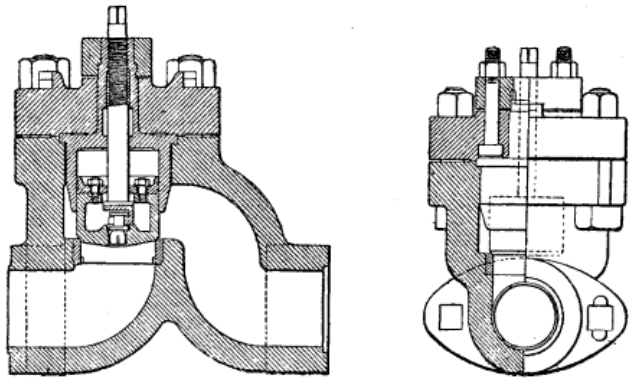


Fig. 10 et 11. — Détail d'une valve d'arrêt.

sation se détermine ordinairement par le bruit que fait l'eau traversant une valve mal fermée, et que l'on perçoit au moyen d'une tige de fer appuyée sur la valve et à l'oreille. Cette recherche, qui se fait sans cesse, est très délicate, parce que l'on ne peut pas arrêter la distribution, et en raison de la très faible importance relative des fuites à reconnaître : en 1894, ces fuites s'élevèrent à 30 900 mètres cubes sur 503 000, soit à 6,22 p. 100, ou à 2 p. 100 du débit maximum, réparti sur 122 kilomètres de canalisations et 2 200 machines, équivalant, sous la pression de 52 atmosphères, à un jet de 8 millimètres de diamètre. On s'est vu obligé, pour diminuer le plus possible ces pertes, de soumettre les installations des abonnés à des inspections fréquentes et à

(1) Rapport du débit moyen au débit maximum par heure.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

surveiller constamment les compteurs, etc. En fait, on est ainsi parvenu à réduire la perte moyenne à 7 p. 100, de 1886 à 1894, ce qui constitue un très beau résultat.

Les grandes gelées de 1894 n'ont pas endommagé les canalisations de Londres; mais il a fallu, pour maintenir la circulation pendant les dimanches, pomper en pure perte environ 5300 mètres cubes; et, ceci réservé, la perte moyenne ne dépassa pas 9 p. 100. Le sol, gelé jusqu'à $0^m,90$, était si dur que l'eau de quelques conduites rompues ne pouvait le traverser et passait dans les maisons. Dans quelques cas, l'eau refoulée entre le pavage en bois et son béton le faisait flotter et ne s'échappait finalement qu'à une centaine de mètres de la fuite, puis le pavage se reposait de lui-même en parfait état. L'une des conduites principales, que l'on avait fermée à un bout, se contracta par le froid au point que les joints s'ouvrant furent entourés d'anneaux de glace. Dès que l'on s'en aperçut, on remit cette conduite dans la circulation générale de l'eau à 15°; les joints se dégelèrent et reprirent automatiquement leur étanchéité. Cet échauffement de l'eau se faisait par son passage dans les condenseurs à surfaces; mais, avec

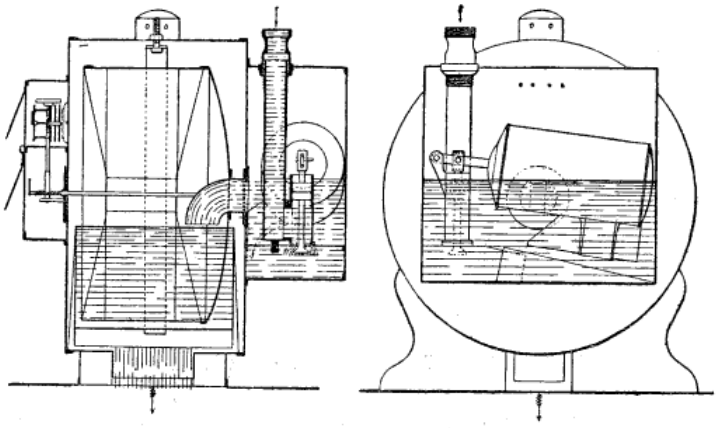


Fig. 12 et 13. — Compteur à basse pression *Parkinson*.

les nouvelles machines à triple expansion, on ne pouvait guère, en marche normale, l'échauffer à plus de 5°; pour arriver à 15°, il fallait réduire le vide aux condenseurs, et, par conséquent, l'économie des machines.

L'emploi des économiseurs, analogues à ceux de la figure 2, n'est pas toujours sans inconvénients. Celui des chaudières de Wapping a permis d'abaisser la température du gaz de la cheminée à 115°, et à 20° celle de l'eau venant de la bâche du condenseur à l'économiseur; mais il a fallu, après trois ans, renouveler complètement l'économiseur miné par l'oxydation, de sorte qu'il coûtait en définitive très cher, et que l'on a pris le parti de se résigner à une température plus élevée du condenseur.

Compteurs. — L'adoption de compteurs à haute pression paraissait s'imposer *a priori* parce qu'ils permettent de mesurer intégralement toute l'eau dépensée, indépendamment des dispositions particulières prises par l'abonné; mais ils coûtent cher, et ils doivent être entièrement desmodromiques, ou, comme on dit quelquefois, positifs. Or, les compteurs de ce genre ne peuvent pas enregistrer les débits très faibles et prolongés, ils opposent une grande résistance aux forts débits, et peuvent, s'ils se

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dérangent, arrêter complètement la fourniture de l'eau, inconvénient bien supérieur à une inexactitude temporaire du compteur. En somme, on a donné la préférence aux compteurs à basse pression, mesurant l'eau à l'échappement des machines, et le choix s'est porté sur le compteur Parkinson (fig. 12 et 13). S'il s'arrête, la bâche d'échappement déborde, et l'on est vite averti. Les indications de ce compteur, rigoureusement exactes avec de l'eau pure, sont rapidement faussées par la présence des impuretés : poussières, huiles, etc. Cet inconvénient n'existe pas avec les compteurs positifs à basse pression de Kent (fig. 14 et 15) largement adoptés à Londres, et qui occupent moins de place ; mais ils n'enregistrent pas aussi exactement les petits débits : ils sont, en somme, mieux adaptés aux hautes pressions, et même indispensables dans certains cas où l'on est obligé d'employer des compteurs de haute pression. Tel est, par exemple, le cas des London-Docks, qui ne sont alimentés qu'en partie par la canalisation de Wapping, le reste de la puissance hydraulique nécessaire étant fourni par les machines

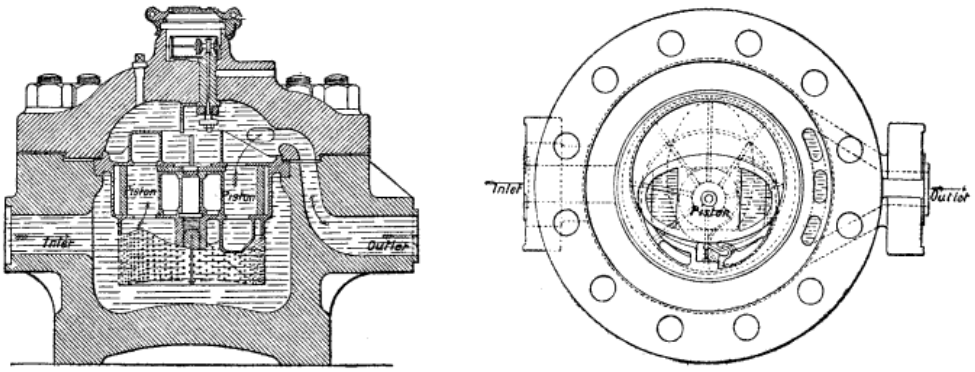


Fig. 14 et 15. — Compteur à basse pression *Kent*.

mêmes des docks. Les principales difficultés à vaincre dans les compteurs à hautes pressions proviennent du stuffing box qu'il faut maintenir étanche sans fausser leur axe, aussi mince que possible afin de ne pas perdre de pression. Les compteurs Kent se sont montrés encore exacts à 1 p. 100 près après un passage de 4 500 mètres cubes.

Applications. — Il s'agit de lutter contre le gaz, la vapeur et l'électricité. L'expérience a démontré que la transmission hydraulique l'emporte toutes les fois qu'il s'agit de travaux intermittents, comme ceux des appareils de levage. Nulle part on n'a prétendu actionner ainsi des machines à marche continue, sauf à Anvers, pour la production de l'électricité d'après un système qui ne paraît pas avoir fonctionné avec économie. On a bien, à Londres, dans quelques cas exceptionnels, actionné des dynamos par la puissance hydraulique. La meilleure disposition consiste à monter la dynamo directement sur l'axe d'une roue Pelton. Dans un essai exécuté aux Hydraulic Engineering Works, à Chester, en 1894, une roue Pelton de 457 m/ de diamètre, à 54 augets, faisant 1 671 tours par minute, avec un ajutage de 4mm,5 de diamètre, sous une charge de 51 kilos par centimètre carré, actionnant directement une dynamo Parker Elwell de rendement égal à 87 p. 100, a débité 37 ampères et quart sous 120 volts, soit 6 chevaux, avec une dépense de 1 litre et demi par seconde, correspondant à une puissance de 10 chevaux 15, c'est-à-dire avec un rendement total de 59 p. 100. D'autres expériences parais-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sent indiquer que, même dans les conditions les plus favorables, on ne peut espérer un rendement supérieur à 66 p. 100.

Comparaison entre les distributions hydraulique et électrique. — Il résulte de la comparaison établie d'après les résultats d'exploitation de la London Hydraulic Power C°, et de la Westminster Electric Corporation C°, dont les réseaux sont parfaitement comparables, que les prix de revient d'une même puissance, l'une hydraulique et l'autre électrique, et prises à la station centrale, sont dans le rapport de $\frac{1}{1,8}$. Néanmoins, la puissance totale, le capital engagé et le taux de l'abonnement par cheval-heure ont été les mêmes, pendant l'année 1894, pour les deux distributions, en prenant comme équivalent à une unité de puissance électrique du Board of Trade (1) un débit de 700 litres d'eau à 52 kilos. On voit que, dans ce cas, la puissance électrique coûte beaucoup plus cher, bien que la distribution de Westminster soit



Fig. 16. — Installation de Buenos-Ayres.

l'une des plus considérables et des moins coûteuses. La distribution hydraulique de Londres est de beaucoup la plus étendue et la plus puissante, mais pas la plus économique. On doit certainement attribuer ce prix élevé de l'électricité, en grande partie, au faible coefficient d'utilisation moyenne de la puissance totale du réseau : 18 p. 100 au lieu de 33 p. 100 pour le réseau hydraulique; mais ce n'en est pas la seule raison, car cette même infériorité économique se maintient pour des réseaux, comme ceux de Pall Mall et de Saint-James, dont le coefficient d'utilisation est beaucoup plus élevé. D'autre part, si le coefficient d'utilisation de la distribution hydraulique, évalué d'après le débit maximum de l'année, est bien de 33 p. 100, ce même coefficient, rapporté au fonctionnement de l'ensemble du réseau pendant toute l'année, n'est plus que de 20 p. 100; en d'autres termes, il y a presque toujours en réserve le tiers et même la moitié de la puissance disponible, condition qui se rapproche en fait de celle des distributions électriques.

D'après les résultats obtenus à Anvers, dans les conditions les plus avantageuses, l'on ne saurait préconiser l'emploi du système hydro-électrique, sinon dans des cas

(1) 1 kilowatt ou 1 cheval-heure 34, rendu en énergie électrique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

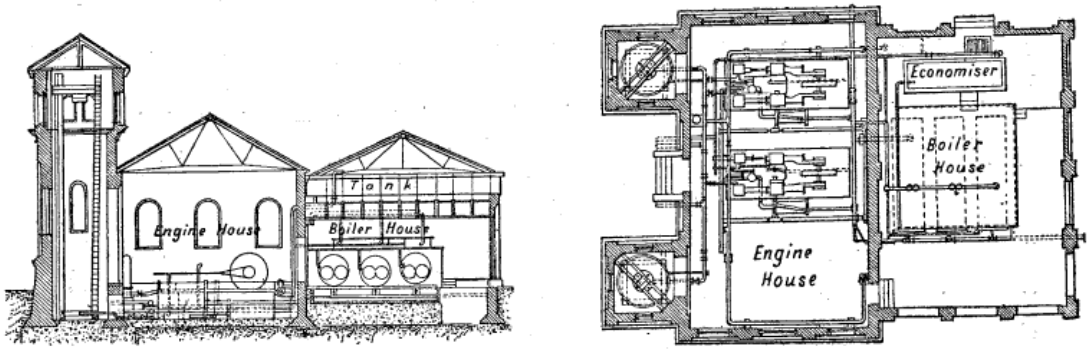


Fig. 17 et 18. — Buenos-Ayres. Usine centrale.

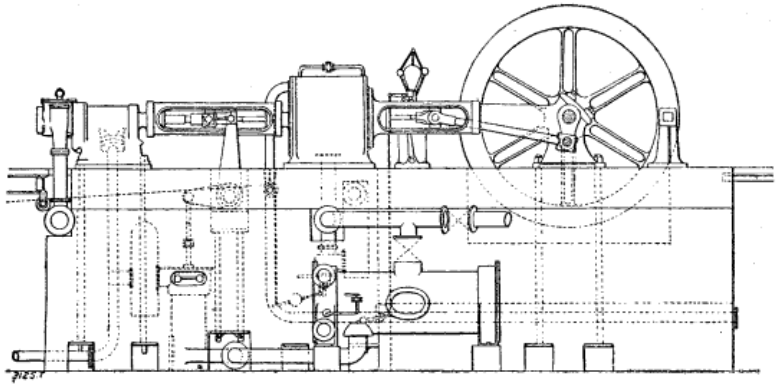


Fig. 19. — Machine et pompe de l'usine centrale de Buenos-Ayres.

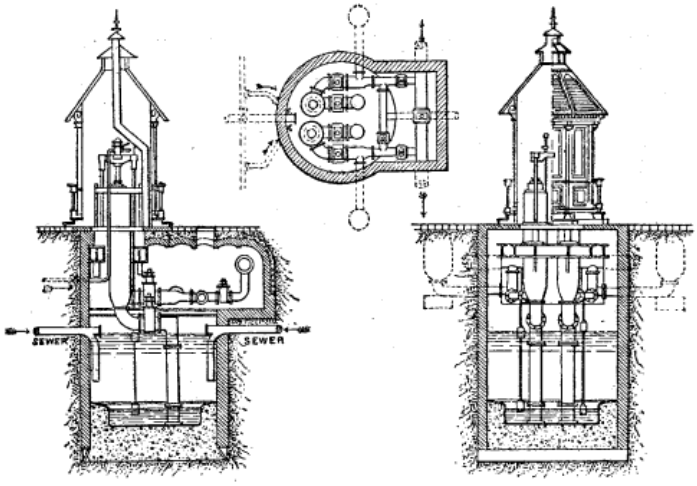


Fig. 20 à 22. — Buenos-Ayres. Ensemble de l'installation d'une pompe d'égout.

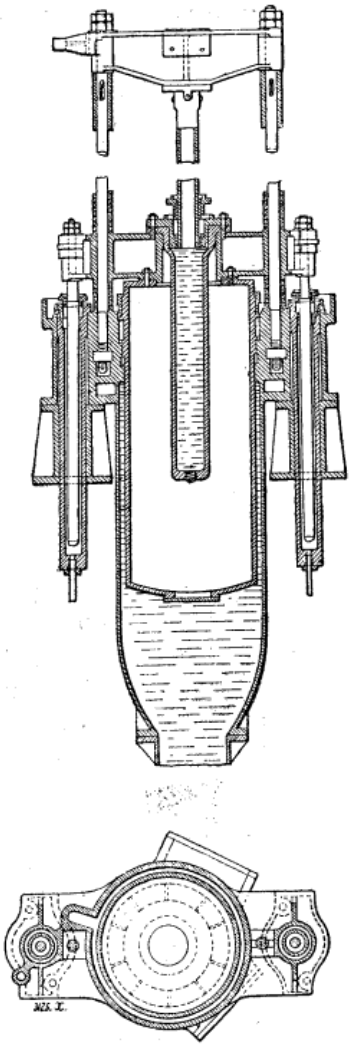


Fig. 23 et 24. — Pompe d'égout de Buenos-Ayres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

particuliers restreints. C'est, en effet, comme nous l'avons dit, principalement pour la commande des machines à travaux discontinus que l'hydraulique présente le plus grand avantage. Pour les machines rotatives marchant sans interruption pendant plusieurs heures, l'électricité ne revient en général pas plus cher. A Londres, dans ce cas, la puissance hydraulique revient à 0 fr. 30 par cheval-heure effectif; pour les très petites forces, il paraît difficile de descendre plus bas.

Application au drainage des villes. — M. R.-C. Parsons a fait à Buenos-Ayres une application intéressante de la distribution de puissance hydraulique au drainage des rues par l'intermédiaire de pompes automatiques remplaçant les égouts (fig. 16).

La station centrale comprend (fig. 17 à 19) deux machines à vapeur Compound horizontales, avec condenseurs à surfaces, cylindres de 385 et 685 millimètres de diamètre sur 560 de course, commandant chacune directement une pompe à double effet de 127 millimètres sur 510 de course, pouvant débiter 130 litres par seconde à 58 tours par minute. On a réservé la place pour une troisième machine. Ces machines reçoivent leur vapeur de trois chaudières type Lancashire de $1^m,80$ de diamètre, $6^m,70$ de long, avec économiseurs Green de 120 tubes. L'eau est fournie par un réservoir qui forme le toit de la salle des machines, et qui est alimenté par la canalisation de la ville : pendant la grande chaleur, on marche sans condensation. Les deux accumulateurs, de 460 millimètres sur 6 de course, fournissant l'eau sous pression à 52 kilomètres.

La canalisation, essayée sur place à 100 atmosphères, a (fig. 16) 14 kilomètres de long, en double à chaque pompe d'égout, avec tuyaux de 130 et 50 millimètres de diamètre. Le système comprend 17 pompes (fig. 21 à 24) en double, à chaque prise à simple effet, à plongeurs de 750 $^m/_m$ de diamètre, dont 22 de $0^m,90$ de course et 12 de $1^m,20$: vitesse maxima, 10 doubles courses par minute. L'eau sous pression, admise aux cylindres latéraux (fig. 22), soulève les plongeurs, puis s'évacue, à la descente du gros plongeur, par le cylindre central. Ces pompes sont mises successivement en mouvement par des flotteurs, à mesure que leurs puits se remplissent par les eaux des ruisseaux, qu'elles refoulent dans un égout principal, avec l'eau motrice qui lave les plongeurs et dilue les eaux d'égout.

Les machines ont dépensé, aux essais, $1_k,04$ de charbon par cheval-heure en eau pompée, soit environ 2 kilos par cheval aux pompes d'égout, en estimant à 50 p. 100 le rendement de la distribution. Les pompes d'égout utiliseraient ainsi environ 40 p. 100 de la puissance indiquée aux machines de la station centrale, ce qui serait un très beau résultat, étant données les variations extrêmes de la marche de ces pompes.

G. R.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PROGRAMME DU CONCOURS OUVERT PAR L'ASSOCIATION DES INDUSTRIELS DE FRANCE POUR LA CRÉATION D'UN APPAREIL DE CABINETS D'AISANCES

L'Association des industriels de France contre les Accidents du travail ouvre un concours public pour la création d'un *appareil de cabinets d'aisances* pour usines ou ateliers, comme elle l'a fait déjà avec succès, en 1892 et 1893, pour la création de Lunettes d'atelier et de Masque-respirateur contre les poussières.

Cet appareil de cabinets d'aisances devra remplir les conditions suivantes :

1° Il devra être disposé de manière que le visiteur ne puisse monter dessus;

2° Le visiteur étant assis ou ayant la position d'une personne assise, l'appareil devra recevoir la totalité des urines et des matières solides, sans que des projections puissent souiller les cabinets ni le visiteur;

3° Cet appareil devra être établi de manière à éviter toute contamination par contact;

4° Il devra être solide, simple de construction et absolument imperméable;

5° L'installation et l'entretien devront être faciles;

6° Il devra être d'un prix relativement modique.

Les concurrents devront adresser, en double exemplaire, au Président de l'Association, 3, rue de Lutèce, à Paris, l'appareil qu'ils auront créé.

Ces envois devront être faits avant le 31 décembre 1895.

Le système sera la propriété de l'inventeur, mais les deux exemplaires des appareils récompensés appartiendront à l'Association.

Une Commission spéciale sera chargée de l'examen des modèles proposés et de leur classement; elle fera son rapport au Conseil de Direction de l'Association, qui pourra décerner **un prix de 1000 francs** au candidat placé au premier rang, ou diviser cette somme suivant le mérite des appareils présentés.

Il pourra être, en outre, décerné des mentions honorables.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PROCÈS-VERBAUX

Séance du 26 Juillet 1895.

Présidence de *M. Mascart*, président.

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

M. Lippmann adresse ses remerciements pour le grand prix de 1 200 francs qui vient de lui être accordé par la Société.

M. Widmann, ingénieur à la Société des Forges et Chantiers de la Méditerranée, remercie le Conseil de sa nomination comme membre de la Société.

La Société pour l'intruction élémentaire primaire professionnelle et commerciale adresse une invitation à sa 80e assemblée générale.

M. Luigi y Guano, ingénieur, 18, rue de Lyon, demande l'appui de la Société pour une invention permettant la *navigation fluviale pendant les grandes gelées*.

M. G. Fauquet, à la Foudre, Petit-Quevilly-lès-Rouen, soumet à l'appréciation de la Société une nouvelle *carde à chapeaux tournants*.

Correspondance imprimée. — MM. les Secrétaires présentent au Conseil les ouvrages signalés à la page 891 du *Bulletin* de juillet, avec remerciements aux donateurs.

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

M. Herscher, ingénieur des Mines, présenté par *MM. Haton* et *Le Châtelier*.

M. Ferrand, ingénieur de la Marine, présenté par *MM. Bienaymé* et *Richard*.

M. le comte de Bondy, président du Conseil d'administration des Chantiers de la Gironde, présenté par *MM. Bienaymé* et *Richard*.

M. Schlumberger, chimiste, présenté par *MM. Aimé Girard* et *de Luynes*.

M. Collignon (Félix), directeur à la Compagnie Asturienne, présenté par *MM. Le Châtelier* et *Richard*.

M. Diligeon, ingénieur des Arts et Manufactures, présenté par *MM. Rozé* et *Le Roux*.

M. d'Eichthal, ingénieur des Mines, présenté par *MM. Haton* et *Le Châtelier*.

M. Lippmann, présenté par *MM. Mascart* et *Richard*.

M. Plichon (Max), ingénieur civil des Mines, 56, rue Lourmel, présenté par *MM. Mascart* et *Le Châtelier*.

M. le baron Quinette de Rochemont, inspecteur général des Ponts et Chaussées, présenté par *M. Le Châtelier*.

M. Weiss, ingénieur des Mines, présenté par *MM. Haton* et *Le Châtelier*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Frœnkel, manufacturier, présenté par *MM. Olivier* et *Le Châtelier*.

MM. Brin et Brin, manufacturiers, présentés par *MM. Olivier* et *Le Châtelier*.

M. Desmarres, ingénieur des Mines, présenté par *M. Haton* et *Le Châtelier*.

M. Lazerges, ingénieur à la Compagnie française des métaux, présenté par *MM. Haton* et *Le Châtelier*.

M. Bigillion, agent de la Société Le Nickel, présenté par *MM. Baclé* et *Le Châtelier*.

M. Gabriel Col, manufacturier, présenté par *MM. Aimé Girard* et *Bardy*.

M. Guéroult, ingénieur à la cristallerie de Baccarat, présenté par *M. Le Châtelier*.

M. Worms de Romilly, ingénieur en chef des Mines, présenté par *MM. Haton Le Châtelier*.

M. de Wendel, maître de forges, présenté par *MM. Haton* et *Le Châtelier*.

M. Ferry, maître de forges, présenté par *M. Le Châtelier*.

M. Lemonnier, ingénieur des aciéries de Longwy, présenté par *MM. Haton* et *Richard*.

M. Nouel, ingénieur à la Compagnie de Châtillon et Commentry, présenté par *MM. Haton* et *Le Châtelier*.

M. de Clausonne, ingénieur des Mines, présenté par *MM. Haton* et *Le Châtelier*.

Souscriptions en faveur du comité des alliages. — M. le Président annonce que la Société a reçu pour les travaux entrepris par son Comité des alliages les souscriptions suivantes :

Sociétés des métaux.	500 fr.	Compagnie du chemin de fer de l'Ouest.	500 »
Société royale asturienne	1 000 »	Compagnie du chemin de fer du Nord..	500 »
Aciéries de Saint-Chamond	500 »	Compagnie du chemin de fer de l'Est..	500 »
Compagnie du chemin de fer d'Orléans.	500 »	Compagnie des Forges de Châtillon et Commentry.	1 000 »
Compagnie du chemin de fer Paris-Lyon-Méditerranée	500 »	M. Solvay	1 000 »
Compagnie du chemin de fer du Midi.	500 »		

Il remercie vivement les donateurs de leur générosité et de la confiance qu'ils témoignent à la Société d'Encouragement, dont on ne saurait mieux seconder la mission.

Rapports des comités. — *M. A. Tresca* présente, au nom du Comité des Arts mécaniques, deux rapports, l'un sur une *machine à réduire et à sculpter de M. le capitaine Chastanet* (1), et l'autre sur un *compteur d'eau de M. Samain* (2). Les conclusions de ces rapports sont adoptées.

(1) *Bulletin* d'août, p. 955.
(2) *Bulletin* de juillet, p. 848.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

COMMUNICATIONS. — *M. Foncin* présente une communication sur l'*Alliance française*.

L'Alliance française, fondée en juillet 1883, compte aujourd'hui près de trente mille adhérents, en France, dans les colonies et à l'étranger. Elle a été approuvée par arrêté du ministre de l'intérieur en date du 24 janvier 1884. Elle a été reconnue comme établissement d'utilité publique par décret du Président de la République en date du 23 octobre 1886.

But. — L'Alliance française se propose :

1° Dans nos colonies et dans les pays de protectorat, de faire connaître et aimer notre langue, car c'est peut-être le meilleur moyen de conquérir les indigènes, de faciliter avec eux les relations sociales et les rapports commerciaux, de prolonger au delà des mers, par des annexions pacifiques, la race française qui s'accroît trop lentement sur le continent;

2° Partout ailleurs, d'entrer en relations : avec les groupes de Français établis à l'étranger, afin de maintenir parmi eux le culte de la langue nationale; avec les amis de la langue et de la littérature françaises, quels que soient leur race, leur nationalité et leur culte, afin de resserrer les liens de sympathie littéraire et morale qui unissent la France aux autres peuples ; de seconder, soit dans le Levant, soit dans les contrées encore barbares, les missionnaires français des divers cultes ou les maîtres laïques français, pour la fondation et l'entretien d'écoles enseignant la langue française.

Moyens d'action. — La fondation d'écoles et de cours d'adultes; des subventions accordées aux écoles qui existent déjà; l'introduction de cours de français dans les écoles qui en sont dépourvues; la distribution de récompenses propres à assurer la fréquentation des écoles, à stimuler le zèle des élèves, à honorer celui des maîtres et des bienfaiteurs de l'Alliance; l'envoi de livres français aux bibliothèques des écoles, cercles et comités des sociétés françaises, des Universités, etc.; le recrutement de professeurs de français pour les établissements d'instruction à l'étranger; l'organisation de conférences, etc. La publication d'un Bulletin bimensuel. Des cours de langue et de littérature françaises pour les étrangers, professés au siège de l'Alliance française en juillet et août.

Utilité et résultat. — « *Tout client de la langue française devient un client des produits français.* » La diffusion de la langue française hors de France offre un moyen très efficace et très pratique d'accroître les relations, de *faciliter les exportations du commerce français* et, par conséquent, *d'augmenter la production nationale.* Notre Association dépense annuellement, en secours et dons de toute sorte, près de 145 000 francs. Elle a distribué des subventions à plus de 260 écoles. Elle a fondé 104 comités de propagande en France, et 75 comités d'action à l'étranger. Elle s'est assuré le concours de 156 délégués.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'Alliance française s'adresse avec confiance aux hommes de bonne volonté de toutes les opinions, de tous les partis, à tous ceux qui aiment leur pays ou qui considèrent la France comme une seconde patrie.

Situation financière. — La situation financière de l'Alliance française a suivi la progression suivante :

	Recettes.	Dépenses.		Recettes.	Dépenses.
1883.	14.295 »	3.699 05	1889.	97.514 07	60.683 22
1884.	65.211 90	33.239 95	1890.	88.213 95	71.773 35
1885.	58.582 65	56.287 75	1891.	85.493 60	80.069 10
1886.	60.374 35	56.351 80	1892.	146.673 15	89.848 75
1887.	61.006 85	60.187 35	1893.	127.328 60	100.312 80
1888.	80.546 94	60.818 54			

La situation financière de la Trésorerie générale, comprenant la réserve accumulée depuis la création de l'œuvre, était la suivante en 1894 :

Recettes.			Dépenses.		
Membres annuels. Paris.	13.311 60		Loyer et contributions. . . . . Fr.		2.416 95
Membres annuels. Province.	50.411 95		Mobilier et matériel.		685 65
Membres annuels. Étranger.	3.967 75	67.894 30	Personnel		12.215 10
Suventions : Ministères et Conseils généraux. . .	26.550 »		Frais de bureaux.		1.483 10
Dons.	7.111 10		Frais de recouvrement de cotisations.		575 65
Legs : legs Giffard . . .	100.006 »	100.006 10	Gratifications et étrennes.		824 65
Membres perpétuels et fondateurs	» »	8.400 »	Frais de correspondance		1.278 15
Divers (remboursements d'avances pour envois de livres et médailles à des correspondants). .	» »	9.534 20	Éclairage et chauffage.		415 55
Abonnements à l'*Alliance Illustrée*		1.972 50	Achats de livres et de médailles envoyés à des correspondants. . . .		8.085 »
Publicité dans le Bulletin.	» »	1.940 »	Impression et expédition d'imprimés	5.286 30	
Cours de vacances. . . .	» »	1.471 »	Frais de conférences, assemblée générale, exposition du Livre. . . .	1.254 50	6.540 80
Coupons échus, 2e semestre 1893 et 1er semestre 1894 :			Frais d'impression du Bulletin	19.942 45	27.189 75
87 obligations Nord, 2 semestres.	1.252 80		Frais d'impression . . .	7.247 30	27.189 77
50 obligations P.-L.-M. 2 semestres.	720 »		Frais d'impression de l'*Alliance Illustrée*. . .	7.208 80	
7 obligations tunisiennes, 2 semestres. . .	105 »		Frais d'expédition. . . .	3.725 65	10.937 45
50 obligations Est, 2 semestres.	720 »		Allocations en espèces. .	50.836 50	
1/4 obligation Ville de Paris 1886, 2 semestres.	2 66		Allocations en livres, matériel scolaire et médailles	13.353 40	
			Frais d'emballage et de port	2.388 15	66.578 05
			Cours de vacances . . .		2.186 50
			Total des dépenses.		141.412 35
			Actif net au 31 décembre 1891 :		
			Valeurs en dépôt. Réserve.	255.232 25	

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Recettes.			Dépenses.		
1 obligation Unifiée d'Égypte, 2 semestres.	20 12		Espèces en compte courant	29.005 05	
14 obligations Est, 2 semestres.	201 60		Espèces en caisse à l'Alliance.	311 95	284.550 15
Intérêts sur 50 fr. de rente 4 1/2 0/0, 3 trimestres.	37 50		Total général.		425.962 50
Intérêts sur 1.762 fr. de rente 3 0/0, 4 trimestres.	1.762 »				
Intérêts sur 153 fr. de rente 3 0/0, 3 trimestres.	114 75				
Intérêts sur 38 fr. de rente 3 1/2 0/0, 1 trimestre	9 50				
Intérêts sur compte courant, 2e semestre 1893.	467 25				
Intérêts sur compte courant, 1er semestre 1894.	433 01				
Boni sur une obligation Est sortie au pair. . .	50 66				
Boni sur conversion du 4 1/2 0/0 en 3 1/2 . . .	8 10	5.901 95			
Total des recettes.		230.781 05			
Actif net au 31 déc. 1893 : Valeur en dépôt. . . .	148.464 75				
Espèces en compte courant	41.668 25				
Espèces en caisse à l'Alliance.	5.048 45	105.181 45			
Total général.		425.962 50			

Dans cette situation ne sont pas comprises les recettes et dépenses de nos comités d'action de l'étranger qui perçoivent et dépensent sur place, pour l'entretien de leurs écoles, bibliothèques, etc., le montant des cotisations de leurs adhérents. Ces dépenses s'élèvent à la somme annuelle de 80000 francs environ.

M. le Président remercie M. Foncin de sa très intéressante communication qui sera renvoyée au Comité du Commerce.

Il annonce, avant de lever la séance, que la Société entre en vacances du 1er août au 15 octobre prochain.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

BIBLIOGRAPHIE

L'industrie minérale. Statistique, commerce et technologie dans les États-Unis et les autres pays en 1894 (1).

Ce volume est le troisième d'une publication très intéressante et de la plus haute importance, entreprise par M. *Richard P. Rothewell*, éditeur de l'*Engineering and Mining Journal* de New-York, qui consiste en une série de volumes paraissant chaque année et renfermant, sur les industries minérales et chimiques, un grand nombre de mémoires écrits par d'éminents spécialistes. Nous allons signaler brièvement les principaux travaux renfermés dans ce troisième volume.

Mémoire de M. Acheson, l'inventeur bien connu des meules en carburendun, sur les *substances abrasives et à polir :* carburendum, corindon, émeri, tripoli, rouge d'Angleterre, almantite, etc. Dans ce mémoire, M. Acheson donne de curieux détails sur l'emploi, comme matière abrasive, des « grains d'acier », et de l'*acier émeri* (Crushed Steel et Emery Steel) obtenus avec des aciers durs au creuset, trempés au blanc de manière à leur donner une structure cristalline, bocardés et broyés, recuits au jaune paille, puis refroidis à l'air et triés au tamis. Cet acier, presque aussi dur que le diamant, s'emploie, souvent mélangé à de la chaux afin d'en éviter l'oxydation, pour le sciage et le polissage des pierres, marbres, glaces, etc., mais on n'a pas encore pu l'agglomérer en meule. Il a souvent remplacé le diamant dans les perforatrices. Sa production s'est élevée, en 1893, à environ 250 tonnes, ce qui indique que son emploi est véritablement très répandu aux États-Unis.

Dans son mémoire sur l'*aluminium*, l'*alun* et le *sulfate d'alumine*, M. J. Enequist donne des renseignements inédits et très détaillés sur la fabrication du sulfate d'alumine en partant de la bauxite (procédés à l'acide sulfurique et méthodes pour éliminer le fer (Kynaston Newland Semper, etc.), procédés à la soude (Le Chatelier, Lœvig, Thomsen, Bayer), et la fabrication en partant de la cryolithe, en Danemark et à l'usine de Natrona, en Pensylvanie. Le sulfate d'alumine revient à environ 95 francs la tonne. Le mémoire traite ensuite de la fabrication de l'alun cristallisé : alun de potasse, en partant de la bauxite, — au prix de 135 francs la tonne en Amérique, — et de l'alunite (méthode italienne, presque abandonnée aujourd'hui), ainsi que par la méthode française : procédé Guyot; et aussi en partant des terres et schistes alumineux, à Whitby en Angleterre, et de diverses matières : kaolin, orthoclase, laitiers, etc.; fabrication de l'alun d'ammoniaque et de l'alun de soude : procédés Spence, Auge, Kessler; fabrication de l'alun de chrome; applications de l'alun; statistique de sa production aux États-Unis, en France, en Autriche, Allemagne, Italie, Angleterre... Actuellement, l'industrie des aluns n'est pas très prospère aux États-Unis, mais l'auteur pense, qu'en raison de la richesse de ses gisements de bauxite et de charbon, l'Amérique, qui importait en 1893 plus de 2 000 tonnes d'alun, ne tardera pas à se suffire et même à exporter ses produits.

Le chapitre consacré aux *industries chimiques diverses* renferme les mémoires suivants : *Fabrication électrolytique des alcalis* et de divers produits chimiques par

(1) The Mineral Industry its Statistics Technology and Trade in the United States and other Countries, to the End of 1894. 1 vol. in-8, 770 p. New-York, Scientific Publishing C°.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Titus Ulke : procédés Greenwood, Castner, Spilker et Lowe, etc. Perfectionnements récents de la fabrication de l'*acide sulfurique* par M. W. H. Adams : fours de grillage Adams-Spence, tours de Glover en fer, procédés Barbier, concentrateur Broom, avec foyer marchant au pétrole; prix de revient, 2 fr. 40 la tonne d'acide concentré de 48° à 66° Baumé.

La *métallurgie du cuivre*, qui a fait de grands progrès aux États-Unis dans ces dernières années, occupe une centaine de pages. M. T. Ulke donne d'intéressants détails sur le *raffinage électrolytique* du cuivre, dont la production a été de 70 000 tonnes environ, en 1894, aux États-Unis ; il décrit les procédés les plus récents de Hoepfner, Hugon, Randolph, Elmore, etc., puis il passe au traitement des cuivres argentifères, procédés Moebius, etc. L'une des principales usines est celle d'Anaconda, qui produit environ 50 tonnes de cuivre électrolytique par jour, avec deux dynamos Westinghouse de 500 chevaux chacune. L'usine de Great Falls produit 30 tonnes par jour. Le coût du raffinage d'un cuivre à 98 p. 100 serait extrêmement bas, inférieur à 0 fr. 05 le kilogramme. M. E.-D. Peters étudie les principales nouveautés de la métallurgie du cuivre : fours de grillage Pelatan, O'Harra, Allen, Fraser et Chalmers, etc., marchant souvent au pétrole, Pearce, Spence, Brown, etc. Il décrit ensuite les divers procédés de *bessemérisation* des mattes (Manhes, Austin, procédé mixte) et celle du cuivre, par convertisseurs de Parrot, de Fraser et Chalmers, d'Anaconda, des Great-Fals et de Copper-Queen; il donne, sur ces divers appareils, leur fonctionnement et leur prix de revient, des renseignements du plus vif intérêt. Ce chapitre se termine par la description des cubilots et des fours à réverbères employés dans les principales usines à cuivre des États-Unis. A l'usine d'Argo (Colorado) les fours à réverbères ont une sole de $10^{m},50 \times 4^{m},80$, leurs coulées vont jusqu'à 25 tonnes à 37 p. 100 de cuivre, résultant d'une fusion de 300 tonnes de minerai pendant six jours. Les fours d'Anaconda marchent avec de l'air préalablement chauffé à 370° par le rayonnement du four.

Le chapitre consacré à *l'or* et à *l'argent* renferme, outre de nombreux renseignements statistiques sur la production, la valeur et le monnayage de ces métaux dans toutes les parties du monde, un très intéressant mémoire de M. Janin sur l'amalgamation des minerais d'or.

M. J.-P. Channing donne, dans le chapitre consacré au *fer et à l'acier*, une excellente monographie des importants gisements de minerais de fer du lac Supérieur, dont on a extrait, en 1892, neuf millions de tonnes.

Nous signalerons encore de remarquables études de MM. O. Hofmann sur le traitement des *minerais de plomb argentifère;* Jones, sur *l'exploitation des carrières* de pierres si puissamment outillées aux États-Unis; Sprague, sur *l'emploi de l'électricité dans les mines*; Richards, sur les progrès de la *préparation mécanique* en 1894 : des notes très nombreuses et concises sur l'asphalte, le borax, les gisements de fer chromé, de magnésite, de manganèse, le nickel, le pétrole, le mercure, étain, zinc, antimoine, soufre, ardoise, micas, en un mot sur tout ce qui intéresse l'étude des richesses minérales. Enfin, l'ouvrage se termine par environ 150 pages de statistiques relatives aux industries minérales et métallurgiques du monde entier et par une table méthodique et très complète, qui rend extrêmement facile la recherche des innombrables renseignements amassés dans ce volume,

Nous espérons que cette trop courte et aride notice suffira pour faire comprendre la grande importance de cet ouvrage, et de la série de publications annuelles dont il fait partie : elle ne tardera pas à constituer une véritable encyclopédie des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

industries minérales et métallurgiques, constamment tenue à jour avec méthode et précision, c'est-à-dire un œuvre indispensable à tous les ingénieurs et industriels qui s'occupent de mines ou de métallurgie. Il est vivement à regretter qu'il n'existe en langue française aucune publication comparable à cet important recueil, qui fait le plus grand honneur à son éminent promoteur.

G. R.

SIDERSKY (D.), Ingénieur chimiste. — **Polarisation et saccharimétrie.** Petit in-8. (*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire.*)

Cet ouvrage est consacré à l'étude de la polarisation rotatoire et de ses nombreuses applications dans la chimie analytique.

La première Partie contient un exposé des propriétés optiques de la lumière polarisée, du pouvoir rotatoire spécifique, etc., la description des principaux polarimètres et saccharimètres, quelques notes sur la base des échelles saccharimétriques et une Table spéciale des poids normaux.

La seconde Partie traite de l'application de la lumière polarisée au dosage du sucre de canne dans les divers produits industriels et agricoles, à l'essai du glucose, du miel, du lait, du vin, de l'urine diabétique, des matières amylacées; au dosage des divers alcaloïdes du quinquina, etc. On y trouvera de nombreuses indications pratiques, ainsi que des Tables facilitant les calculs des résultats d'analyse.

Afin de rendre son ouvrage le plus complet possible, l'Auteur a groupé, dans une table de 17 pages, les formules indiquant les pouvoirs rotatoires de toutes les matières actives étudiées jusqu'à présent, avec indication des températures et concentrations. En regard de chaque formule, se trouve le nom de l'auteur, afin de faciliter les recherches ultérieures.

DARIÈS (G.), Conducteur des Ponts et Chaussées, attaché à la Direction des Eaux de Paris. — **Cubature des terrasses et mouvements des terres.** Petit in-8. (*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire.*)

Cet ouvrage de M. Dariès renferme non seulement la démonstration des différentes formules, mais encore des règles employées pour le calcul des terrassements, rendues plus aisément saisissables par des exemples numériques.

Dans le Chapitre relatif aux méthodes générales de cubature, l'Auteur traite le pro-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

blème de la méthode exacte, tant pour les parties droites que pour les parties courbes du projet et pour les cas de passage. Ces spéculations théoriques sont suivies d'un exposé comparatif des méthodes expéditives, les seules véritablement pratiques. Mais ce qui constitue le trait dominant de l'Ouvrage, c'est le développement qui y est donné à l'exposition des méthodes graphiques. Les beaux travaux de Lalanne et ceux de MM. Lallemand et d'Ocagne y sont traités tout au long.

Dans la seconde Partie, l'Auteur fait une large place à la méthode de l'Ingénieur allemand Bruckner pour résoudre pratiquement le problème de la répartition des déblais et du calcul des distances moyennes de transport; abordant ensuite les cas les plus simples et les plus pratiques du problème de Monge sur la répartition, il s'efforce, par des exemples variés, d'en dégager les principes les plus immédiats, de façon à guider le lecteur dans les cas plus ou moins complexes qu'il aurait à étudier.

L'Ouvrage se termine par le calcul numérique d'un projet de terrassement, ce qui facilite la compréhension du texte et lève toute espèce de difficultés dans l'application des formules.

ERRATUM

Au *Bulletin* d'**août**, page 905, fin de la 4e ligne, lire : « *industrielle* » au lieu de « individuelle ».

Au *Bulletin* de **septembre**, page 979, 4e ligne, à partir du haut, lire « *arithmomètre* » au lieu de « arithomètre », et page 984, 8e ligne, à partir du bas, lire : « *le nombre* π » au lieu de « le nombre deux ».

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LIVRES ET OUVRAGES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE

EN AOUT, SEPTEMBRE ET OCTOBRE 1895

Statistique des ressources et du commerce des colonies et possessions indiennes de l'Angleterre. Bureaux de l'*Imperial Institute*. Londres, 1895. 1 vol. in-8°, 80 pp.

L'industrie minérale. Statistique, technologie et commerce dans les États-Unis et les autres pays, par R. ROTHWELL. Vol. III, 1894. 1 vol. in-8, 770 pp. *The Scientific Publishing Company*, New-York. (Voir p. 1140 du présent *Bulletin*.)

Considérations sur les phénomènes du frottement, par M. N. J. RAFFARD, membre du Conseil. 1 brochure, 15 pp. Extrait du *Bulletin technologique des anciens élèves des écoles des arts et métiers*. Imprimerie Chaix.

Applications de la chimie à l'art militaire, par E. SERRANT. 1 vol. in-18, 131 pp., chez Bernard. Paris.

La Couture et la Confection des vêtements de femme, par G. WORTH. 1 broch. in-8, 45 pp. Imprimerie Chaix.

La Cubature des terrasses et le mouvement des terres. par G. DARIES, 1 vol. *Collection Leauté*, chez Gauthier-Villars. (Voir p. 1142 du présent *Bulletin*.)

L'Arboriculture fruitière et la Viticulture, par M. FANDRIN. 1 vol. in-8, 300 pp., chez l'auteur, rue Thiers, à Aix en Provence.

Peintures au blanc de zinc. Rapport présenté par M. FINANCE à la Commission des logements insalubres. 1 broch. in-8, 14 pp. Imprimerie Chaix.

Journal et Proceedings de la Société royale des Nouvelles-Galles du Sud pour 1894. 1 vol. in-8, 368 pp., chez Trubner, à Londres.

Société de secours des Amis des sciences. Compte rendu des exercices 1894 et 1895. 1 vol in-18, 296 pp. Paris, Gauthier-Villars.

Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Vol. CLXXXV, part. 11, 2 fascicules in-4, pp. 397 à 1041. Londres, chez Harrison, Saint-Martin's Lane.

Du ministère du Commerce (Office du travail). **Hygiène et Sécurité des travailleurs dans les ateliers industriels** (Législation française et étrangère) et **Étude sur les derniers résultats des assurances sociales en Allemagne et en Autriche** (maladie, invalidité et vieillesse). 2 vol. in-8, 660 et 224 pp. Imprimerie Nationale.

Du ministère de l'Intérieur. **Service vicinal,** programme pour l'année 1893. 1 vol. in-4, 150 pp. et **Compte rendu des opérations effectuées par la Caisse des chemins vicinaux de 1868 au 31 décembre 1890.** 1 vol. in-4, 1010 pp. Imprimerie Nationale.

De la Direction générale des douanes. **Tableau général des mouvements du cabotage en 1894.** 1 vol. in-4, 192 pp. Imprimerie Nationale.

Société d'Agriculture, des Sciences et des Arts centrale du département du Nord. *Bulletin agricole*, années 1892, 1893, 1894. 3 broch. in-8, chez Duthillœul, à Douai.

Cours d'agriculture, par E. LEROUX. 1 vol. in-18, 388 pp. Masson, Paris.

Journal of the Iron and Steel Institute. Vol. XLVII, 1895. 1 vol. in-8, 370 pp. chez Spon, Londres. Principaux mémoires : *les Mélangeurs de métaux et leur emploi à la North Eastern Steel C°*, par A. COOPER; *Action de l'arsenic sur l'acier*, par J.-E. STEAD; *les Mines de l'île*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'Elbe, par H. Scott; *Fabrication des projectiles d'acier en Russie*, par S. Kern; *les Alliages ternaires du fer avec le chrome, le molybdène et le tungstène*, par J. Benneville.

Polarisation et Saccharimétrie, par Sidersky. 1 vol de l'*Encyclopédie Léauté*, chez Gauthier-Villars. (Voir p. 1140 du présent *Bulletin*.)

Bulletin de la Station agronomique de l'État, à Gembloux. Juillet et septembre 1895.

Bulletin de la Société d'Agriculture et de Commerce de Caen. Année 1895. (Caen, imprimerie Valin.)

Du ministère de l'Instruction publique. **Atti del reale Instituto d'Encoraggiamento di Napoli.** 1 vol. in-4, 300 pp. Cooperativa Tipografica, à Naples. Principaux mémoires : *la Culture expérimentale du Tabac en Italie, en 1893. Les Ciments de Pouzzolanes. Les Eaux thermales de Gurgitello. Boussole-clinomètre géologique Mattenesi. Fabrication de la colle forte animale. Régulateur automatique de vannage Masoni.* Le *Mal Nero*, gommos-bacillaire des vignes. *Galvanomètre Grosse. La crise du soufre en Sicile. Caractéristiques nouvelles de la marine moderne.*

Offert par M. A. Moreau, membre de la Société : **Les Concessions de gaz et d'électricité devant la juridiction administrative.** Recueils d'arrêtés des Conseils de préfecture et d'arrêts du Conseil d'État, par MM. L. Garnier et P. Dauvert. 1 vol. in-8, 525 pp. Aux bureaux du *Journal des usines à gaz*, 65, rue de Provence.

Cours élémentaire des manipulations de physique, par M. Aimé Witz (2e édition). 1 vol. in-8, 218 pp. Paris, Gauthier-Villars.

Les limites actuelles de notre science. Discours présidentiel prononcé le 8 août 1894 devant la British Association dans sa session d'Oxford, par le marquis de Salisbury, traduit par M. W. de Fonvielle. 1 broch. in-18. 52 pp. Paris, Gauthier-Villars.

Offert par M. L. Baclé, membre de la Société : **The Locomotive**, journal de l'Association d'assurance et d'inspection des chaudières de Hartford (Connecticut). Années 1880 à 1894. Vol. I à XV.

Emploi pratique, en vinification, des levures sélectionnées. Les alcools produits des fermentations pures et leur innocuité hygiénique, par G. Jacquemin. 1 broch. in-18, 112 pp. Imprimerie nancéenne, Nancy.

Traité théorique et pratique de métallurgie. Cuivre, plomb, argent, or, par C. Schnabel, professeur de métallurgie et de chimie technologique à l'académie des mines de Clausthal, traduit par le Dr L. Gautier, 1 vol. in-8, 831 pp., 586 figures. Paris, Baudry.

Compte rendu des Travaux de la Chambre de commerce de Marseille pour 1894 et **Compte rendu de la situation commerciale et industrielle de la circonscription de Marseille** en 1894, 2 vol. in-8, 400 et 230 pp. Typographie Barthelet, Marseille.

Expériences sur le débit d'un orifice circulaire en mince paroi verticale par M. Dwelshauvers-Derg, 1 brochure, 10 pp. Extrait de la *Revue universelle des Mines*.

La Mécanique générale américaine à l'Exposition de Chicago, par Gustave Richard (Rapport publié sous la direction de M. Krantz). Chaudières, machines à vapeur, moulins à vent, moteurs hydrauliques, pompes à vapeur, appareils de levage, mécanismes, 1 vol. in-8, 621 pp., 1441 figures. Imprimerie Nationale.

Cours de mécanique appliqué aux machines, professé à l'École spéciale du génie civil de Gand, par J. Boulvin. Théorie des machines thermiques. Générateurs à vapeur. Machines à vapeur. 3 vol. in-8, 300 pp. Paris, Bernard.

Une révolution dans la culture fourragère. Les Latyrus et les travaux de M. Wagner, par L. Rouveirolles, 1 broch. in-8, 50 pp. Gray, imprimerie Perrot.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LITTÉRATURE

DES

PÉRIODIQUES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIÉTÉ

Du 15 Septembre au 15 Octobre 1895.

DÉSIGNATIONS ABRÉGÉES DES PUBLICATIONS CITÉES

Ag. . . . Journal de l'Agriculture.
Ac.. . . . Annales de la Construction.
Acp. . . . Annales de Chimie et de Physique.
AM. . . . Annales des Mines.
Ap. . . . Journal d'Agriculture pratique.
APC . . . Annales des Ponts et Chaussées.
At. . . . Annales télégraphiques.
Bam . . . Bulletin technologique des anciens élèves des écoles des arts et métiers.
Btp. . . . Bulletin du ministère des Travaux publics (statistiques).
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.
Dp. . . . Dingler's Polytechnisches Journal.
E. . . . . Engineering.
E'.. . . . The Engineer.
Eam. . . . Engineering and Mining Journal.
EE.. . . . Eclairage Électrique.
El.. . . . Electrician (London).
Elé. . . . L'Électricien.
Ef.. . . . Économiste français.
Es.. . . Engineers and Shipbuilders in Scotland (Proceedings).
Fi . . . . Journal of the Franklin Institute (Philadelphie).
Gc. . . . Génie civil.
IC.. . . . Ingénieurs civils de France (Bulletin.).
Ie. . . . Industrie électrique.
Im.. . . . Industrie minérale de Saint-Étienne.
IME.. . . Institutions of Mechanical Engineers (Proceedings).
In. . . . Inventions nouvelles.
Ln. . . . La Nature.
Ms. . . . Moniteur scientifique.
N. . . . Nature (anglais).
Pc. . . . Journal de Pharmacie et de Chimie.
Pm . . . *Portefeuille* économique des *machines*.
Rgc.. . . Revue générale des chemins de fer.
Rgds. . . Revue générale des Sciences.
Ri. . . . Revue industrielle.
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 (Bulletin).
Sfp . . . Société française de photographie (Bulletin).
Si. . . . La Science illustrée.
Sie. . . . Société internationale des Électriciens (Bulletin).
Sg. . . . Bulletin de la Société de géographie.
Sgc . . . Bulletin de la Société de géographie commerciale.
SL. . . . Bulletin de statistique et de législation.
SuE. . . Shahl und Eisen.
USR. . . Consular Reports to the United States Government.
VDI.. . . Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure.
ZOI.. . . Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieure und Architekten. Vereins.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

Assurances et le crédit agricole. *Ag.* 28 *Sept.*, 481.

Baratte centrifuge (Salenius). *E.* 4 *Oct.*, 426.

Bétail (Emploi du froment pour l'alimentation du). *Ag.* 5 *Oct.*, 519.

— (Cuisson des aliments du). *Ag.* 5 *Oct.*, 530.

Betteraves (Arracheuses de); concours de Beauvais. *Ap.* 10 *Oct.*, 512.

— Expériences de la station de Capelle. *Ap.* 19 *Sept.*, 406.

Blés (Végétation des) sous le climat de Paris. *Ap.* 19 *Sept.*, 413.

— Sélectionnés (Rendement des). *Ap.* 3 *Oct.*, 490.

— Expériences de Capelle sur les céréales. *Ag.* 21-28 *Sept.*, 456, 488. *Ap.* 19-26 *Sept.*, 417, 445.

— Hybride de Champlan et seigle émeraude. *Ag.* 21 *Sept.*, 441. *Ap.* 19 *Sept.*, 452, 478.

Charrue Shores. *E.* 27 *Sept.*, 407.

— Ransome. *E.* 4 *Oct.*, 441.

Chevaux américains. Importation en France. *Ap.* 19 *Sept.*, 410.

Céréales. Causes de dépression des prix (Ruhland). *Ap.* 19 *Sept.*, 400.

Dunes (Boisement des) en Danemark et Belgique. *USR. Sept.*, 51.

Engrais. Le cyanate de calcium, nouvel engrais azoté (C. Faure). *CR.* 30 *Sept.*, 463.

— Migration du phosphate de chaux dans les plantes (Vaudin). *Pc.* 15 *Oct.*, 342.

— Assimilation des phosphates naturels (Crepaux). *Rs.* 12 *Oct.*, 460.

Entomologie. Observations faites en 1894 à la Station entomologique de Paris. *Bulletin du ministère de l'Agriculture, Sept.*, 684.

Fourrages. La sécheresse et la culture fourragère d'automne. *Ap.*, 3 *Oct.*, 477.

— Trèfle de Pannonie. *Ag.* 12 *Oct.* 566.

Fruits (Commerce des) et raisins de table aux États-Unis. *Ap.* 3 *Oct.*, 474.

Forêts. Production ligneuse pendant les coupes de régénération (Claudot). *Bulletin du ministère de l'Agriculture. Août*, 544.

Irrigations appliquées à la région aride du West américain (Wyckoff). *Fi. Oct.*, 241.

Lait (Stérilisation du) (Leslie). *Cs.* 30 *Sept.*, 819.

Métayage en Italie. Bulletin du ministère de l'Agriculture. *Août*, 624.

Machines agricoles au Concours de Berlin. *VDI.* 21 *Sept.*, 1142.

Pain bis (Le). *Ci.* 6 *Oct.*, 545.

Pommier (Destruction de la pyrale du). *Ap.* 26 *Sept.*, 443.

Pommes à cidre (Six variétés de) (Heuzé). *Ap.* 10 *Oct.*, 517.

— (Étude sur les moûts des) de 1893 (Herusant). *Bulletin du ministère de l'Agriculture. Août*, 569.

Pommes de terre. Culture à Lupitz en 1893. *Ap.* 19 *Sept.*, 397.

Pressoir Delosse. *Ci.* 6 *Oct.*, 551.

(Les) continus à Gémonzac. *Ag.* 5 *Oct.*, 517.

Question agraire en Angleterre. *Rso.* 16 *Oct.*, 578.

Semences (Fraudes des) (Schribaux). *Ag.* 5 *Oct.* 525.

Sève (la) (Hebert). *ScP.* 5 *Oct.*, 874.

Seigle après lupins, exp. de Lupitz en 1894. *Ap.* 26 *Sept.*, 436.

Vins de Jerez. *Rs.* 12 *Oct.*, 464.

— Morphologie des vins alunés. *Cs.* 30 *Sept.*, 817.

— Maladies de la vigne. *Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse. Juillet*, 228.

— Composition des raisins des principaux cépages français (Aimé Girard et Lindet. *Bulletin du ministère de l'Agriculture. Sept.*, 694.

— Action de l'air sur le moût de raisin et le vin (Martinaud). *CR.* 7 *Oct.*, 502.

— La vinification en France. Ètat actuel (Roos). *Rgds.* 15 *Sept.*

— Acidité des vins (Mesure de l'), (Mathieu. *Ag.* 28 *Sept.*, 486.

— boriqués (Villiers et Fajolle). *ScP.* 5 *Oct.* 874.

— Vignobles de Champagne (Les) (Muntz et Rousseau). *Bulletin du ministère de l'Agriculture. Août*, 504.

— Emploi des hybrides pour la reconstitution des vignobles du Jura. *Ag.* 28 *Sep.*, 452, 478.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHEMINS DE FER

Chemins de fer anglais, résultats d'exploitation. *E.* 20 *Sept.*, 366.
— américains. *E'.*27 *Sept.*, 319. *Dp.* 4 *Oct.* 12.
— des Philippines. *Gc.* 12 *Oct.*, 378.
— sibériens. *E.* 20 *Sept.*, 366. *Ln.* 5 *Oct.*, 293.
— de Galway-Clifden. *E.* 20 *Sept.*, 4 *Oct.*, 383, 412.
— du Snowdon (à crémaillère). *E.* 20 *Sept.*, 378.
— métropolitain de Londres (Histoire du). E'.20 *Sept.*, 4 *Oct.*, 289, 326.
— allemands (Statistique des)pour 1892-93. *Rgc. Sept.*, 123.
— de Sceaux (Prolongement du). *Ac. Oct.*, 146.

Boîte à graisse Wright. *E.* 4 *Oct.*, 442.
Eclisse Ibotsom. *E.* 20*Sept.*, 380.
Frein Westinghouse rapide; essais. *E.* 27 *Sept.*, 4 *Oct.*, 399, 419. *E'.* 27 *Sept.*, 304.
Grue d'alimentation équilibrée. *Pm. Oct.*, 150.
Locomotives. Accouplement Friedman pour vapeur et eau entre locomotive et tender. *E.* 11 *Oct.*, 453.
— Echappement Degener. *E.* 20 *Sept.*,380.
— à foyer au pétrole; expériences. *Rgc. Sept.*, 119 (Holden). *Pm. Oct.*,149.
— *Compound* (Sondermann). *E.* 27 *Sept.*, 408.
— Tender pour le tunnel de la Mersey. *Rgc. Sept.*, 143.
— anciennes du Great Western.*E'.* 11 *Oct.*, 355.
— à roues libres aux États-Unis. *E'.*11 *Oct.*, 470. du Pensylvania, *Ry. id.* 145. du Philadelphia Reading. *E.*11 *Oct.*, 455. du North Eastern. *E'.* 11 *Sept.*, 291. de l'Erié. *Rgc. Sept.*, 101.
— anglaises(Fonctionnement remarquable des). *E'.* 11 *Oct.*, 351.
— Tiroirs cylindriques Smith. *E'.* 20 *Sept.*, 291.
— construites au Japon. *IME. Avril*, 298.
Ressorts en caoutchouc Spencer. *E.* 11 *Oct.*, 470.
Signaux et aiguilles. Poste central des chemins roumains. *Gc.* 28 *Sept.*, 344.
Trains rapides (Les). *E.* 4 *Oct.*, 426.
Traverses (Industrie des). *Rs.*, 12 *Oct.*, 476.
Voie étroite (Chemins à) et l'agriculture (Webber). *E.* 20 *Sept.*, 351. *E'.* 20 *Sept.*,288.
Wagons trémies de 32 tonnes pour charbons et
— minerais du Pensylvania. *S. Gc.* 5 *Oct.*, 365.
Wagonnets de terrassement à renversement
— mécanique. *Rgc. Sept.*, 247.

TRANSPORTS DIVERS

Cableway de Brighton-Dyke. *C'.* 4 *Oct.*, 329.
Électricité. *Traction électrique* (Dawson). *E.* 27 *Sept.*, 4, 11 *Oct.*, 385, 388, 428, 447. La Valette. *Gc.* 5 *Oct.*, 365. *Locomotive* Heilmann. *EE.* 5 *Oct.*, 35. du Baltimore Ohio. *El.* 4 *Oct.*, 758. en Angleterre. *Elé.* 28 *Sept.*, 203. sur les chemins de fer (Brunshwick). *Elé.* 27 *Sept.*, 5 *Oct.*, 193, 209.
Tramways électriques de Bristol. *E.* 20 *Sept.*, 359. De Lausanne. *Rt.* 10 *Oct.*, 444. à câble de State Street. Chicago. *Ie* 25 *Sept.*, 401. Accidents aux États-Unis. *Ri.* 28 *Sept.*, 387. Localisation des fautes dans les : Méthodes de Henry. *Ri.* 5 *Oct.*, 398. Les (Cadiat). *Pm. Oct.*, 150.
Voitures électriques sur routes. *Elé.* 12 *Oct.*, 225.
— Mise en train des. *El.* 4 *Oct.*, 758.
Essieu extensible Lau pour tramways. *Ri.* 28 *Sept.*, 384.
Vélocipèdes. Fabrication des jantes à Birmingham. *E.* 20 *Sept.*, 350.
Voitures automobiles (Les). *E'.* 4 *Oct.*, 331. Fletcher. *E'.* 27 *Sept.*, 281, 315. Hamock. *E'.* 20 *Sept.*, 290.

CHIMIE ET PHYSIQUE

Acides nitrique. Action sur certains sels (Fowler). *CN.* 4 *Oct.*, 163.
— citrique. Formation par oxydation du sucre de canne (Hicks). *CN.* 11 *Oct.*, 165.
— chlorhydrique. Condensation par four Lunge Rohrman. *Cs.* 30 *Sept.*, 804.
— gras. Points de fusion des (Massot). *ScP.* 5 *Oct.*, 865.
— borique. Dosage de l' (Jay et Dupasquier). *ScP. Oct.*, 877.
— *sulfurique.* Condensation et distillation Krell. *Cs.* 30 *Sept.*, 805. Fabrication

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pratt. *Cs.* 30 *Sept.*, 806. fumant, estimation de (Lunge). *Cs.* 30 *Sept.*, 821. État de l'industrie de (Sorel). *Rgds.* 30 *Sept.*, 839.

Acoustique. Orgues soufflés par ventilateurs. *E'.* 20 *Sept.*, 285.

Air et oxygène. Liquéfaction de *Industria.* 29 *Sept.*, 610.

Alcools. Analyse des spiritueux (Mansfield). *Cs.* 30 *Sept.*, 830.

— Alcoolisme (l') (Riche). *Pc.* 1 *Oct.*, 309.

— Artificiels. *Pc.* 15 *Oct.*, 374.

Allumettes. Fabrication des (Noël). *E.* 4 *Oct.*, 422.

Ammoniac liquide. Transport à bord. *Cs.* 30 *Sept.*, 839.

Amylase (l') (Effront). *Ms. Oct.*, 711.

Analyses des eaux d'égout. *Ln.* 12 *Oct.*, 320.

— du fer-blanc. *Cs.* 30 *Sept.*, 823.

— Dosage volumétrique du zinc (Lescœur et Lemaire). *ScP.* 5 *Oct.*, 880.

Argon. *CN.* 27 *Sept.*, 152.

Antimoine (Détermination de l') comme antimoniate antimonique (Brannek). *CN.* 27 *Sept.*, 158.

Azotites (Nouveaux réactifs des) (Deniges). *Pc.* 1 *Oct.*, 289.

Bore amorphe (Moissan). *Acp. Oct.*, 296.

Brasserie (Progrès de la). *Dp.* 4 et 11 *Oct.*, 1842.

— belge (la). *Cs.* 30 *Sept.*, 817,

Briques de pavage. Fabrication en Iowa. *Eam.* 14 *Sept.*, 252.

Capillarité. Théorie capillaire et évaporation des liquides. Vander-Meunsbrugghe *CR.* 30 *Sept.*, 461.

Caoutchouc vulcanisé (Le). *Ms. Oct.*, 726. Analyse du, *id.*, 737.

Céramique. Fours nouveaux. *Dp.* 4, 11 *Oct.*, 1, 28.

— Cloisonné japonais. *SA.* 20 *Sept.*, 882.

Céruse. Fabrication électrolytique. *EE.* 5 *Oct.*, 23.

Chlore et soude. Fabrication Castner. *Ri.* 28 *Sept.*, 387.

Clévite (Constitution des gaz de la). (Runge et Paschen). *CN.* 11 *Oct.*, 181. *N.* 26 *Sept.*, 520.

Concentrateur évaporateur Glover *Cs.* 30 *Sept.*, 791.

— Theissen, *id.*, 792.

Cyanures. Fabrication Pfleger. *Cs.* 30 *Sept.*, 805.

— Combinaison du cyanure de mercure avec les iodures. Double décomposition entre le cyanure de mercure et les sels alcalins (Varet). *CR.* 7 *Oct.*, 499, 501.

Éther (Théories de l'), (Hicks). *Rs.* 12 *Oct.*, 449.

Explosifs. Poudre sans fumée Maxim et Shupphaus. *E.* 20 *Sept.*, 367.

— Propriétés explosives des sels alcalins de nitrométhane (Zelinsky). *ScP.* 5 *Oct.*, 1123.

Ferments solubles (Les). (Fischer). *Pc.* 1er *Oct.*, 329.

Gaïacol (Le). *Pc.* 1er *Oct.*, 294.

Gaz d'éclairage (Puissance calorifique du). *E.* 4 *Oct.*, 427.

— Isolateur pour recherche des fuites Borias. *Rc.* 28 *Sept.*, 381.

— Cornues Millon. *E.* 4 *Oct.*, 441. Gueguen. *Cs.* 30 *Sept.*, 797.

Acétylène. *Dp.* 11 *Oct.*, 45. Bullier. *Rt.* 10 *Oct.*, 436. A l'usine Ginori. *Industria*, 21 *Sept.*, 620.

Becs incandescents (les) *Industria*, 6 *Oct.*, 625. Delamare. *Cs.* 30 *Sept.*, 794. Oberlé. *Ci.* 29 *Sept.*, 534. Allumeur pour Borias. *Ri.* 28 *Sept.*, 383. *Im.* vol. IX, 5.

— Brûleur Wright. *Cs.* 30 *Sept.*, 794.

— Gazogène Meyer. *Cs.* 30 *Sept.*, 794.

— Guide de gazomètre Cutler. *E.* 20 *Sept.*, 379.

— Enrichisseurs Kemp. *E.* 20 *Sept.*, 379.

— Lanternes à vitrage multiple Chauveau. *Ri.* 28 *Sept.*, 383.

Gaz d'huile. Fabrication Bajaud. *Cs.* 30 *Sept.*, 796.

Gaz minéraux nouveaux Lockyer. *N.* 3 *Oct.*, 547.

Helium. *American Journal of Science. Oct.*, 302. *CN.* 27 *Sept.*, 152. *N.* 3 *Oct.*, 544.

Huiles et graisses. Épuration par l'électricité (Hoar et Wise). *Ri.* 21 *Sept.*, 376.

— de valériane (Oliviero). *ScP.* 5 *Oct.*, 910.

Hydrogène. Liquéfaction et point d'ébullition (Olzewski). *Eam.* 21 *Sept.*, 272.

Iodures métalliques solubles en présence de la cellulose (action de la lumière sur les). (Douglas et Berridge.) *CN.* 11 *Oct.*, 175.

Laboratoires. Nouveaux appareils de Courconne. *Bulletin de la Société industriele de Rouen. Mai*, 283.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Laque (Industrie de la). *Ln.* 5 *Oct.*, 292.
Mélanges de liquides volatils. (Tension de vapeur des). (Linebarger.) *CN.* 4 et 11 *Oct.*, 167, 182.
Nicotine. La (Pinner). *ScP.* 5 *Oct.*, 1160.
Optique. Progrès récents (Le Conte). *American Journal of Science. Oct.*, 277.
— Photomètre portatif (Preece et Trotter). *E.* 20 *Sept.*, 369.
— Action chimique de la lumière comparée à celle de la chaleur (Lemoine). *Rs.* 28 *Sept.*, 385.
Oxygène liquéfié; réfraction et dispersion. (Liveyng et Dewar.) *CN.* 27 *Sept.*, 154.
Parfumerie. Recherche de l'ionone et de l'irone de la violette. *Cs.* 30 *Sept.*, 827.
Pasteuriseur Nabouleix. *Si.* 12 *Oct.*, 316.
Perchlorates. Détermination quantitative des (Kreider). *American Journal of Science. Oct.*, 237.
Pétroles. (Dosage du soufre des). *Cs.* 30 *Sept.*, 828.
— Action sur les métaux. *Cs.* 30 *Sept.*, 811.
— (Savons de). *Cs.* 30 *Sept.*, 810.
— Carburateur « la Luciole », *Ci.* 29 *Sept.*, 533.
— Éclairage par hydrocarbures lourds. Seigle. *E.* 5 *Oct.*, 394.
Pyromètre Shaffer Budenberg. *Cs.* 30 *Sept.*, 792.
Poids atomiques (Rapport du comité des) pour 1894. *CN.* 21 *Sept.*, 11 *Oct.*, 157, 179.
— Du cadmium (Wanklyn). *CN.* 4 *Oct.*, 164.
Résines. Matières résineuses (Les). *In.* 20 *Sept.*, 232.
Savons de glycérine. Fabrication Hill. *Cs.* 30 *Sept.*, 813. Presse à — Watson, *id.*, 813.
Spectroscopie. Recherches spectroscopiques (Stas). *Cn.* 11 *Oct.*, 177. Extension des raies du spectre (Galitrin). *EE.* 5 *Oct.*, 38.
Sucrerie. Constitution des pectines. *Cs.* 30 *Sept.*, 816.
— Cristallisation mousseuse. Heyduque. *Journal des Fabricants de Sucre*, 2 *Oct.*,
— Analyse des matières sucrées; méthode adoptée au Congrès de Chicago. *Pc.* 1er *Oct.*, 321.
Tannerie. Dosage du sucre dans les matières tannantes. *Ms. Oct.*, 755.
Tellure. Calaverite de Cripple Creek (Colorado). *Cn.* 27 *Sept.*, 155.
Teinturerie. La série induline. (Fischer et Hepp). *Cs.* 30 *Sept.*, 797.
— Encre de chrome Knepp. *Cs.* 30 *Sept.*, 799.
— Distinction des matières colorantes naturelles et artificielles. *Cs.* 30 *Sept.*, 823.
— Nouvelle méthode pour teindre les fourrures. *Cs.* 30 *Sept.*, 802.
Thermochimie des acides organiques et des composés azotés. (Berthelot). *Apc. Oct.*, 145. 232.
Verrerie. Fabrication des bouteilles comme annexe des forges (Jensk). *Cs.* 30 *Sept.*, 806.
— (Progrès de la). *Dp.* 20 *Sept.*, 277.

COMMERCE ET ÉCONOMIE POLITIQUE

Agriculture. Question agraire en Allemagne. (Blondel et Frederiksen). *Rso.* 16 *Sept.*, 397.
Assistance par le travail en Russie et à Paris. *Rso.* 16 *Oct.*, 616.
Assurances ouvrières (Les) (Cheysson). *Rso.* 1er *Oct.*, 513. En Allemagne (Raffalowich). *Gc.* 12 *Oct.*, 381.
— Pour prévenir les *accidents* du travail (de Coene). *Bull. de la Société indust. de Rouen. Mai.*, 268.
Commerce extérieur de la France pendant les huit premiers mois de 1895. *Ef.* 5 *Oct.*, 441.
Chômage et ses remèdes. *Ef.* 21 *Sept.*, 380.
Habitations ouvrières à Berlin. *SA.* 20 *Sept.*, 886.
Impôt sur le revenu en Wurtemberg. *SL. Sept.*, 298. (Étude statistique sur l') *Ef.* 5 *Oct.*, 442.
Machines allemandes (Les) aux États-Unis. *USR. Sept.*, 111.
Prisons. Congrès pénitentiaire international de Paris. *Rso.* 16 *Sept.*, 419.
Propriété bâtie en France. Congrès de Lyon. 1894. *Ef.* 21 *Sept.*, 382.
Population (Vraie loi de la). *E.* 28 *Sept.*, 5 *Oct.*, 416, 446.
Salaires et vivres en Australie. *USR. Sept.*, 69.
— Moyens des ouvriers en Angleterre. *E.* 27 *Sept.*, 397.
Socialisme municipal (de Cilleuls). *Rso.* 16 *Sept.*,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

436. (Le) et les unions de paix sociale. *Id.*, 443.

Travail (Inspection (du) en Belgique. *Rso.* 1er *Oct.*, 494.

Traité de Simonosaki et la concurrence japonaise. *Sgc. Sept.*, 742.

CONSTRUCTIONS ET TRAVAUX PUBLICS

Digues en maçonnerie. Disposition pour éviter les fissures. *Revue du Génie militaire. Sept.*, 257.

Fondations à l'air comprimé. Expérience de Hersent. *Gc.* 21 *Sept.*, 327. *Ri.* 12 *Oct.*, 402.

— par injection de ciment. *Gc.* 5 *Oct.*, 367.

— Écluse à déblais dans les fondations à air comprimé. *Ac. Oct.*, 157.

Marché couvert à Hanovre. *Gc.* 21 *Sept.*, 331.

Peinture des ouvrages en fer. E. 20 *Sept.*, 368.

Ponts de la Tamise. *E.* 27 *Sept.*, 389. De Bellefontaine (Mississipi). *E.* 20 *Sept.*, 373.

— à travées articulées (Rschetsche). *VDI*, 5 *Oct.*, 1197.

— suspendus. Réparation des chaînes du — d'Elbogen sur l'Eger. *Gc.* 12 *Oct.*, 374.

— Mise en place des ponts en acier du — Canadian Pacific. *Gc.* 21 *Sept.*, 325.

— *Calcul des poutres en treillis sur deux appuis* (Monet). *IC. Août*, 171.

Résistance des matériaux. Unification des essais. Conférence de Zurich. *VDI.* 28 *Sept.*, 1169.

ÉLECTRICITÉ

Accumulateurs secs. Fitzgerald. *EE.* 28 *Sept.*, 605.

— Liardet. *EE.* 4 *Oct.*, 27.

— Perfectionnements des. *El.* 11 *Oct.*, 774.

Amorces Goupillat. *EE.* 5 *Oct.*, 26.

Anneau isolateur pour câbles (Lefèvre). *Elé.* 21 *Sept.*, 177.

Chauffage électrique. Prix de revient (Perthuis). *Ri.* 12 *Oct.*, 410.

Coupe-circuit, fusible à haute tension. *Elé.* 5 *Oct.*, 218.

Courants polyphasés (Les). *Elé.* 17 *Oct.*, 230.

— Chute de tension dans une ligne à. *Ie.* 25 *Sept.*, 403.

Dynamos. Échauffement des (Wilson). *El.* 11 *Oct.*, 784.

— (Régularisation des) à vapeur. *Elé.* 11 *Oct.*, 237.

Diélectriques (Pertes dans les). *Ie.* 10 *Oct.*, 425.

Éclairage. *Lampes à arc* à courants alternatifs (Gorges). *EE.* 5 *Oct.*, 30. et le gaz acétylène (Wedding). *El.* 11 *Oct.*, 777. Heyman, Kester, Smith, Hennequin, Stevens, Mac Intyre, Schweizer, Walton, Money et Nash, Boardman, Shaueffel, Higham, Brebner (G. Richard). *EE.* 21 *Sept.*, 534. à mercure Arows. *EE.* 21 *Sept.*, 558. pour éclairage indirect Richardson. *E.* 20 *Sept.*, 373. Éclairage public par. *Rt.* 25 *Sept.*, 421. (Fabrication des crayons pour). *Rs.* 21 *Sept.*, 365.

— L'arc électrique (Ayrton). *El.* 4 *Oct.*, 741.

— Coût comparatif de l'éclairage électrique par installations privées et par stations centrales (Zickler). *Elé.* 21-28 *Sept.*, 5 *Oct.*, 179, 197, 218.

— *Lampes à incandescence.* Procédé Malignani pour obtenir le vide dans les. *EE.* 28 *Sept.*, 602.

Électrodes parasites (Les) Delvalez. *CR.* 7 *Oct.*, 492.

Électrolyses. Lois générales (Janet). *EE.* 14 *Sept.*, 481.

— du lait. *El.* 4 *Oct.*, 749.

— Transport des cours (Janet). *EE.* 28 *Sept.*, 577.

Électricité moléculaire (Poynting). *El.* 4 *Oct.*, 741.

Électrochimie (Progrès de). *Ri.* 21 *Sept.*, 377.

Histerèsis (Expériences sur l') magnétique (Holden). *EE.* 21 *Sept.*, 561.

Induction magnétique et remanence, relations entre (Fisjenden) *EE.* 21 *Sept.*, 562.

Magnétisme terrestre (Distribution et variation du.) (Bauer) *American Journal of Sciences. Oct.*, 314.

Mesures. Ampère-heure-mètre Collinson. *El.* 4 *Oct.*, 749.

— Electromètre Halvach. *El.* 4 *Oct.*, 760.

— Wattmètre pour courants alternatifs Perry. *El.* 11 *Oct.*, 273.

— Galvanomètre à réflexion Rowland. *El.* 11 *Oct.*, 773.

Réfraction électrique dans les liquides (Drude). *EE.* 21 *Sept.*, 563.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Secours aux personnes foudroyées par un contact. *Ie.* 10 *Oct.*, 437.

Soudure et fonte des métaux par l'électricité. *Ie.* 25 *Sept.*, 414.

Stations centrales. Belfast. *E'* 20 *Sept.*, 278.

— Ardières *Ie.* 25 *Sept.*, 406.

— Bades, pour énergie et traction. *Ie* 25 *Sept.*, 409.

— Puteaux. *Rt.* 10 *Oct.*, 440.

— Dortmund. *Ie.* 10 *Oct.*, 422.

— Nice. *Industria* 13 *Oct.*, 647.

— Consommation de charbon des. (White.) *EE.* 21 *Sept.*, 560.

— Système de distribution monocyclique Steinmetz. *EE.* 21 *Sept.*, 536.

Stations de contrôle et laboratoires d'essai électriques (Pierron). *Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse. Juillet*, 171.

Télégraphie. Remontage automatique des poids moteurs. *Elé.* 21 *Sept.*, 182.

— Outillage de service des câbles sous-marins (Morris). *At. Mai*, 193.

— Câble Thompson. *EE.* 5 *Oct.*, 27.

— Communication électrique entre la côte et les bateaux-phares. *EE.* 28 *Sept.*, 600.

— Histoire du service télégraphique depuis 1870. *El.* 4 *Oct.*, 757.

— Instruments pour monter aux poteaux. *Elé.* 12 *Oct.*, 227.

— Lutte entre la télégraphie et la téléphonie. *El.* 4 *Oct.*, 757.

Téléphonie. Expériences téléphoniques avec fils nus posés à terre. *El.* 11 *Oct.*, 789.

— A grande distance par induction multiple (C. Baradat). *EE.* 5 *Oct.*, 14.

— Pupin. *American Journal of Sciences. Oct.*, 326.

Théorie électro-magnétique de Larmor. (Poincarré) *EE.* 5 *Oct.*, 5. Heaviside. *El.* 4 *Oct.*, 739 — de la lumière et l'absorption cristalline (Brunhes). *EE.* 21 *Sept.*, 529.

Transformateurs (Les). *In.*, 20 *Sept.*, 226.

Transmissions de force dans les ateliers en Amérique. *Ri.* 5 *Oct.*, 397.

— De la Goule. *El.* 11 *Oct.*, 775.

— Aux usines Van Delden à Gronau. *Ie.* 10 *Oct.*, 454.

— Dans l'Utah. *El.* 11 *Oct.*, 778.

Usines de la Westinghouse C^e^ à Pittsburg. *Ie.* 25 *Sept.*, 10 *Oct.*, 411, 428.

GUERRE

Aérostats militaires. Tir contre les ballons captifs. *Rs.* 5 *Oct.*, 443.

— et télégraphie aux États-Unis. *Rs.* 21 *Sept.*, 379.

Artillerie. Essais de mortiers à Sandy Hook. *Rmc. Oct.*, 179.

— Usine à canons Armstrong Mitchell. *Rmc. Oct.*, 180.

Cuirasse et canon (Lutte entre). (Sterken) *VDI.* 21, 28 *Sept.*, 1129, 1161.

Industrie armurière à Liège. *Rso.* 16 *Oct.*, 599.

Pistolets et revolvers. *Ln.* 28 *Sept.*, 197.

Places fortes (Etudes sur les). *Revue du génie militaire. Sept.* 197.

GÉOGRAPHIE

Afrique française. *Sgc. Sept.*, 774.

Antioche. *Sgc. Sept.*, 749.

Brésil. Province de Minas Geraes *Ef.* 28 *Sept.*,

Chine. De Lai-Chan à Xung Khong. Mission Pavie. *Sgc. Sept.*, 737.

Égypte (Pansa). *Rs.* 12 *Oct.*, 450.

Madagascar (Races de) (Hamy.) *Rs.* 21 *Sept.*, 353.

Macédoine. *Ef.* 5 *Oct.*, 444.

HYDRAULIQUE

Air comprimé. Élévation et distribution d'eau par (Carré). *Ri.* 21 *Sept.*, 373.

Belier Decœur. *E.* 20 *Sept.*, 379.

Compteur d'eau Shoneyder. *E.* 4 *Oct.*, 420. *E'.* 4 *Oct.*, 339.

Distributions d'eaux américaines. *VDI.* 12 *Oct.*, 1219.

Eaux de Redlington. *E.* 20 *Sept.*, 362.

— de New Westminster. *E'* 20 *Sept.*, 283.

— d'Edimbourg. *E'.* 27 *Sept.*, 303.

Irrigations en Égypte depuis l'occupation anglaise. *E'.* 20, 27 *Sept.*, 275, 301.

Pont-écluse Stoney. *E'.* 8 *Oct.*, 334.

Roue Pelton pour transmissions électriques. *Eam.* 21 *Sept.*, 277.

Transmission et Distribution de la force par eau sous pression Ellington. *E.* 20 *Sept.*, 362.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

HYGIÈNE

Assainissement des villes. *Rt*. 25 *Sept*., 409.
Blanchissage du linge. Machine pour. *Rt*. 25 *Sept*., 427.
Chauffage et ventilation en Allemagne (Haase). *Dp*. 20 *Sept*., 275.
Eaux. (Bactériologie des) (Frankland et Ward). *RsL. Sept*., p. 266-468.
— de Londres (Dewar et Crookes). *CN*. 20 *Sept*., 148.
— *d'égouts;* purification Hermite. *E*. 20 *Sept*., 358. *Ri*. 28 *Sept*., 384. *El*. 4 *Oct*., 759.

MARINE, NAVIGATION

Alimentation d'eau des navires. Distillateur Renown. *E'*. 11 *Oct*., 352.
Balisage du port de New-York. *EE*. 5 *Oct*., 28.
Barrages et inondations (Simonds, Rapier et Stoney). *E*. 20 *Sept*., 354.
Barre de la Mersey (Dragage de la) (Lyster). *E*. 20 *Sept*., 358.
Bateau roulant Svaven. *E'*. 11 *Oct*., 370.
Canal de Corinthe. *E*. 4, 11 *Oct*., 411, 443.
Canot de sauvetage à propulseur hydraulique. Thornycroft. *E*. 4, 11 *Oct*., 433, 451.
— à vapeur. *E'*. 27 *Sept*., 313.
Courses de Yacht. *In*. 20 *Sept*., 284.
Docks de Glasgow. *E*. 27 *Sept*., 381.
— flottants de Barcelone. *E'*. 11 *Oct*., 354.
Ferry boat du Volga. *E'* 20 *Sept*., 284.
Gouvernail démontable. Maclaclan. *E'*. 27 *Sept*., 316..
— Croll. *E'* 11 *Oct*., 360.
Incendies à bord. *E'* 20 *Sept*., 280.
— *de* l'*Iona*. *E'*. 27 *Sept*., 312.
Machines marines. (Montage des) dans les navires à hélice. *E'*. 27 *Sept*., 299.
— à triple expansion du *Sultan*. *E*. 11 *Oct*., 451.
du *Samoyed*. *E'*. 11 *Oct*., 360.
— Machinerie des navires de guerre (Durston). *E'*. 27 *Sept*., 311, 318.
Marées. Effet du vent sur les (Wheeler). *E*. 20 *Sept*., 353. *E'* 27 *Sept*., 319.
Marine de Guerre. *Croiseurs* américains *Columbia* et *New-York*. *VDI*. 21 *Sept*., 1135. *E'*. 11 *Oct*., 354. rapides, défauts des. *Rmc*. *Oct*., 159.
— le *Pothuau*. Lancement du. *Rt*. 10 *Oct*., 433.
— Contre-torpilleur Salmon. *Rmc*. *Oct*., 186.
— Flotte britannique. Progrès de la (Bellet). *Gc*. 28 *Sept*., 341.
— Manœuvres anglaises et françaises. *E*. 27 *Sept*., 11 *Oct*., 398, 457.
— Torpilles. Les. *Rt*. 25 *Sept*., 10 *Oct*., 413, 448.
Marine anglaise. Accroissement de la. *E*. 11 *Oct*., 458.
Naufrages. Statistique des — en 1893. *Rmc*. *Oct*., 77. *Rs*. 28 *Sept*., 400.
— Échouage de la *Sardegna*. *Rmc*. *Oct*., 166.
Navigation de l'Ouze. *E'*. 11 *Oct*., 371.
Paquebot. Forest. *E*. 4 *Oct*., 419.
Phare de Spurn-Point. *E'*. 4 *Oct*., 344.
Pêches maritimes. *Rmc*. *Oct*., 193.
Sirène à vapeur. Sydney Smith. *E*. 11 *Oct*. 452.

MÉCANIQUE

Aérostation, nouveau principe de navigation aérienne (Powell). *E*. 11 *Oct*., 448.
Arrêt automatique à distance *Ci*. 22 *Sept*., 525.
Analyse harmonique, procédé graphique (Hess). *EE*. 5 *Oct*., 20.
Broyeurs. Niagara. *E'*. 11 *Oct*., 358.
Chaudières *Essais de* 22 *installations* Donkin. *E*. 20 *Sept*., 347.
— (Inspection des) *E'*. 20 *Sept*., 291.
— *tubulées* dans la marine. *E*. 27 *Sept*., 11 *Oct*., 396, 465. *E'*. *Oct*., 363.
— Peterseen et Macdonald. *E'*. 11 *Oct*., 366. Thornycroft. *E*. 11 *Oct*., 469.
— *foyers* à pétrole Seigle. *Ri*. 12 *Oct*., 401. Fumivore Broadbent. *Rt*. 10 *Oct*., 452.
— Soupape de trop-plein. Royle. *E'*. 27 *Sept*., 319.
— Facteur de sûreté pour les chaudières et machines marines. *E*. 4 *Oct*., 418.
— Plaque tubulaire Brown. *E*. 4 *Oct*., 443.
— *Réchauffeurs d'alimentation* (les). *E'* 4 *Oct*., 338. Row. *Ri*. 28 *Spt*., 389. Par vapeur vive Kerkaldy. *E*. 11 *Oct*., 453.
— *transmission de la chaleur* au travers des tôles (Walter). *E*. 4 *Oct*., 418. *El*. 11 *Oct*., 788
— Condensations dans les longs tuyaux. *E'*. 27 *Sept*., 317.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dragues du canal de Kiel. *E'.* 27 *Sept.*, 316.
Écrou indesserrable Downing. *Ri.* 12 *Oct.*, 406.
Embrayage à frein Shore *E.* 11 *Oct.*, 469.
— à friction Bliss. *Ri.* 12 *Oct.*, 405.
Émeri, industrie en Grèce. *SA.* 20 *Sept.*, 288.
Enregistreur musical. Rivoirs *Ln.* 28 *Sept.*, 276.
Freins dynamométriques nouveaux Rt. 10 *Oct.*, 138.
Froid. Machine frigorifique à acide carbonique Hesketh. *E.* 20 *Sept.*, 358.
— Abattoirs aux États-Unis. *Rt.* 25 *Sept.* 414.
— Fabrication de la glace à l'usine Ferrand. *Si.* 10 *Oct.*, 305.
Graisseur automatique Mers pour machines à vapeur. *Gc.* 21 *Sept.*, 334.
— Ottwell. *Ri.* 12 *Oct.*, 408.
Gyroscope électrique (Le) (Cheron). *Rmc. Oct.*, 5.
Horlogerie. Montre Rebello. *Ln* 21 *Sept.*, 268. Horloges autodynamiques 201, 27 *Sept.*, 4 *Oct.*, 461, 469.
Lynotipe (le). *E.* 4 *Oct.*, 418.
Levage. Grue locomotive Brown. *E'.* 20 *Sept.*, 293, locomobile Hawthorn. *Ri.* 5 *Oct.*, 393.
— Élévateur à moteur à gaz pour décharger les bateaux de charbon de Billy. *Ri.* 27 *Sept.*, 382.
— Conveyeurs pour charbons Hunt. *E.* 27 *Sept.*, 387.
— Treuils de navires actionnés par l'électricité. *El.* 28 *Sept.*, 196.
— Débardeur pour bois Statter. *E'.* 4 *Oct.*, 331.
Machines-outils, Chanfreineuses pour tôles Smith. *E.* 20 *Sept.*, 279. Emboutisseuse Rokliff. *E.* 4 *Oct.*, 417.
— Barre d'alésage Crawford. *E.* 20 *Sept.*, 379.
— Commande électrique de tours Siemens. *El.* 28 *Sept.*, 197. Tour d'apprentis Shanks. *E.* 27 *Sept.*, 390.
— Fraiseuse Schiess. *Industria.* 21 *Sept.*, 614. Fraiseuse perceuse Cooper. *E.* 4 *Oct.*, 433.
— Perceuse radiale Spencer. *Ri.* 21 *Sept.*, 376.
— Riveuses diverses. *Dp.* 20 *Sept.*, 269. Marteau-pilon de 1 000 kilos Schultz et Gobel. *Ri.* 5 *Oct.*, 393.
— Étau Schwartz. *E.* 20 *Sept.*, 379.
— à fabriquer les tubes sans soudure Wootten. *E.* 27 *Sept.*, 407. Boulet. *Gc.* 28 *Sept.*, 350. Wright. *E.* 4 *Oct.*, 442.
— à faire les chaînes Klatt. *VDI.* 21 *Sept.*, 1146.
— à couper les têtes de rivets Pickett. *E.* 11 *Oct.*, 409.
— à cintrer les poutrelles Aulanier. *Rt.* 10 *Oct.* 451.
— à fabriquer les allumettes. *In.* 20 *Sept.*, 221.
— Ateliers de Soho. *E'.* 27 *Sept.*, 305.
— Taraudeuses Delisle. *Dp.* 11 *Oct.*, 39. Ward. *E.* 4 *Oct.*, 441.
— à rectifier commandée par l'électricité. *Rt.* 25 *Sept.*, 420.
— **à bois,** diverses. *Dp.* 20 *Sept.*, 265.
— *Scies* à ruban horizontales, Ransome. *Gc.* 5 *Oct.*, 367.
— Étude sur les scies (Hermann). *ZOI,* 4 *Oct.*, 472.
— Haches (Fabrication des). (Smith.) *E.* 11 *Oct.*, 470.
Meunerie moderne. *E.* 4 *Oct.*, 416.
— Magasins à blé des moulins de Montrouge. *Ac. Oct.*, 150
Moteurs à vapeur vertical à tiroirs rotatifs Carels. *Pm. Oct.*, 146.
— *Turbines* (Klein) *VDI.* 5 *Oct.*, 1189; de Laval, 100 chevaux. *E'.* 11 *Oct.*, 358.
— Compound, calcul des cylindres (Knapp) *E'.* 4 *Oct.*, 345. Chute de pression au condenseur et au réservoir intermédiaire (Elliott). *E.* 4 *Oct.*, 435.
— Condenseurs à fascines Montupet. *Ri.* 28 *Sept.*, 385.
— Piston Finney. *E.* 20 *Sept.*, 380. Garnitures élastiques aux États-Unis. *Gc.* 12 *Oct.*, 380.
— *Régulateur direct.* Datis *E.* 20 *Sept.*, 380. Régularisation par étranglement et par détente variable (Sankey). *IMA. Avril*, 154.
— Distribution à déclics Pearson. *E.* 20 *Sept.*, 280.
— Mise en train Coatis. *E.* 20 *Sept.*, 362. Diagrammes et cyclogrammes. *E.* 11 *Oct.*, 861.
— **à air chaud** Rider. *Gc. Rt.*, 25 *Sept.*, 425.
— **à gaz** divers. *Dp.* 27 *Sept.*, 295.
— Bellamy. *Ci.* 22 *Sept.*, 526. A gaz pauvre Crossley, 150 chevaux. *Rt.* 10 *Oct.*, 145.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

— Pour stations électriques. *El.* 4 *Oct.*, 755. Mise en train Green. *E'.* 4 *Oct.*, 342. Gaz Douwson, prix à Gloucester. *Ri.* 12 *Oct.*, 406.

— *A pétrole* épurateur d'échappement pour Bedson. *E.* 20 *Sept.*,379. Moteurs Quentin. *Co*, 21 *Sept.*, 233. Wegman. *E.* 4 *Oct.*, 411. Locomobile de la Britannia et *C°* *E.* 27 *Sept.*, 319.

Planimètre nouveau. *Gc.* 5 *Oct.*, 569. Dynamique. *Dp.* 11 *Oct.*, 41.

Résistance des matériaux (la). Machine à essayer Olsen. *Ri.* 21 *Sept.*, 374.

Soudure (Four à) au pétrole, Moeller. *E.* 27 *Sept.* 391.

Textiles. Les fibres commerciales (Morris). *SA.* 27 *Sept.*, 141; 11 *Oct.*, 891, 901, 911.

— Défibreur Foulkes. *E.* 20 *Sept.*, 380.

— Guipure. Industrie en Flandre. *SA.* 4 *Oct.*, 908.

— Application d'un échantillon d'aluminium en poudre à l'impression des tissus, *Bulletin de la Société industrielle de Rouen. Mai.*, 290.

Vide (pompe à) et trompe (Durfec). *Fi. Oct.*, 311.

Vis (pas de). *BA.* de la British Association. *E.* 4 *Oct.*, 418.

MÉTALLURGIE

Alliages. (Rapport au Comité des) Roberts Austin. Examen pyrométrique des alliages de cuivre et d'étain (Sansfield). *IME.*, *Avril*, 238, 269.

Aluminium. Production aux États-Unis. *Elé.* 21 *Sept.*, 186.

Argent. Raffinage électrique (Faunce). *Fi. Oct.* 287. Cuivre best selected, élimination des impuretés (Gibb). *IME. Avril*, 254.

Essorage des métaux. *Ie.* 10 *Oct.*, 427.

Fer et acier. Aciéries de Johnston. Pensylvanie. *SuE.* 1er *Oct.*, 901.

— Traitement de l'acier fondu. Love. *E.* 11 *Oct.*, 469.

— Fer fondu. Prétendue insécurité. *E'.* 4 *Oct.*, 330.

— Étampages en acier. *SuE.* 1er *Oct.* 889.

— Fabrication des plaques de blindage. *E'.* 4 *Oct.* 337. —(Appareil à recuire les), par l'électricité. *Gc.* 12 *Oct.*, 378.

— Utilisation des chaleurs perdues des fours à réverbère Bagley. *E.* 11 *Oct.* 469.

— Courbes de refroidissement et les essais des fontes (Keep). *E.* 20 *Sept.*, 375.

Galvanisation. (Perfectionnement de la). *E'.* 4 *Oct.* 343.

Industrie métallurgique aux États-Unis. *E.* 11 *Oct.*. 460.

Or. Amalgamation Tina. *Eam.* 14 *Sept.* 253.— (Drague d') Rigaud pour alluvions aurifères. *Rt.* 10 *Oct.*, 446.

— Bocard Homestake. *Eam.* 21 *Sept.*, 250.

— Chloruration. *Eam.* 21 *Sept.*, 270. Filtre au sable pour bacs de —, *ib.* 274.

— Précipitation partielle d'une solution d'or et de cuivre par l'hydrogène sulfuré. *Eam.* 5 *Oct.*, 523.

— Traitement aux Blak Hildl Sud Dakota. *Eam.* 14 *Sept.*, 247.

— Progrès dans le traitement des minéraux (Merle). *Ms. Oct.*, 685.

MINES

Amorces et *exploseurs* électriques. *Elé.* 5 *Oct.* 215.

— Goupillat. *FE.* 5 *Oct.*, 26.

— Puissance et effets des explosifs. *E'.* 11 *Oct.*, 367.

— *Bocards* Saunders. *E.* 27 *Sept.*, 407.

— *Carrière de pierres* à Bandera. *Eam.* 28 *Sept.* 299.

Cuivre du Western. Idaho *American Journal of Science. Oct.*, 298.

— et azurite à Wallesfangen. *Cs.* 30 *Sept.*, 807.

— Mines de Huelva. *USR. Sept.*, 96.

Diamant noir du Brésil. *Ln.* 3 *Oct.*, 304.

États-Unis. Production minérale. *Eam.* 14 *Sept.* 242.

Fer. Gisement de Hartville (Wyoming). *Eam.* 5 *Oct.* 320.

Forage par congélation. Gobert. *E.* 20 *Sept.* 353. Poetsh, à Anzin. *Im.* IX, 27.

Fours à coke. Salvay Smith et Brunk. *Cs.* 30 *Sept.*, 792, 793.

Électricité. Station centrale de la Younghie-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gheny River Coal Cº. *Eam.* 14 *Sept.*, 245.
— Installation de la mine Santa-Fay-l'Argentière. *Im.* IX, 169
Échelle mobile dans les mines anglaises. *Am. Sept.*, 329.
Géorgie. Richesses minérales. *Eam.* 28 *Sept.*, 296.
Grisou. Explosion au puits Ronna. *Im.* IX, 161.
— (Appareil pour l'étude des accidents de). *Gc.* 12 *Oct.*, 376.
Haveuses électriques Boland. *E.* 27 *Sept.* 407.
Houille. Préparation mécanique à Powell Duffryn. *Gc.* 21 *Sept.*, 329.
— Production du monde. *Rt.* 25 *Sept.*, 418.
— Charbonnages du Hainaut. *E.* 20 *Sept.*, 368.
New South Wales. Production minérale. *Eam.* 14 *Sept.*, 244.
Or. Mines d'or et d'argent du Colorado. *Ef.* 21 *Sept.*, 377.
— de Cripple Creak. *Eam.* 5 *Oct.*, 321.
— du Transvaal. *Eam.* 5 *Oct.*, 318.
— Production en Australie et dans le monde. *Am. Sept.*, 355.
Perforatrice électrique. Siemens. *Eam.* 21 *Sept.*, 275.
Phosphates. Gisements algériens. Tébessa, Boghari, Sidi Aïssa, Msila. *Am. Sept.*, 237.
Plans inclinés automoteurs. Poulies Vanhasset. *Im.* IX, 149.
Pompes d'épuisement électriques (Dow). *Eam.* 5 *Oct.*, 525.
Thorite. Exploitation en Norvège. *Crc.* 12 *Oct.* 377.

PHOTOGRAPHIE

L'auréole photographique (Legrand) *Sfp.* 1er *Sept.*, 409.
Cinématographe. Lumière. *Co.* 12 *Oct.*, 332.
Développement lent (Matériel pour). (Gaumont). *Sfp.* 15 *Sept.*, 443.
Réseaux quadrillés pour photogravure. (Fery). *Sfp.* 15 *Sept.*, 449.
Photo-jumelle panoramique Carpentier. *Ln.* 5 *Oct.* 299.
Photo-micrographie au bitume. *Industria.* 29 *Sept.*, 612.
Photographie des couleurs. (Mathieu). *Cs.* 30 *Sept.* 820.
Photosphère (Le). *Ln.* 21 *Sept.*, 269.

Le Gérant : Gustave Richard.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

94e ANNÉE. Quatrième Série, Tome X. NOVEMBRE 1895

BULLETIN

DE

LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

ARTS MÉCANIQUES

RAPPORT présenté *par* M. IMBS, au nom du *Comité des Arts mécaniques*, sur la *carde à chapeaux chaînés de* M. G. FAUQUET.

La filature du coton a, de tout temps, employé en proportions dominantes les cardes dites *à chapeaux plats*, qui, bien que moins productives que les cardes à hérissons, ont, pour le coton, l'avantage particulier de se prêter à effectuer non seulement la division de la masse fibreuse, mais aussi son épuration.

Dans les anciennes cardes à chapeaux plats, chacun des chapeaux formant l'enveloppe cardante au-dessus du grand tambour était fixe ou immobile. Engagé sur deux goujons plantés sur les bâtis cintrés, il posait sur les deux cintres par l'intermédiaire de vis de réglage plantées de même sur ces cintres, par paire, sous chaque extrémité d'un chapeau, comme le montre la figure 1. On réglait ainsi à volonté, par ses quatre vis v, le rapprochement et la pente de chaque chapeau par rapport au tambour. De même, on corrigeait incessamment ce réglage au fur et à mesure que les aiguisages répétés du tambour et des chapeaux, en provoquant l'usure des surfaces cardantes, venaient tendre à augmenter leur distance.

La carde à chapeaux fixes exigeait pour son service trois manœuvres essentiellement onéreuses, dont deux fort délicates et minutieuses, et dont la troisième était une opération désastreuse pour la santé des ouvriers. La première était la surveillance et les corrections incessantes des vis de réglage : au nombre de 96 pour une carde de vingt-quatre chapeaux ; la seconde était l'arrêt de la machine, le transport et le réglage, à une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

machine à aiguiser, de tous les chapeaux successifs, pour leur aiguisage bihebdomadaire; la troisième opération était le débourrage manuel des chapeaux effectué sans interruption pendant la marche par un débourreur desservant une douzaine de machines. Ce fut cette dernière obligation qui provoqua, il y a environ quarante-cinq ans, d'actives recherches de perfectionnement. Notre compatriote Dannery imagina et exécuta à Rouen les premiers appareils pour le débourrage automatique des chapeaux, et fut promptement imité par Wellmann, Higgins et autres. En même temps, un inventeur anglais, tournant la difficulté de créer ou combiner un mécanisme aussi complexe, imaginait le système des chapeaux articulés en chaîne sans fin et circulant d'un mouvement lent et continu. Cette dernière combinaison, fort simple en elle-même, mais fort difficile d'exécution par ses exigences de précision, présentait un ensemble de simplifications d'exploitation en filature qui ont déterminé peu à peu la prédominance actuelle de ce type de cardes sur tous les autres pour le coton. Toutefois, ce type à chapeaux chaînés, imaginé par Evan Leigh, est resté longtemps assez imparfait quant à son système de réglage micrométrique des chapeaux concentriquement au tambour. La disposition employée à cet effet par Evan Leigh et par les constructeurs Platt-Brothers et C°, consistait à faire glisser les chapeaux chaînés sur deux glissières circulaires flexibles x, comme le montre la figure 2; posant en son milieu sur une vis de réglage y, d'épaisseur décroissante de ce milieu à ses extrémités, et munie à ces deux extrémités de vis de tension $y'y'$, la glissière se montait, s'abaissait ou s'infléchissait suivant les besoins. Quel que fût le soin d'exécution de cette glissière et de toute la machine et l'exactitude absolue des cent quarante chapeaux formant la chaîne, on comprend qu'une telle glissière était une approximation réellement imparfaite pour un réglage qui expose à de graves dégâts s'il se produit le moindre contact d'un seul organe avec le tambour, et qui n'a cependant sa pleine efficacité, comme rendement en qualité et en quantité de produit, qu'à la condition d'une proximité au 1/10e ou au 1/20e de millimètre entre les organes cardeurs : chapeaux et tambour. Malgré cette imperfection, les avantages pratiques de ce type de carde apparurent avec évidence : plus de réglage détaillé, tout en augmentant le nombre des chapeaux en fonction; plus de débourrage manuel des chapeaux, ni, pour le remplacer, d'appareil débourreur additionnel et compliqué, chaque chapeau se présentant à son tour tout naturellement à l'action d'un simple peigne débourreur; plus de transport ni de réglage détaillé, à la machine à aiguiser, des chapeaux un à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

un, tous défilant sur la carde même et pendant sa marche sous le rouleau aiguiseur, assurant leur uniformité en même temps que les ravivant. D'ailleurs, même imparfaite, cette carde dépassait déjà en rendement les cardes à chapeaux fixes à débourrage automatique, par suite de la facilité d'étendre à un arc beaucoup plus important la fraction de circonférence enveloppée. Néanmoins, l'imperfection des glissières et du réglage des chapeaux retint, à tort ou à raison, un grand nombre de filateurs, et notamment nos filateurs français; bien que des milliers de ces cardes, répandues en Angleterre par les constructeurs Platt-Brothers et C°, en montrassent depuis longtemps les importants avantages, la presque totalité des filateurs du continent continuèrent à monter des cardes à chapeaux fixes avec débourreur

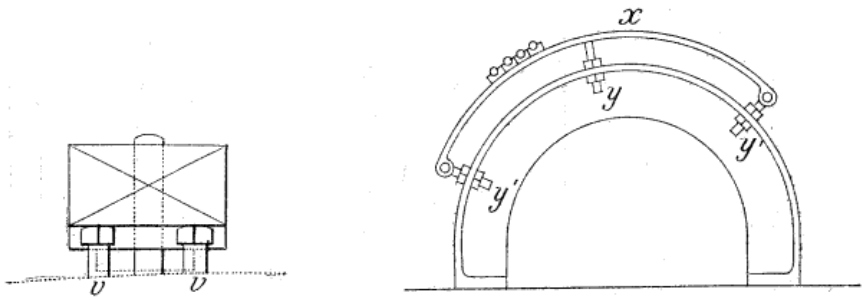


Fig. 1 et 2. — Principe du réglage des anciennes cardes. — Chapeaux à glissière flexible *Evan Leigh*.

mécanique. La graduation de finesse et la graduation du resserrement de réglage des chapeaux successifs leur paraissaient préférables.

Le premier, M. Ashworth, établit, en 1882, la disposition du réglage des chapeaux chaînés dans des conditions exactes. Sa disposition, des plus simples, est celle de la figure 6. Sur les cintres, tournés et montés en parfaite concordance avec le tambour et avec son axe, M. Ashworth place une série de lames d'acier minces, d'épaisseurs facultatives, superposées et enserrées toutes par une lame de recouvrement solidement bandée qui forme la glissière. Varier en toute exactitude de 1/10e ou de 1/20e de millimètre le rayon de la glissière, et sans tâtonnement, devenait ainsi chose simple, commode et sûre. M. Ashworth munit en outre les coussinets du tambour de vis de relevage pour corriger les usures possibles de ces coussinets, et toute la machine de nombreux et remarquables détails de perfectionnement, notamment au sujet des garnitures de cardes et de tout le service pratique de la machine en filature. Admirablement exécutée, sa carde apparut sur le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

marché anglais avec un éclat exceptionnel jusque-là, affirmant et prouvant une faculté de travail en belle qualité de produit, avec un déchet minime, et avec un rendement en quantité non plus seulement d'une fois et demie, mais de près de trois fois celui des cardes à chapeaux fixes. Un tel résultat, et la simplicité extraordinaire d'exploitation avec laquelle il était obtenu, furent décisifs, et le type de carde à chapeaux chaînés devint dès lors d'un emploi universel et presque exclusif pour toutes les sortes de filatures de coton

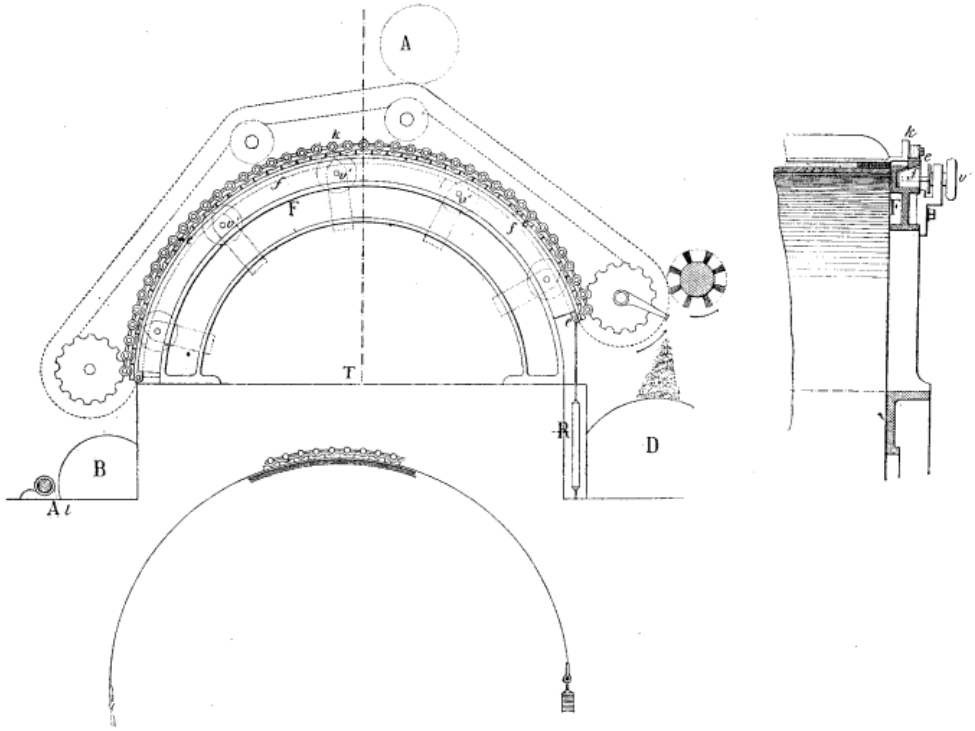


Fig. 4, 5 et 6. — Schémas des cardes Howard-Bullough et Ashworth.

ordinaires et mi-fines. En même temps, tous les constructeurs de filatures se portèrent à la fois sur la construction de ce type. Le bon dispositif de réglage des chapeaux de la carde Ashworth étant pour une grande part dans sa supériorité marquée, chaque constructeur s'ingénia à créer un dispositif rival pour ce point. Parmi ces nombreuses dispositions, il en est de plus ou moins satisfaisantes. On peut utilement citer celle de MM. Howard-Bullough, qui contribua à accroître le succès rapide des chapeaux chaînés, et qui est représentée dans les figures 4 et 5. Elle consiste en une glissière *e*, formée d'une bande encore flexible quoique bien plus épaisse, vigoureusement tendue en R,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de forme cylindrique en dessus et conique en dessous, s'appuyant sur le cintre tourné F, par l'intermédiaire d'un cintre mobile *f*, conique en dessus et de pente égale mais inverse à la pente du cône de la bande. Une couronne latérale maintient la bande, et cinq ou six vis de réglage *v'*, réparties sur le cintre extérieur, permettent de pousser ou retirer de quantités micrométriques le cône de support, pour provoquer la dilatation ou la contraction micrométrique exacte et uniforme de la bande-glissière. Sur la machine, les cinq ou six vis de réglage d'un côté sont reliées ensemble par des pignons et une chaîne, et la manœuvre d'une seule vis commande les autres, toutes portant d'ailleurs une aiguille et un cadran de contrôle. Moyennant une bonne exécution, le réglage est, on le voit, aussi exact que commode et rapide, tant que, toutefois, aucune perturbation ne s'est produite dans la direction de l'axe du tambour.

On peut citer encore (non pour en discuter l'imperfection géométrique évidente, mais pour montrer l'importance que les constructeurs attachent à posséder, pour ce réglage, un dispositif leur appartenant et leur permettant de concourir pour ces machines) la disposition appliquée en Angleterre par M. Tatham et sur le continent par la Société alsacienne. Les figures 7 à 10 montrent, en *x c' k*, les chapeaux supportés par deux cintres en fonte C et B, superposés, que leurs courbes de tangence *c* et *b'*, en forme de développante très allongée, permettent de faire fonctionner comme deux coins circulaires. Le cintre inférieur B, monté en *a b* sur un cintre de soubassement circulaire A, est muni d'une denture sur laquelle le régleur peut agir par l'intermédiaire d'une manivelle et d'une vis sans fin V et de roues couplées *p p'* pour le déplacer de minimes quantités.

Tous ces dispositifs ont un caractère commun, et tendent plus ou moins bien à un même résultat pratique, qui est d'obtenir, par une seule opération ou la manœuvre d'une seule vis de réglage (au lieu de quatre-vingt-huit que l'ancien système à chapeaux fixes eût nécessitées pour quarante-quatre chapeaux en activité de cardage) la dilatation ou la contraction de la glissière sur laquelle cheminent les chapeaux. Le résultat n'est acquis et bon, bien entendu, que si cette contraction est obtenue absolument micrométrique, uniforme et concentrique pour la glissière entière.

Malgré les qualités éminentes de ces machines, quand cette condition se trouve remplie, comme, par exemple, dans celles de M. Ashworth ou de M. Howard-Bullough, il est resté dans l'esprit d'un grand nombre de filateurs trois critiques fréquemment formulées à leur sujet. La première, qui

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

se réfère à l'impossibilité de graduer la finesse des garnitures des chapeaux en fonction, du premier au dernier, n'est pas susceptible de modifications, et il y a là un sacrifice théorique à accepter pour une somme d'avantages fort

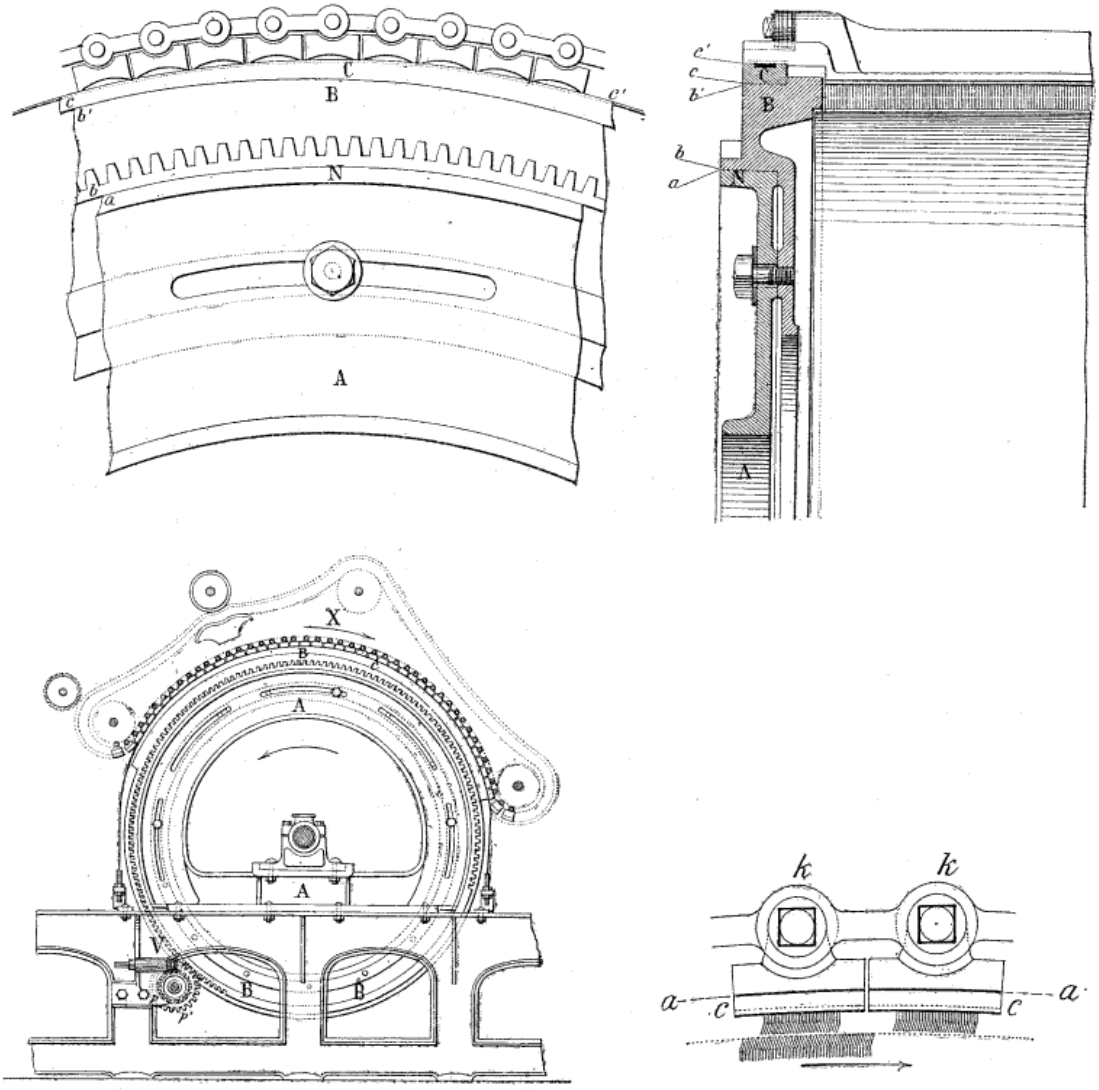


Fig. 7, 8 et 9. — Carde à chapeaux Tatham (Société Alsacienne). — Ensemble. Détails des cintres et des chapeaux.

importants. La seconde vise précisément cette uniformité et cette solidarité de réglage pour tous les chapeaux, qui ne permet pas, comme dans les anciennes cardes à chapeaux fixes, de graduer du premier au dernier le resserrement du réglage. La troisième, d'ordre uniquement pratique, vise

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les déplacements que peut, à la longue, subir l'axe du tambour, par son usure dans ses coussinets, déplacements inégaux et non parallèles entre les mains d'ouvriers négligents qui oublient les soins de graissage régulier, et montent fréquemment des courroies trop tendues pour la commande de la machine.

Visant ces deux dernières objections, MM. Rieter et Cie, de Winterthur, ont présenté, en 1889, une carde dans laquelle la glissière des chapeaux est tout simplement exécutée en six arcs indépendants, tracés à la circonférence moyenne, et réglables, chacun pour son compte particulier, dans la direction

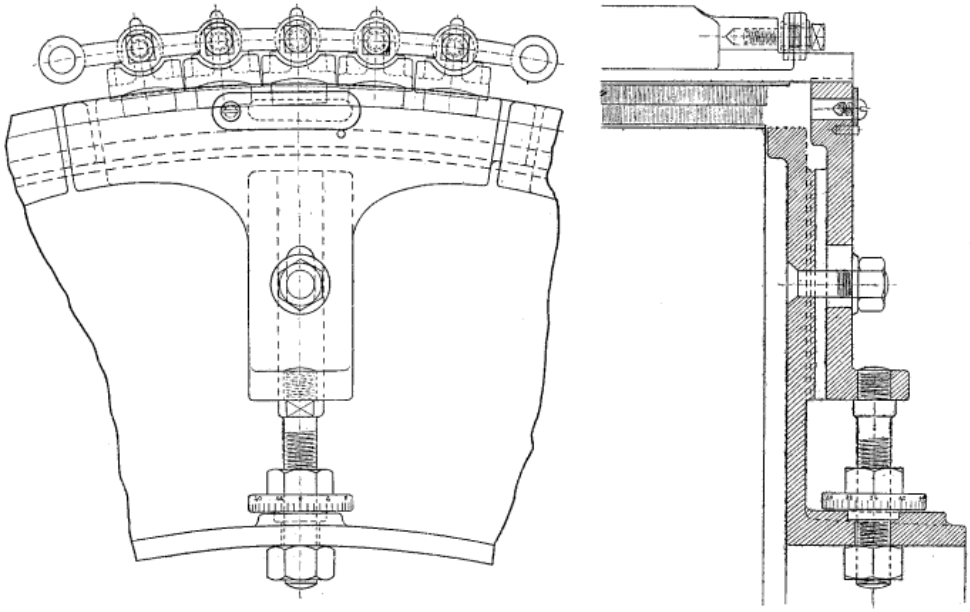


Fig. 11 et 12. — Carde Rieter.

du rayon passant, par son milieu, par sa vis et sa coulisse particulières. C'est ce que représente les figures 11 et 12. L'indépendance des arcs permet évidemment de suivre toujours la direction, même déviée, du tambour. On peut de même ainsi graduer d'un arc au suivant le resserrement du réglage. Mais on retombe dans une certaine mesure dans les réglages multiples et longs pour le service journalier des corrections de ce réglage. D'autre part, bien que, sur un tambour de 1m,30 de diamètre, la variation totale, pour le réglage, ne dépasse guère 1 centimètre sur le rayon, c'est-à-dire 1/65e, la division en six arcs de circonférence moyenne représente une erreur d'approximation assez sensible. Et si, pour la diminuer, l'on veut

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

faire la division en un plus grand nombre d'arcs, on retombe de plus en plus dans les réglages multiples et minutieux.

M. Georges Fauquet, directeur de la grande filature de la Foudre, près Rouen, a imaginé une ingénieuse disposition, d'un caractère simple et pratique, représentée dans les figures 13 à 19 et qui corrige parfaitement

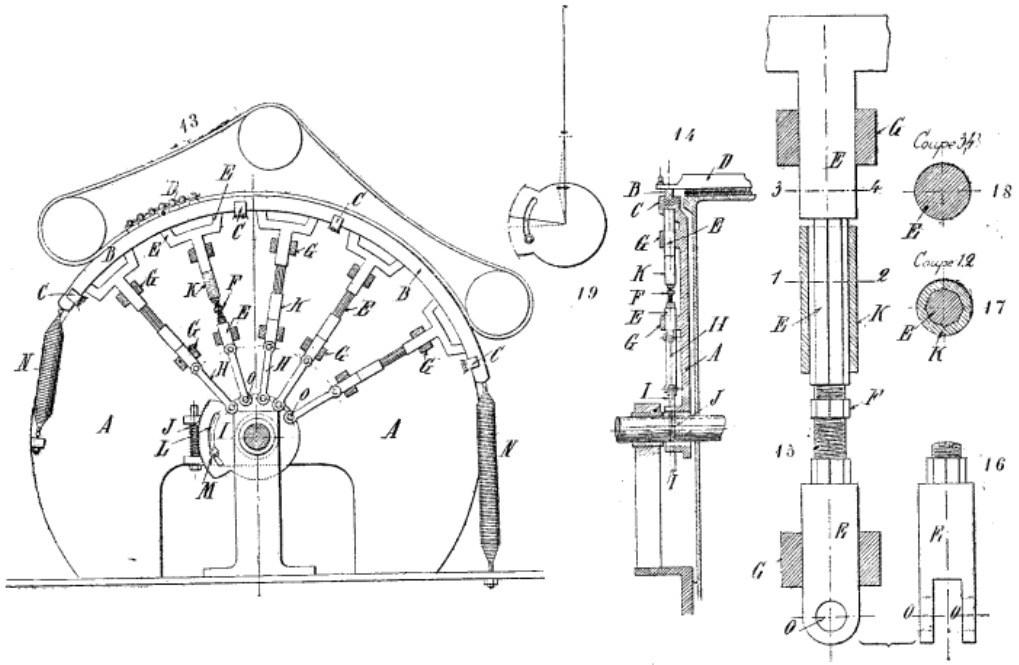


Fig. 13 à 19. — Carde à chapeaux chainés de *M. Fauquet*. Élévation, détail d'une glissière et du secteur I.

D, chapeaux montés sur la bande B, maintenue latéralement en C C, et tendue en N N sur les arcs E E, à vis de réglage F, dont les tiges, guidées en G G, sont articulées par les bielles H aux boulons O, fixés sur le secteur I, que l'on peut régler par la vis J, puis fixer par le boulon M de sa coulisse L. — La figure 19 montre le jeu des bielles H et leur effet micrométrique sur les vis de réglage.

les objections faites au système Rieter, dont il conserve le principe. Sans tomber, pour le service courant, dans les réglages minutieux et multiples; il peut cependant, dans l'exécution de la machine, fractionner autant qu'il le veut les arcs indépendants. Supposons six arcs avec leur faculté de réglage à six degrés sur le parcours total. M. Fauquet relie facultativement, par un dispositif simple et peu encombrant (H O I), les six vis de réglage des six arcs E, composant la glissière complète. On devine alors aisément que, au montage de la machine neuve, les six vis F serviront, à titre indépendant,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à régler à volonté une première relation de proximité graduée. Puis, en service, pour toute correction à apporter par suite des usures successives d'aiguisage soit du tambour, soit des chapeaux, le mécanisme d'accouplement I permet d'agir, par un seul mouvement en J, et de quantités micrométriques uniformes, sur les six arcs de chaque glissière. Enfin, si une usure minime d'un des coussinets du tambour a quelque peu modifié la direction de son axe de rotation, l'indépendance toujours disponible des six arcs se prête à toute correction désirable.

M. Fauquet recouvre en outre les arcs par une bande flexible B, qui forme la glissière réelle.

Les avantages de la disposition de M. Fauquet se comprennent d'eux-mêmes, et ils ont amené deux importants constructeurs, la Société Alsacienne à Mulhouse et Belfort et MM. Asa-Lees à Oldham, à adopter ce système.

Le Comité des Arts mécaniques a l'honneur de proposer à la Société de remercier M. Georges Fauquet de son intéressante communication et d'insérer le présent rapport au *Bulletin* avec le dessin explicatif du système.

Signé : Jos. Imbs, *rapporteur.*

Approuvé en séance le 8 *novembre* 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ÉLECTRICITÉ

LES TRANSMISSIONS ÉLECTRIQUES DANS LES ATELIERS, PAR M. A. Hillairet (1).

La production et l'utilisation du courant électrique nous sont aujourd'hui familières. Les calculs d'établissement et la construction des dynamos génératrices ou réceptrices sont passés dans la pratique courante.

Nous savons très exactement de quels rendements ces machines sont capables aux différents régimes, et, dans nos évaluations préliminaires, nous pouvons compter sur une approximation qui n'est pas éloignée du centième.

Nous avons à notre disposition des données précises : les grandes lois fondamentales nous sont connues, et les coefficients spécifiques peuvent être facilement déterminés et vérifiés.

L'établissement des transmissions électriques ne présente, en conséquence, aucun aléa.

Les procédés dont on dispose pour transmettre le mouvement d'une machine motrice à des machines opératoires sont peu nombreux : depuis une cinquantaine d'années leur nombre ne s'est guère accru.

Les arbres de couche ont subsisté; les courroies, les câbles et les poulies ont supplanté les engrenages dans la plupart des cas.

L'air comprimé et l'eau sous pression n'ont été adaptés qu'exceptionnellement à des engins spéciaux, en nombre restreint.

Jusqu'à ces dernières années, toute machine qui devait être mise en mouvement séparément, à des régimes de charge et de vitesse variés, était commandée par un moteur à vapeur indépendant; une distribution par moteurs séparés ne pouvait s'entendre que de cette façon, et quelques usines ont été ainsi aménagées.

La mauvaise utilisation de la vapeur par des moteurs de faible puissance et l'importance des condensations dans les conduites les mieux établies donnent lieu à une dépense exagérée ; il n'est pas rare d'arriver ainsi à 50 ou 60 kilogrammes de vapeur par cheval-heure sur l'arbre des moteurs, c'est-à-dire qu'on y dépense 6 ou 7 fois plus que sur l'arbre d'une machine puissante et économique. Le développement des générateurs de vapeur, c'est-à-dire leur prix de premier établissement, suit cette progression.

Les transmissions électriques permettent au contraire d'obtenir des rendements élevés : pour 100 kilogrammètres dépensés sur l'arbre d'une génératrice, on en recueille de 50 à 80 sur l'arbre d'une réceptrice, suivant la puissance

(1) Conférence du 26 avril 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de celle-ci, son régime, et la perte dans la ligne qui, pour de courtes distances, peut n'atteindre, à la rigueur, que 1 p. 100.

Dans la plupart des cas, les moteurs à vapeur séparés doivent donc disparaître.

Il y a, en ce moment, de nombreuses transformations de cette nature en cours d'exécution.

Les usines nouvelles sont presque toutes prévues avec station centrale de force motrice; les bâtiments, les ateliers et les machines s'y peuvent développer suivant les nécessités de la production, et non, comme autrefois, avec les transmissions mécaniques, suivant des alignements déterminés et inflexibles.

Aucun moteur n'est plus souple et plus facile à conduire qu'une réceptrice électrique : on peut en exiger sans l'avarier des efforts anormaux accidentels deux ou trois fois supérieurs à l'effort normal prévu; on peut modifier sa vitesse à volonté quelle que soit la charge, ou, au contraire, rendre cette vitesse presque constante et indépendante de la charge, de sorte que, celle-ci venant à manquer subitement, aucun emballement n'est à craindre.

Les manœuvres les plus brutales comme les plus précises peuvent s'obtenir avec la même machine : un ascenseur peut démarrer rapidement sous charge et s'arrêter ensuite automatiquement à quelques millimètres d'un repère après avoir franchi plusieurs étages.

Le pointage électrique des canons dans les tourelles cuirassées mobiles met en jeu des masses qui ont jusqu'à 100 tonnes : les plus grands déplacements, comme les plus petits, et les changements de marche, s'obtiennent avec la même aisance : les oscillations minuscules qui permettent à la ligne de mire d'atteindre le but sont réalisées avec une exactitude presque inespérée.

Les organes électriques sont moins délicats qu'on ne l'a cru : ils ont suffisamment prouvé leur vitalité pour qu'on puisse l'affirmer.

Les dynamos des tramways, commandant par engrenages les essieux moteurs, subissent les plus rudes assauts. Les cabestans, les grues et autres appareils électriques de manutention, exposés aux intempéries, en pleine voie ou sur des quais balayés par les embruns, résistent à l'humidité. Des réceptrices isolées, tournant nuit et jour, à peine visitées une fois par 24 heures, fonctionnent bien sans surveillance.

Les transmissions électriques doivent leur fortune rapide à ces précieuses qualités.

I

Les *perceuses électriques* étaient inconnues il y a dix ans; aujourd'hui elles font partie de l'outillage courant.

Ces outils furent parmi les premiers auxquels on appliqua les moteurs élec-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

triques. Dans certains travaux, l'emploi de perceuses portatives est indispensable: le perçage au cliquet est long et coûteux; les perceuses à transmission funiculaire ont été en faveur jusqu'au moment où apparurent les perceuses électriques, qui les ont complètement supplantées.

Les avantages de ces outils, portatifs et d'une installation facile, sont nombreux : ils ont décuplé la production journalière du perceur au cliquet (1). Cer-

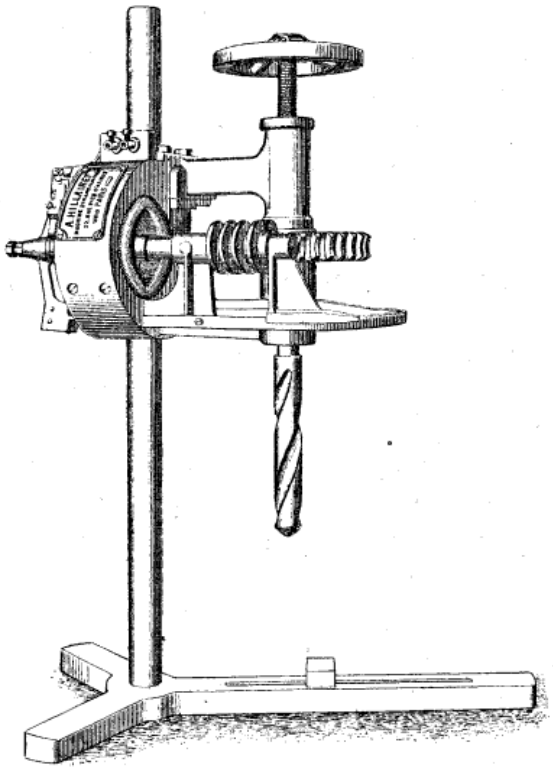


Fig. 1. — Perceuse portative à action directe.

tains travaux de charpente et de constructions navales ont pu être exécutés dans des délais impossibles à atteindre auparavant. Nous pourrions citer des réparations d'urgence où le travail capital était un perçage rapide poussé jour et nuit avec ces machines.

(1) Un de nos premiers essais pratiqué en 1886 dans une chaudronnerie, a donné les résultats suivants :

Diamètre des trous : 25 millimètres en tôle d'acier doux : perçage au cliquet, 10 trous par journée de 10 heures; perçage électrique, par le même perceur, 115 trous par journée de 10 heures. On peut compter, pour ce dernier, sur un avancement moyen de 10 millimètres par minute dans la tôle d'acier et dans le fer; dans la fonte, cet avancement peut être dépassé, et atteindre 15 à 20 millimètres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En novembre 1887, à la suite d'un accident survenu pendant l'embarquement des machines à l'un des cylindres à basse pression du croiseur russe *Amiral Kornilow*, on put abréger des deux tiers la durée du perçage des trous du cylindre neuf en conjuguant sur cette pièce une radiale et deux perceuses électriques dont le travail était poursuivi jour et nuit (1).

En 1889, quatre perceuses, du type représenté par la figure 1, purent fraiser en deux mois 60 000 trous sur le pont cuirassé du croiseur grec *Hydra* (2).

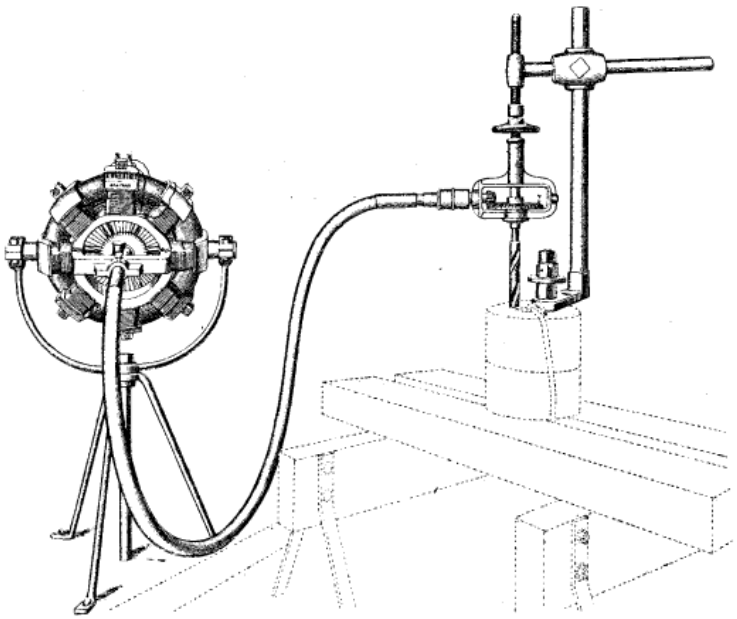


Fig. 2. — Perceuse portative avec transmission flexible.

Ce pont était formé de cinq tôles d'acier chromé, d'une épaisseur de 12 millimètres chacune, soit 60 millimètres pour l'épaisseur totale.

Outre le bénéfice immédiat d'un travail rapide, que donne l'emploi de ces machines, il est intéressant de signaler le fait suivant. Quand le coupant du foret rencontre dans le métal une partie dure, le moment résistant augmente, la vitesse de l'outil diminue ; mais, grâce à l'auto-régularisation de la dynamo, le moment moteur s'accroît aussi ; le foret est sollicité avec plus de force, mais lentement, et l'outil reprend de lui-même sa vitesse de régime quand le mauvais pas est franchi. Le coupant, ainsi ménagé par le moteur même, ne s'égrène pas et se conserve longtemps ; les affûtages sont moins fréquents qu'avec les perceuses

(1) Chantiers de la Loire : ateliers de Nantes.
(2) Chantiers de la Loire. Chantiers de Saint-Nazaire.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mécaniques ordinaires. Les perceurs remarquent bien vite cette propriété, qui permet aussi de donner au foret des vitesses relativement élevées.

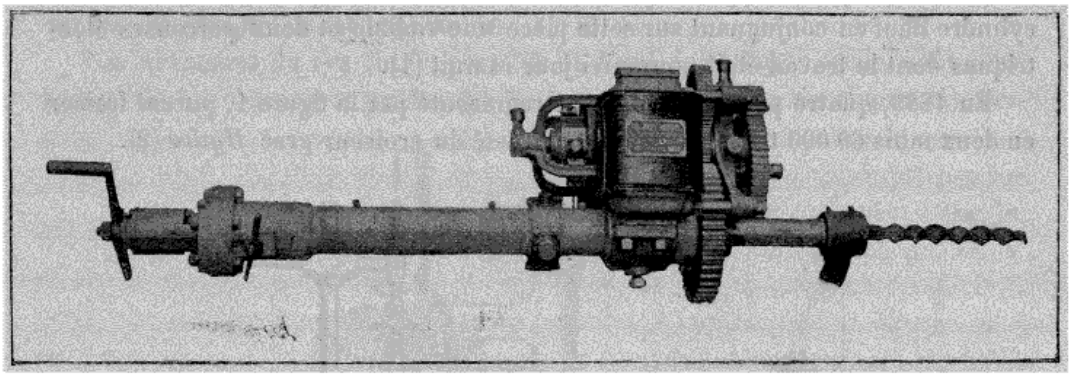


Fig. 3. — Perforatrice rotative Bornet.

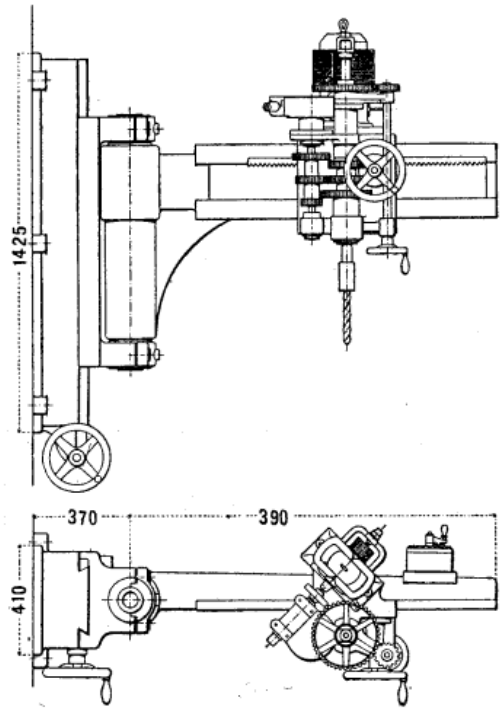


Fig. 4. — Perceuse radiale de l'Allgemeine Elektricitats Gesellschaft.

La figure 1 représente une perceuse portative à action directe ; la figure 2, une perceuse à transmission flexible. Ces dernières sont, jusqu'à présent, un peu plus répandues que les premières : le porte-outil y est plus léger et plus facile à déplacer.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les *perforatrices rotatives* à mèche hélicoïdale ont quelque analogie avec les perceuses portatives.

Ces machines, très répandues dans les mines et les carrières où la roche n'est pas assez dure pour imposer l'emploi de la percussion, sont généralement mues à bras ou par des moteurs à air comprimé. Quelques perforatrices rotatives de différents systèmes, munies de moteurs électriques, sont actuellement en usage.

La figure 3 est une vue photographique de l'une des perforatrices du système Bornet, à avance automatique, employées au percement du tunel de Mazargues (travaux d'assainissement de la ville de Marseille, 1894). Huit perforatrices de ce

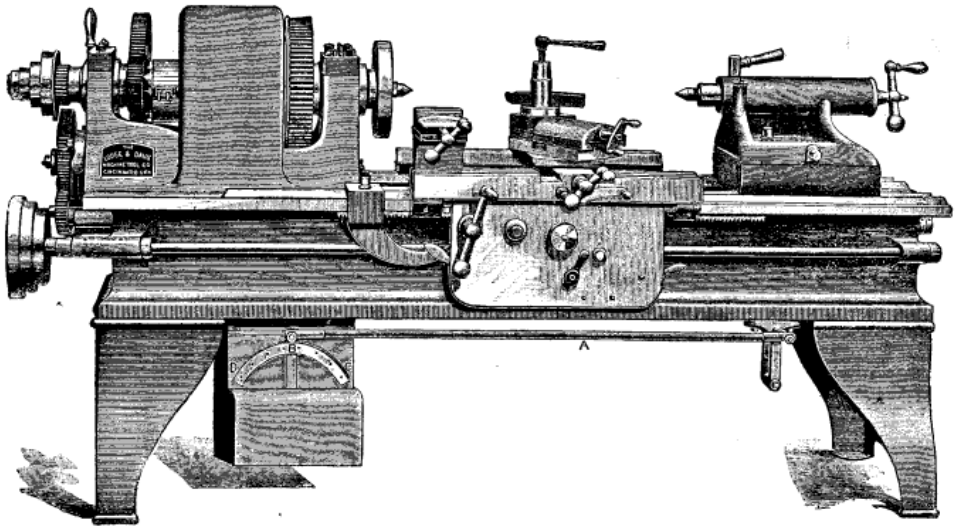


Fig. 5. — Tour électrique *Lodge et Davis*.

type, réparties en deux chantiers, donnaient un avancement de 2 à 3 mètres par jour à chaque attaque. La roche était un calcaire siliceux compact et dur. Le percement de la longueur totale du tunnel, soit 650 mètres, a été effectué en trois mois. La galerie d'avancement avait une section carrée de 2 mètres de côté. La mèche tournait à 20 tours par minute pour 1 000 tours de l'induit du moteur électrique; sous 110 volts, l'intensité du courant nécessaire à chaque perforatrice était de 5 ampères environ. L'avancement de la mèche variait de 3 à 5 centimètres par minute.

L'application des moteurs électriques aux *perceuses* dites *radiales* permet de supprimer la transmission centrale et l'arbre rainuré des machines similaires à commande mécanique.

Le moteur peut être appliqué directement sur le porte-outil avec son train réducteur de vitesse; des conducteurs souples et légers suivent le moteur dans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tous ses déplacements. La radiale est ainsi réduite à sa plus simple expression : son poids devient moindre et sa construction plus facile.

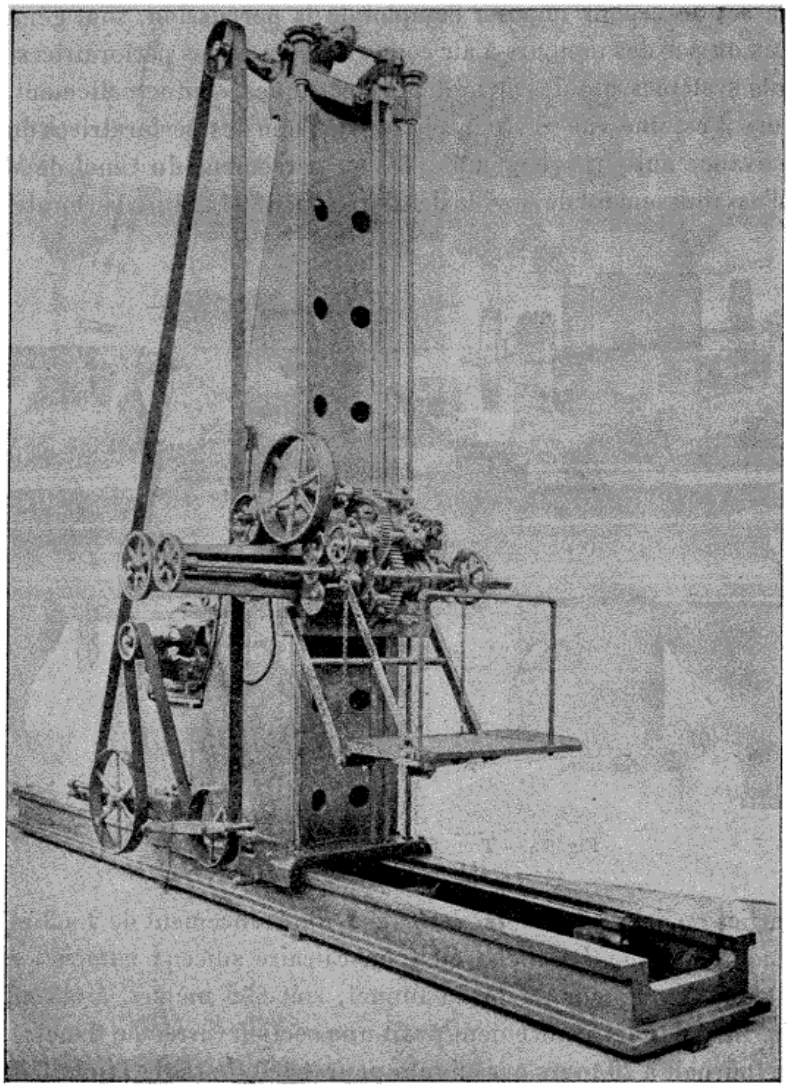


Fig. 6. — Alésoir universel *Sellers* à commande électrique.

Course du foret 750 millim., levée 2m45, commandée par une dynamo à l'arrière de la colonne, avec 30 vitesses différentes à l'aller et 30 au retour.

La figure 4 donne une élévation et un plan de radiale à moteur électrique construite par l'Allgemeine Elektricitats Gesellschaft (1). Cet exemple permet

(1) *Elektrische Kraftubertragung und Kraftverteilung. Allgemeine Elektricitats Gesellschaft*, p. 145. Julius Springer, éditeur; Berlin, 1894.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de concevoir assez bien ce qu'on peut réaliser dans cette voie. La machine représentée est du type *en applique*, usité surtout dans les ateliers de chaudronnerie.

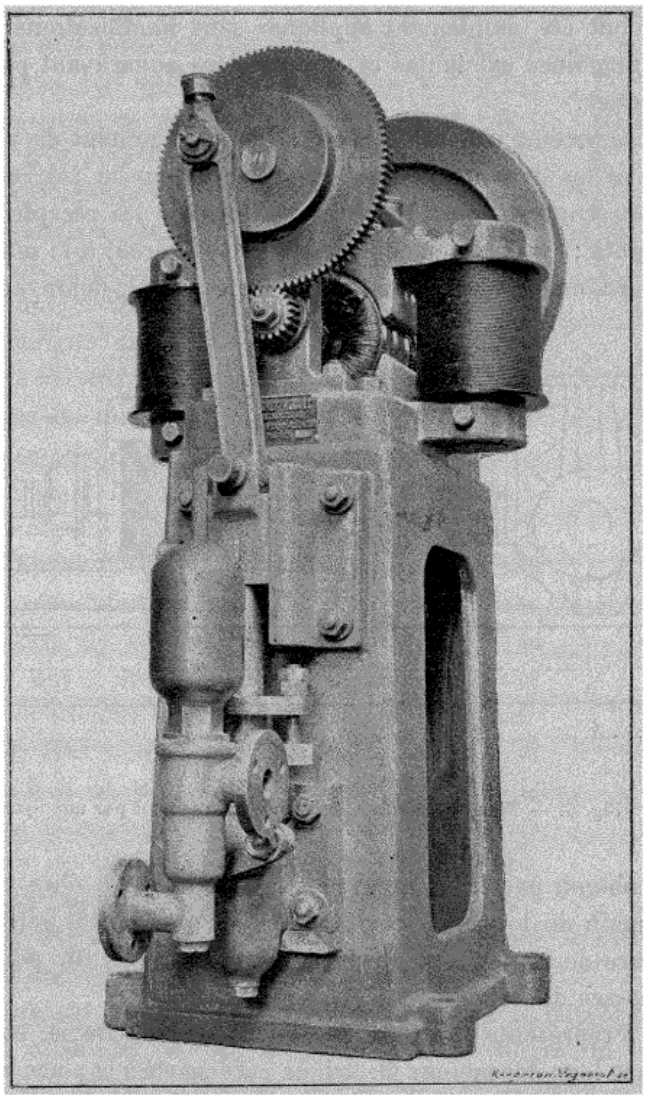


Fig. 7. — Pompe alimentaire.

Il n'est pas plus difficile d'exécuter ainsi le type à colonne nécessaire aux ateliers de constructions mécaniques.

La commande électrique des tours a été souvent réalisée, mais la plupart des dispositifs employés ont respecté l'intégrité des organes existants, et il n'y a encore que fort peu de tours spécialement construits dans ce but.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'atelier de construction des services électriques du chemin de fer du Nord, transporté à Saint-Ouen en 1890 (1), a, depuis cette époque, toutes ses machines-outils indépendantes et commandées séparément par des moteurs électriques. Mais ceux-ci ont été simplement appliqués sans modifications essentielles des organes des machines existantes et commandées auparavant par des transmissions mécaniques.

Pour les tours en particulier, les cônes de changement de vitesse n'ont pas été changés, et les dynamos réceptrices, placées sur le sol, commandent par engrenages les contre-cônes. En régime normal, les réceptrices tournent à vitesse constante ; les changements de vitesse s'opèrent à la manière ordinaire en déplaçant la courroie sur les échelons du cône ; mais le débrayage est supprimé,

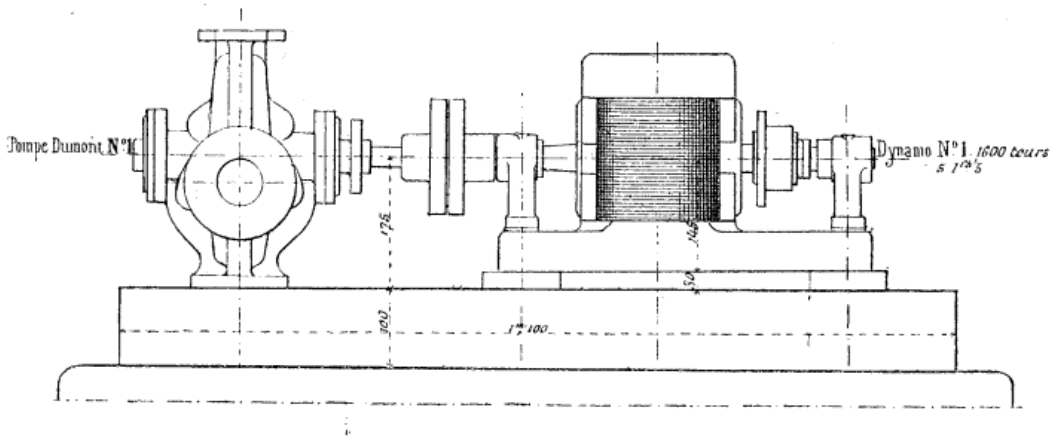


Fig. 8. — Pompe centrifuge actionnée directement par une dynamo.

l'arrêt étant obtenu par la manœuvre du commutateur d'un rhéostat placé à portée de la main du tourneur, contre le banc. Ce rhéostat permet en outre de modifier l'allure de régime, et, en particulier, de la ralentir pour les mises en train ou les passes délicates.

La figure 5 représente un tour de MM. Lodge et Davis, constructeurs de Cincinnati, dans lequel le moteur électrique est disposé à la place occupée dans les autres tours par le cône, qui se trouve ainsi supprimé. Les changements de vitesse sont obtenus par engrenages. Le rhéostat de mise en marche, muni de son commutateur, est fixé en avant du banc, comme pour les tours du chemin de fer du Nord. Une tringle règne le long du banc, à l'imitation des barres de débrayage, et permet au tourneur de manœuvrer le commutateur sans avoir à se déplacer.

La figure 6 représente une belle application de commande électrique à un

(1) *Revue des chemins de fer*. M. Eugène Sartiaux.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

alésoir universel de Sellers, dans les chantiers de constructions de navires de MM. Cramp and C° de Philadelphie. L'ouvrier, monté sur la plate-forme que l'on voit en avant de la machine, en commande avec la plus grande facilité tous les mouvements, sans être embarrassé par aucune transmission.

On conçoit que toutes les machines des ateliers, usines, chantiers et autres puissent être ainsi commandées par des moteurs électriques. Les applications sont déjà très nombreuses, et nous ne pouvons en donner qu'un aperçu très incomplet.

La commande électrique des *pompes*, destinée à se généraliser parce que la commande mécanique de ces machines présente souvent des difficultés. Les pompes sont presque toujours reléguées en des points éloignés des transmissions mécaniques principales, ou même inaccessibles. L'application à l'exhaure des mines a été déjà réalisée ; elle permet la suppression des tiges, des balanciers aux lourds contrepoids et des machines motrices établies souterrainement.

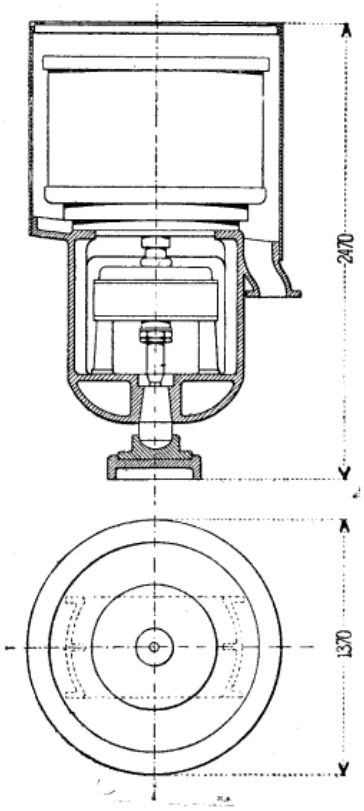


Fig. 9. — Essoreuse actionnée directement par une dynamo.

La figure 7 est une vue photographiée d'une pompe alimentaire mue électriquement. La consommation de vapeur élevée et la difficulté de réglage des « petits chevaux alimentaires » font une nécessité aux usines qui ont du courant électrique à leur disposition d'employer ce type de pompe. Il n'est pas rare d'observer, sur des petits chevaux alimentaires, une consommation de vapeur par cheval-heure de 40 à 50 kilogrammes. Or, si on emploie une pompe mue électriquement, et si le moteur qui actionne la dynamo génératrice dépense 10 kilogrammes de vapeur par cheval-heure sur son arbre, on peut estimer que le cheval-heure, en eau refoulée dans la chaudière, n'exigera guère que 20 kilogrammes de vapeur.

La commande électrique des *pompes centrifuges* est tout indiquée : les grandes vitesses de ces appareils cadrent bien avec celles des dynamos réceptrices. Dans presque tous les cas, l'accouplement direct d'arbre à arbre est la solution naturelle : elle est la plus simple et la plus répandue. La figure 8 représente un groupe, à l'échelle de 1/10, d'une dynamo réceptrice donnant 1 cheval 1/2 sur son arbre à 1600 tours et actionnant une pompe Dumont n° 1. Des groupes de ce genre peuvent fonctionner pendant plusieurs jours sans surveil-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lance : leur allure peut être contrôlée à chaque instant, de la salle des machines ou d'un poste de départ, au moyen des instruments de contrôle intercalés dans leur circuit. Cette facilité de contrôle, à chaque instant et par une simple lecture, est l'un des avantages les plus précieux de la distribution électrique.

Le nombre des applications aux *ventilateurs* est considérable, et les remarques précédentes s'appliquent aussi exactement à ces appareils, et d'une manière

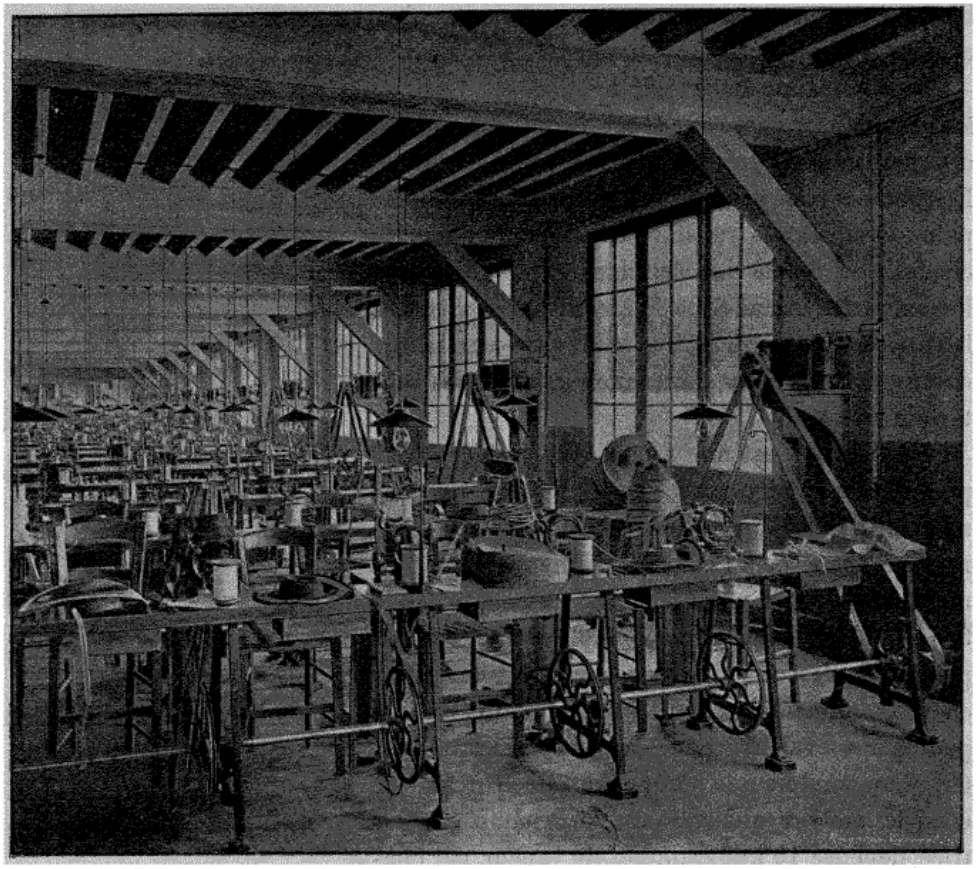


Fig. 10. — Salle des machines à coudre de l'usine Larousse et Mermillod.

générale aux appareils analogues. Parmi ceux-ci, les *turbines* ou *essoreuses* à commande indépendante par moteurs électriques présentent des avantages qui en favoriseront le développement.

La figure 9 donne la coupe et le plan d'une *essoreuse* avec moteur en dessous.

La figure 10 est une vue d'ensemble de la *salle des machines à coudre* de l'usine Larousse et Mermillod (fabrique de chapeaux de paille et de feutre).

On y voit une série de dynamos réceptrices de 1 cheval et demi, supportées

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

par des consoles fixées au mur de face, et commandant chacune deux bancs, soit de six à huit machines à coudre. Celles-ci sont au nombre de cent quatre-vingt : cet atelier de couture est l'un des mieux aménagés qu'on puisse voir. Le mécanisme de chaque machine à coudre porte un embrayage à tendeur mû par pédale.

Le bâtiment principal de cette usine comprend quatre étages et un sous-sol; la force motrice est distribuée électriquement aux machines diverses de ces

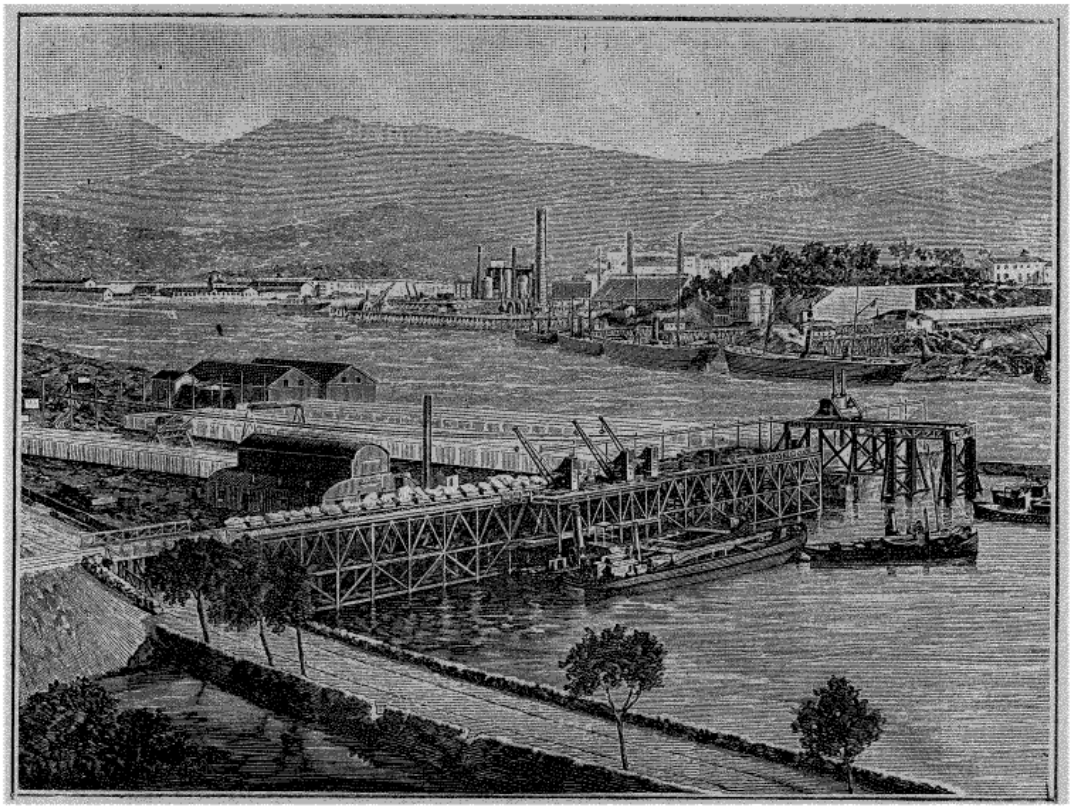


Fig. 11. — Parc à blocs artificiels Coiseau, Couvreux et Allard.

différents étages : pompes, presses, essoreuses, monte-charges, etc. Le bâtiment des machines à vapeur et dynamo-génératrices est complètement séparé du bâtiment principal; les risques d'incendie sont ainsi atténués dans la plus grande mesure.

Les groupes de dynamo-génératrices et moteurs à vapeur sont au nombre de deux, et peuvent être accouplés électriquement ou séparés, alimenter simultanément ou séparément l'éclairage et les transmissions.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'emploi de transmissions mécaniques dans ce bâtiment à étages, à charpente de bois, et dont l'affectation actuelle est bien différente de sa destination primitive (c'était auparavant une fabrique de pianos) eût été presque impraticable ; de plus, le nombre des machines en fonction est variable, surtout pendant la double

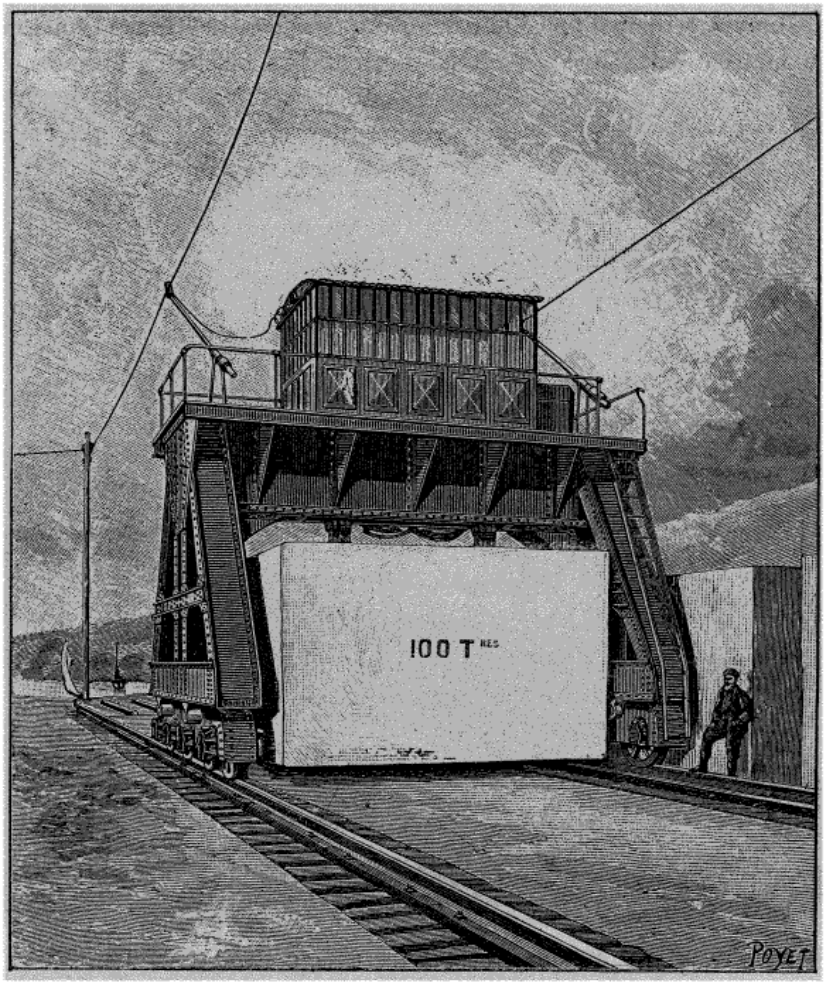


Fig. 12. — Bardeur électrique Coiseau, Couvreux et Allard.

morte-saison d'hiver et d'été ; on ne met en mouvement que les machines strictement nécessaires à chaque instant. Cette usine a été mise en marche en 1890 et s'est constamment développée depuis.

MM. Coiseau, Couvreux et Allard, entrepreneurs chargés des travaux de l'avant-port de Bilbao, ont établi leur parc à blocs artificiels sur le bord du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nervion (fig. 11) et à proximité d'une carrière. Le transport des blocs du parc au bateau à clapet s'effectue en trois manœuvres, au moyen d'appareils de levage et de transport mus électriquement. Un bardeur (fig. 12) soulève le bloc dont

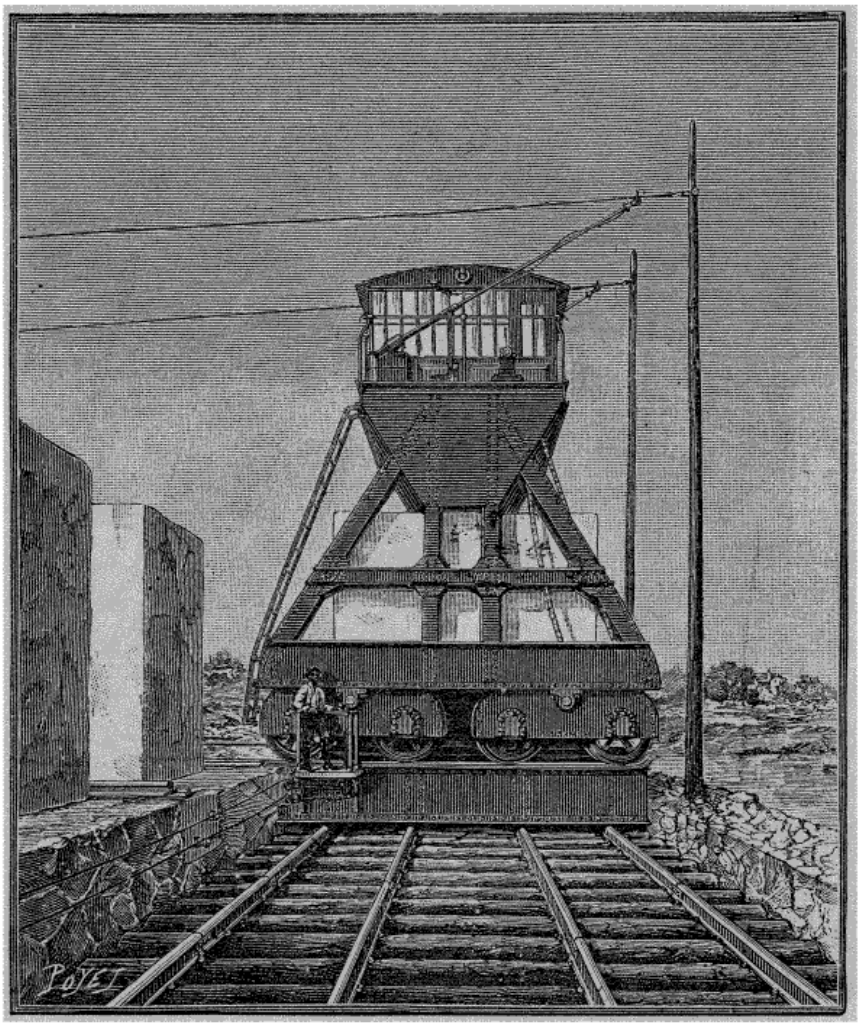


Fig. 13. — Bardeur monté sur son truck.

le poids varie de 75 à 100 tonnes, puis le transporte à l'extrémité de l'une des files de blocs jusqu'à un truck sur lequel il va le déposer. La figure 12 montre le bardeur monté sur le truck : le bloc déposé sur celui-ci, le bardeur se retire à vide; le truck porte le bloc jusqu'à un transbordeur (fig. 14) qu'on voit à l'extrémité de droite de l'estacade (fig. 11), et qui le dépose dans le bateau à clapet.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En moins d'un quart d'heure (1) les trois appareils lèvent, transportent et chargent un bloc de cinquante mètres cubes..

Dès le premier jour de la mise en marche, c'est-à-dire en 1890, cette installation a parfaitement fonctionné, et elle a continué à le faire depuis sans aucun arrêt ni accident.

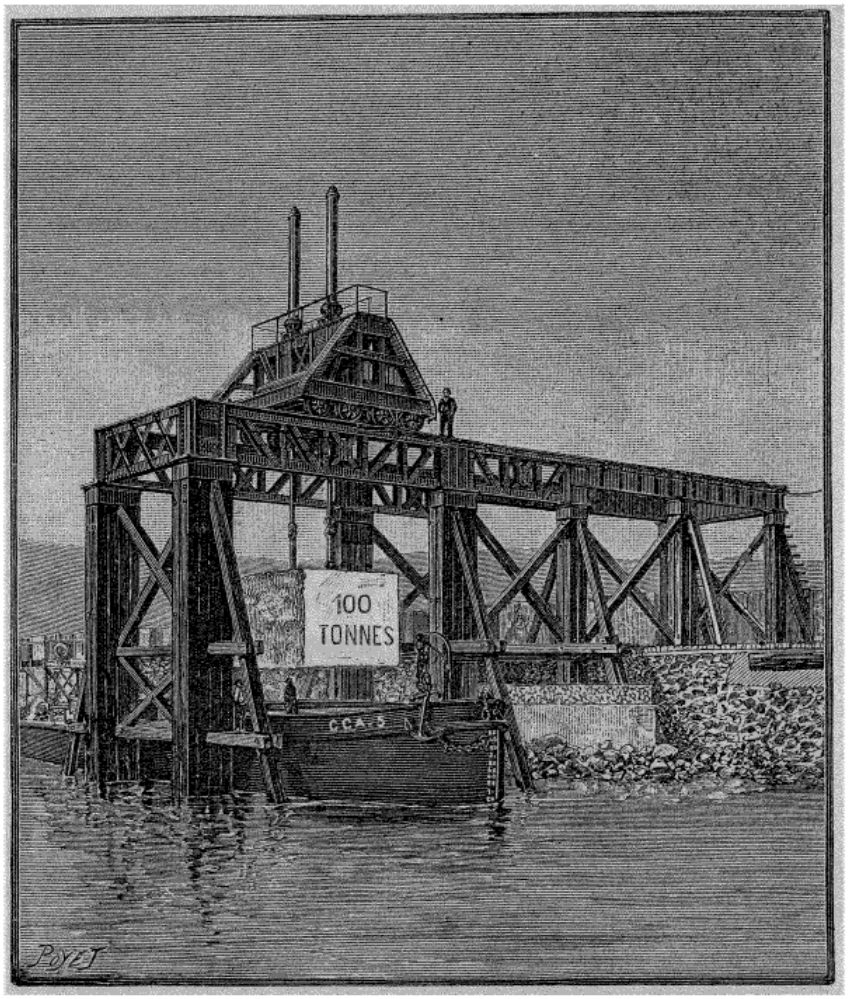


Fig. 14. — Transbordeur électrique.

Les dépenses sont moindres avec l'emploi de l'électricité qu'avec la vapeur : sur chaque appareil, il aurait fallu monter une chaudière et une machine à vapeur; la dépense de charbon n'aurait pas été moindre que 10 à 15 kilos par cheval-heure effectif pour d'aussi petites

(1) Notice sur les appareils électriques employés à la construction des jetées du port extérieur de Bilbao, par MM. L. Coiseau, A. Couvreux fils et Félix Allard, entrepreneurs, 78, rue d'Anjou.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

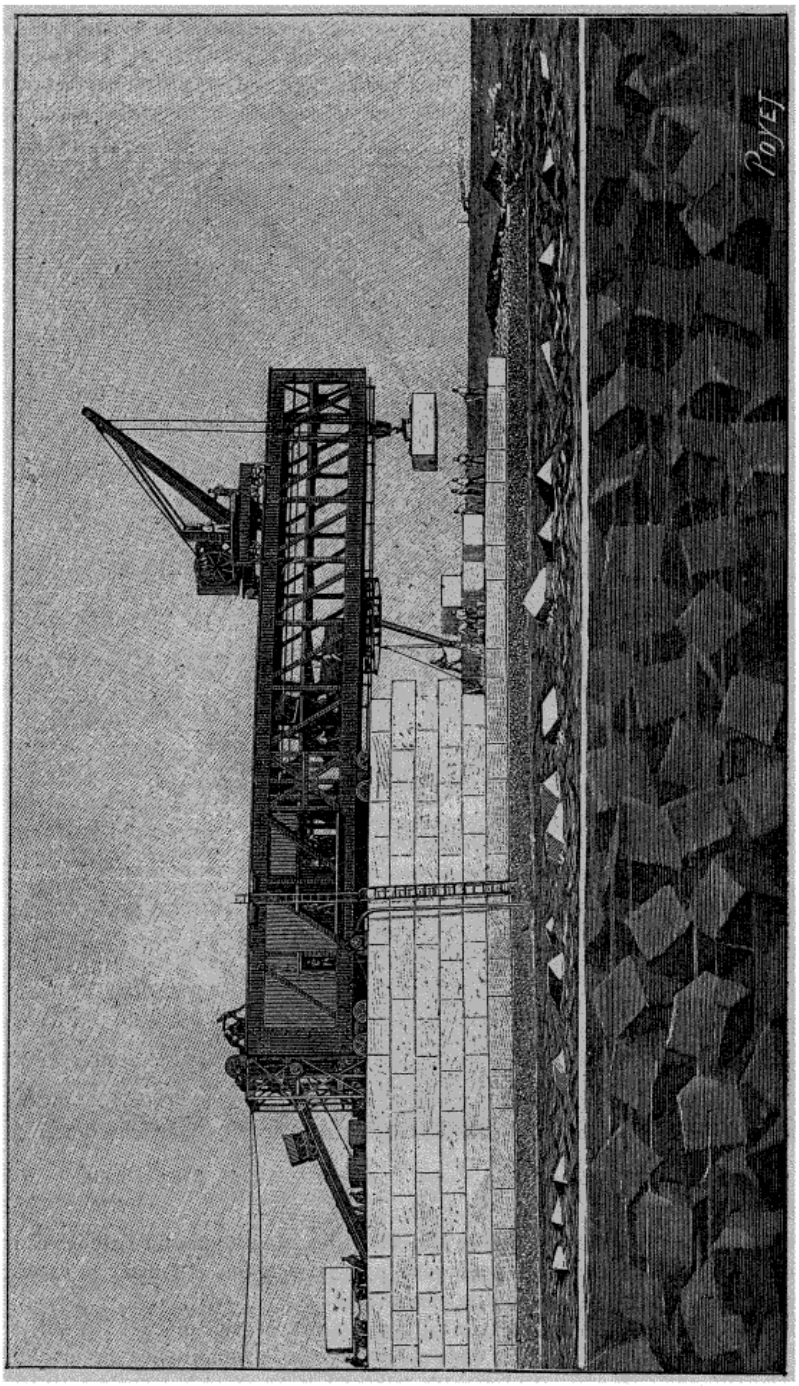


Fig. 13. — Titan électrique Coiseau, Couvreux et Allard. Élévation.

machines sans détente ni condensation, et étant donnée l'obligation de maintenir continuellement la pression de la chaudière, en attendant même, en cas de temps incertain, que l'état de la mer devînt beau; tandis qu'avec l'installation électrique, et malgré que le rendement de l'ensemble ne soit que de 55 p. 100 environ, en y comprenant la perte provenant des organes de réduction de vitesse (vis, roues à galets), la dépense de charbon ne dépasse pas 5 à 6 kilos

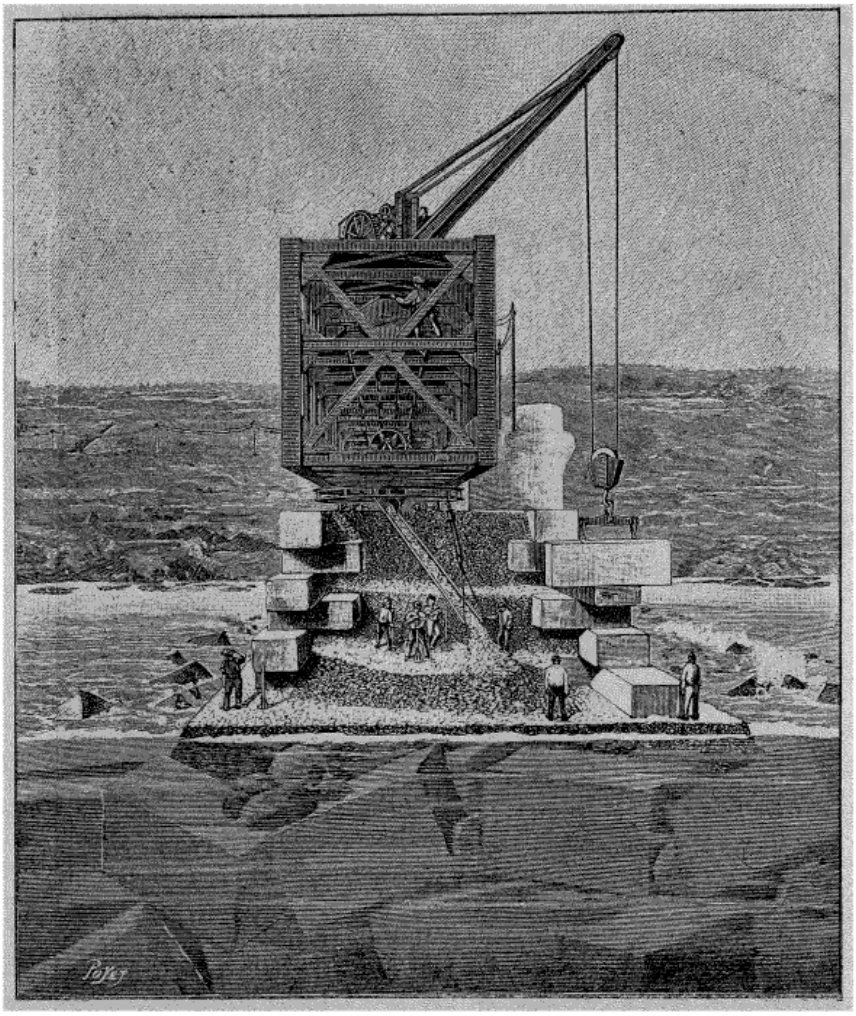


Fig. 16. — Titan électrique Coiseau, Couvreux et Allard, vue par bout.

par cheval et par heure; car il suffit que le chauffeur des générateurs de l'atelier central soit prévenu quelques instants avant le travail pour pousser son feu et fournir la vapeur nécessaire à la machine compound actionnant la génératrice.

Il en est de même pour la main-d'œuvre : il faut un seul ouvrier mécanicien qui, en même temps qu'il conduit la machine à vapeur et la génératrice, a la surveillance des machines électriques. Trois ouvriers manœuvres conduisent le bardeur, le truck et le transbordeur. Si de petites machines à vapeur avaient été employées, il aurait fallu avoir trois chauffeurs mécaniciens au lieu d'un, avec des manœuvres pour apporter et monter le charbon et l'eau aux appareils.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'emploi de l'électricité supprime donc plus de la moitié des hommes.

Quant à l'entretien, il est pour ainsi dire nul avec l'électricité; la plus grande dépense consiste à remplacer les balais tous les trois mois; les collecteurs des réceptrices ont été passés deux fois en une année sur le tour. Il est certain, qu'avec un peu de pratique et de soins, on arrivera sinon à supprimer ces dépenses, du moins à les amoindrir dans des proportions qui les rendront insignifiantes.

Avec la vapeur, il y a la chaudière à entretenir, les tubes à remplacer souvent, surtout à Bilbao, où les eaux sont très mauvaises; la machine à vapeur, à cause de ses nombreux organes, demande beaucoup de soins et d'entretien; là encore les dépenses, du côté électrique, sont beaucoup inférieures.

Les dangers pour le personnel sont nuls, bien que les fils soient nus (1); ils sont souvent touchés par les ouvriers sans autre inconvénient qu'une petite secousse pour celui qui se met en contact.

En terminant ces descriptions, nous ne pouvons résister au désir de donner un dernier exemple emprunté au même travail, et concernant un appareil qui n'est pas le moins intéressant de l'entreprise Coiseau, Couvreux et Allard. Il s'agit du titan-atelier, véritable machine à construire les jetées, représenté en élévation figure 15 et en coupe figure 16.

Cet appareil, que nous avons appelé titan-atelier électrique, se compose de deux grandes poutres en acier de 31^{m},70 de longueur et de 4^{m},50 de hauteur, espacées d'axe en axe de 3^{m},75, et reliées à la partie inférieure, au milieu et à la partie supérieure par des entretoises, et fortement contreventées. Sur ces entretoises, sont posés des madriers qui forment le plancher des trois étages, sur lesquels se font les différentes opérations nécessaires à la construction du brise-lames.

Au premier étage, se trouve une bétonnière à tambour pouvant avancer et reculer mécaniquement sur une voie de 20 mètres de longueur; elle est actionnée par une dynamo réceptrice à enroulement compound de 12000 watts à 600 tours et sous 220 volts de F. E. Cette dynamo tourne toujours dans le même sens, l'avancement et le recul de la bétonnière se font par l'intermédiaire d'embrayages à friction commandant les deux mouvements. Un rhéostat avec des résistances appropriées est intercalé dans le circuit, pour régulariser la mise en marche et l'arrêt de la réceptrice.

Une dynamo semblable, placée à l'arrière de l'appareil, commande un arbre vertical qui transmet le mouvement au monte-charges des wagonnets à matériaux; il commande aussi le mouvement de translation de la grue placée au troisième étage. Cette réceptrice actionne une pompe centrifuge fournissant l'eau nécessaire à la confection du béton; cette eau arrive dans les réservoirs situés au deuxième étage, de là, par un tuyau de caoutchouc enroulé sur un tambour, par l'axe duquel sort le tuyau, l'eau arrive à la bétonnière; un robinet manœuvré à la main en règle la distribution.

Enfin, elle commande, par l'intermédiaire d'une vis, d'une roue hélicoïdale et de chaînes Galle, la translation de l'appareil entier.

Les deux réceptrices reçoivent leur énergie d'une dynamo génératrice de 24 000 watts sous 220 volts de F. E.; elle est commandée par une machine demi-fixe de 35 chevaux; l'ensemble est placé à terre, dans une construction près de l'enracinement du brise-lames.

Le circuit est un câble de cuivre nu et supporté par des isolateurs en porcelaine fixés sur des poteaux en bois. Ce circuit s'allonge au fur et à mesure de l'avancement de la construction du brise-lames; il atteindra en dernier lieu 1 800 mètres; le rendement des appareils sera alors de 65 p. 100.

(1) Courant continu — 220 volts.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

II

Rien n'est plus important que la détermination de la puissance exigée à chaque instant par les machines opératoires. Sans ce contrôle, l'ingénieur est impuissant à perfectionner les nombreuses machines dont le fonctionnement s'éloigne de toute analyse prédéterminée au point d'y échapper complètement ; de même, sans résultats d'essais dynamométriques, l'industriel peut rester dans l'ignorance du mal qui l'affaiblit.

Les moyens mécaniques dont nous disposons à cet effet sont insuffisants et souvent même impraticables. Les jaugeages de débit et les diagrammes d'indicateurs de Watt ne nous donnent que des moyennes d'ensemble : on n'en peut déduire la puissance absorbée par un outil que par différence, et encore n'obtenons-nous ainsi que des moyennes plus ou moins éloignées de la vérité, et non l'analyse exacte des différentes phases opératoires. De même pour les essais par substitution au moyen du frein de Prony.

Quant aux dynamomètres, si l'on conçoit qu'on puisse obtenir des résultats assez satisfaisants avec la primitive manivelle dynamométrique de Morin ou avec les ressorts de Poncelet attelés à un enregistreur quand il s'agit d'étudier une machine tournant lentement, à 30 ou 40 tours par minute, et sans chocs, à une allure parfaitement douce et régulière, il est presque impossible d'interpréter les diagrammes troublés que donnent les mêmes appareils appliqués à des machines irrégulières ou rapides. De très rares dynamomètres donnant, dans ces conditions, des diagrammes à peu près lisibles ont été construits à grands frais : leur complication et leur prix les rendent impropres à l'industrie.

Quand une machine opératoire est conduite par un moteur électrique, il est au contraire facile de déterminer la puissance fournie à chaque instant aux bornes de celui-ci. De simples lectures aux instruments de mesure les plus usuels, c'est-à-dire les plus élémentaires et les moins coûteux, établis sur le circuit donnent naturellement et sans aucune dépense des résultats d'une exactitude qu'il est impossible d'atteindre dans les essais mécaniques les mieux conduits et les plus dispendieux, même s'il s'agit de la mesure de puissances irrégulières.

On sait quelles difficultés présentent les essais dynamométriques de traction des trains : les diagrammes auxquels ils donnent lieu sont coupés de réactions brusques et complexes, qu'on ne peut déchiffrer et interpréter qu'avec une très grande habitude de ces opérations : nous avons indiqué, il y a bien longtemps, qu'on ne saurait exactement à quoi s'en tenir sur ce sujet qu'en attelant aux trains d'expériences des locomotives électriques.

Le voltmètre et l'ampèremètre pour les machines à courant continu, le watt-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mètre pour les machines à courant alternatif nous suffisent pour ces essais.

A ces instruments, peuvent être adaptés des enregistreurs ; des compteurs d'énergie, de courant ou de temps sont également à notre disposition.

Type N° 4, - SCIE CIRCULAIRE. — N° 139. — Puteaux, 2 Mars 1895.

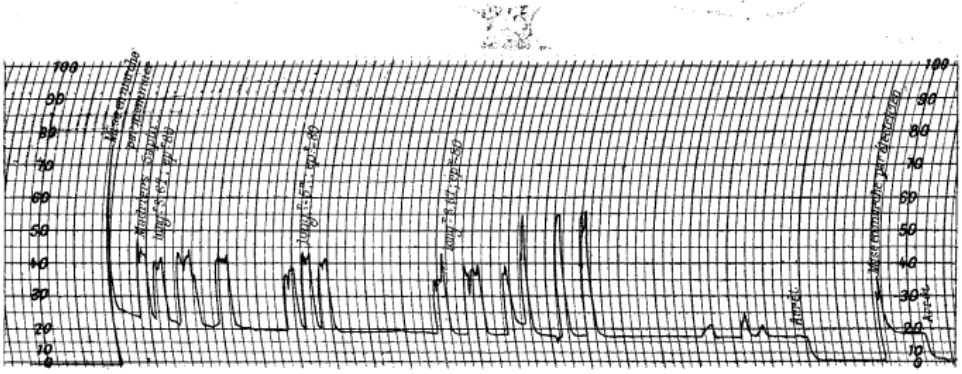


Fig. 17.

Les ateliers de l'artillerie, à Puteaux, ont établi en 1889 une menuiserie dont toutes les machines sont commandées électriquement par des moteurs séparés.

Type N° 4bis, - SCIE A RUBAN. — N° 143. — Puteaux, 2 Mars 1895

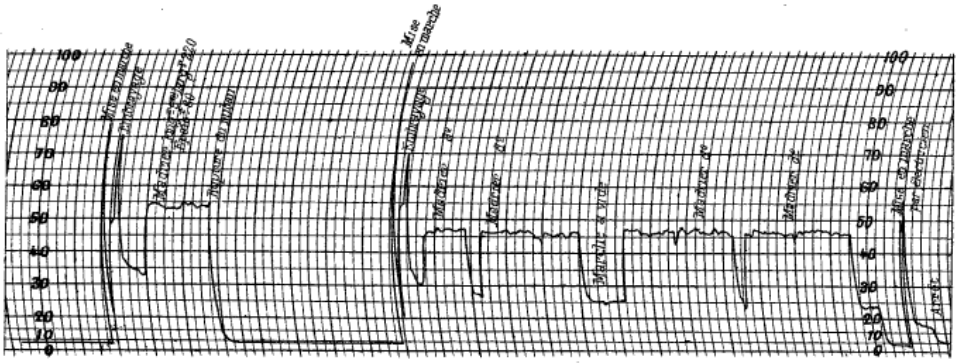


Fig. 18.

Cette menuiserie a un caractère spécial : il y a des moments où elle débite peu, où de rares outils travaillent et où beaucoup d'outils chôment, et il y en a d'autres où toutes les machines tournent sans arrêt jour et nuit. De plus, elle est éloignée de la salle des machines motrices. Cette distribution électrique est l'une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des premières, sinon la première, judicieusement projetée et exécutée; elle a longtemps servi d'exemple (1).

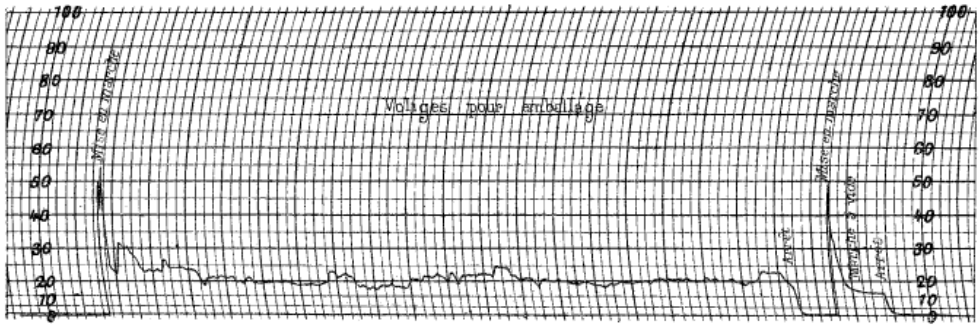
Les diagrammes qui suivent ont été relevés à l'aide d'un ampèremètre enregistreur Richard muni d'un amortisseur à mélange de glycérine et d'eau.

Les ordonnées indiquent l'intensité du courant à chaque instant; les abscisses sont proportionnelles au temps, et se déroulent entraînées par un mouvement d'horlogerie.

Les réceptrices des ateliers de Puteaux ont leurs inducteurs à enroulement compound.

Les ordonnées des diagrammes ne sont donc pas rigoureusement proportion-

Type N° 3, - **RABOTEUSE.** — Puteaux, 2 Mars 1895.



Type N° 2, - **BOUCHONS D'OBUS.** — Machine à percer, 3 broches. — N° 5. — Puteaux, 2 Mars 1895.

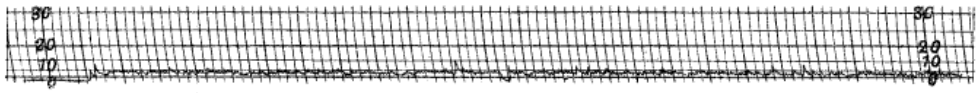


Fig. 19 et 20.

nelles aux efforts développés, mais elles s'en éloignent peu, et donnent, en tout cas, l'image fidèle de leurs variations. Le produit du nombre d'ampères par le nombre de volts lus aux bornes de chaque réceptrice donne la puissance électrique absorbée : un tarage préalable, au frein, de chaque réceptrice la transforme en véritable dynamomètre.

La figure 17 est un diagramme relevé sur une scie circulaire : on y voit clairement l'effort de démarrage sous une mise en marche un peu brusque, puis les efforts développés pendant le sciage de madriers de sapin ; et l'arrêt. Après celui-

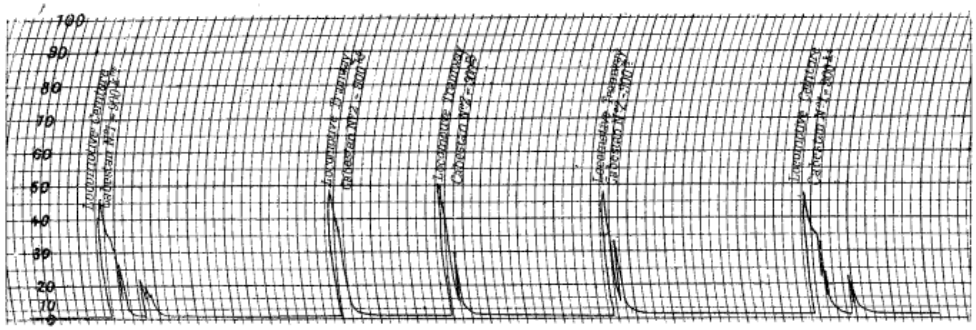
(1) Cette installation a été étudiée par M. le capitaine Leneveu, sous la direction duquel elle a été exécutée. M. le capitaine Jacomy, actuellement chef de service aux ateliers de Puteaux, a bien voulu nous permettre de relever les diagrammes qui suivent pour les présenter à cette séance.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ci, l'électricien des ateliers montre au menuisier qu'il faut plus de ménagement au démarrage, et sa manœuvre plus douce est enregistrée à la fin du diagramme.

Le diagramme relevé sur la scie à ruban (figure 18) montre que, près de trois minutes après la mise en marche, il s'est produit une rupture du ruban, aus-

CHEMIN DE FER DU NORD. — 4-5 Mars 1895.



sitôt remplacé. Mêmes observations que précédemment pour les mises en marche brusque et lente.

La raboteuse (diagramme figure 19) a une action plus régulière, et qui se répartit sur un temps plus long que dans les précédentes machines : les madriers sont poussés sous l'outil où ils se succèdent sans interruption jusqu'à l'arrêt.

La figure 20 donne le diagramme du courant pris pour une machine à percer à trois broches pour emballages en bois des obus. Le travail est faible ; les dents, très rapprochées du diagramme, permettent de compter le nombre des opérations de perçage.

CABESTAN. - N° 11. - 900 kos à corde. Manœuvre des wagons.

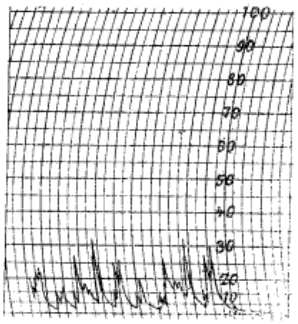


Fig. 21.

En 1888, le chemin de fer du Nord a étudié, construit et installé deux cabestans électriques d'essai : il s'agissait de voir s'il était pratique d'utiliser pendant le jour la machinerie des usines d'éclairage des gares à la manutention des wagons et locomotives. Or, cette compagnie compte actuellement plus de 150 cabestans électriques en service. Ceux-ci ont été étudiés et établis au fur et à mesure du développement des usines d'éclairage par M. E. Sartiaux, ingénieur chef des services électriques.

Le diagramme 21 comprend deux parties :

I. En haut, une série de manœuvres de cabestans attelés à des plaques tournantes pour locomotives.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

II. En bas, une série de manœuvres de wagons halés et tournés sur une plaque tournante par un cabestan à câble.

Les locomotives dont il s'agit sont celles des trains tramways de la banlieue : elles pèsent environ 40 tonnes, et donnent lieu à des ordonnées maxima bien différentes de celles des manœuvres de wagons, dont le poids ne dépasse guère 10 tonnes.

On peut se rendre compte, qu'à la fin de la journée, la somme des travaux d'un cabestan est relativement peu élevé, même si le service est chargé : les chemins parcourus sont nécessairement faibles.

En juin 1894, la Chambre de commerce du Havre fit faire, sur une grue du quai Colbert spécialement aménagée, une série d'essais à l'effet d'examiner s'il y

GRUE DU HAVRE. — 480 volts à vide, - 410 à 415 en charge. — 12 Mars 1895.
Déchargement d'un bateau — 20 minutes.

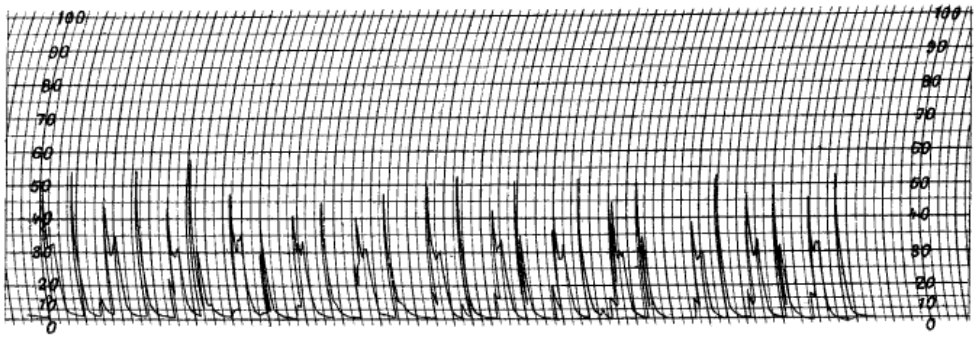


Fig. 22.

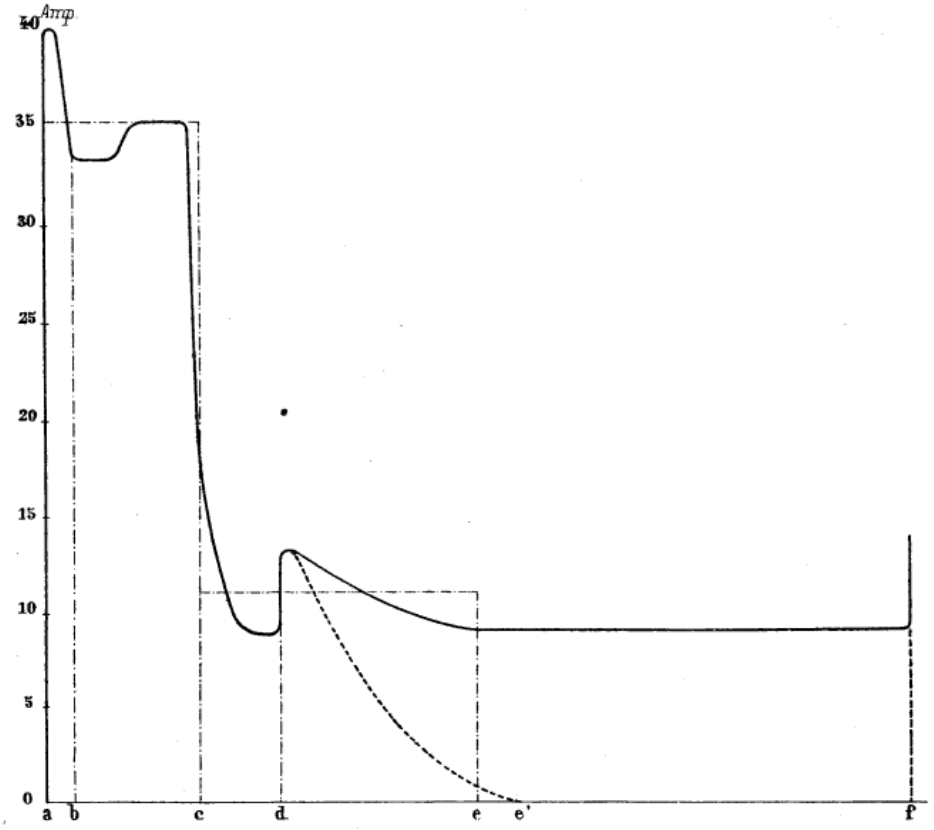
aurait quelque avantage à substituer, sur ces appareils, les moteurs électriques aux moteurs à vapeur ou hydrauliques. Les essais, dirigés par M. Delachanal, ingénieur de cette compagnie, furent concluants; l'adoption de l'électricité fut décidée.

La figure 22 donne un diagramme relevé pendant le déchargement d'un bateau charbonnier, le *Driver* : la benne à vide pèse 250 kilos, et, en charge, 1 250 kilos; la vitesse de montée en charge est de 70 centimètres par seconde.

Les différentes phases d'une manœuvre sont nettement indiquées sur ce diagramme : quand on compare celui-ci au diagramme prédéterminé (fig. 23) on remarque lesà-coups de démarrage, qu'on pourrait cependant éviter, et sans perdre de temps : en particulier, la mise en marche pour l'amenage de la benne chargée et la reprise pour orientation de la benne vide (ordonnée correspondant

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à l'abscisse *d*) dépassent de beaucoup les prévisions. Néanmoins ce rendement n'en est guère affecté, car ce sont de véritables impulsions sans durée.



a b – *3 secondes*. Démarrage et puissance dépensée pour imprimer à la charge la vitesse normale de levage.
b c – *13 secondes*. Levage seul de la charge au début, puis orientation simultanément.
c d – *8 secondes* (environ). Débrayage progressif et marche à vide pendant l'abandon de la charge.
d e – *15 secondes*. Amenage de la benne vide avec orientation simultanée, ralentissement à l'arrivée au niveau du plan de chargement.
e f – *51 secondes*. Marche à vide pendant les manœuvres de décrochage et accrochage d'une nouvelle charge. (Réceptrice Shunt sans arrêt).
e' f *Moins de 51 secondes*. Arrêt (Réceptrice Série).

Fig. 23. — Grue du Havre. Diagramme théorique.

La fig. 24 est une vue photographique d'une *locomotive électrique* à deux bogies, pour voie de $0^{m},50$, et qui fait un service de transport de calcaire à ciment aux usines de MM. Darsy, Lefebvre et Lavocat à Neufchâtel (Pas-de-Calais).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le poids total de cette machine est de 7 tonnes; sa vitesse moyenne est 12 kilomètres à l'heure; elle franchit des rampes de 60 millimètres sur une voie peu stable, dont une partie se trouve en carrière et l'autre sur route. La prise de courant se fait sur une ligne aérienne.

La figure 25 représente deux diagrammes d'un parcours aller et retour :

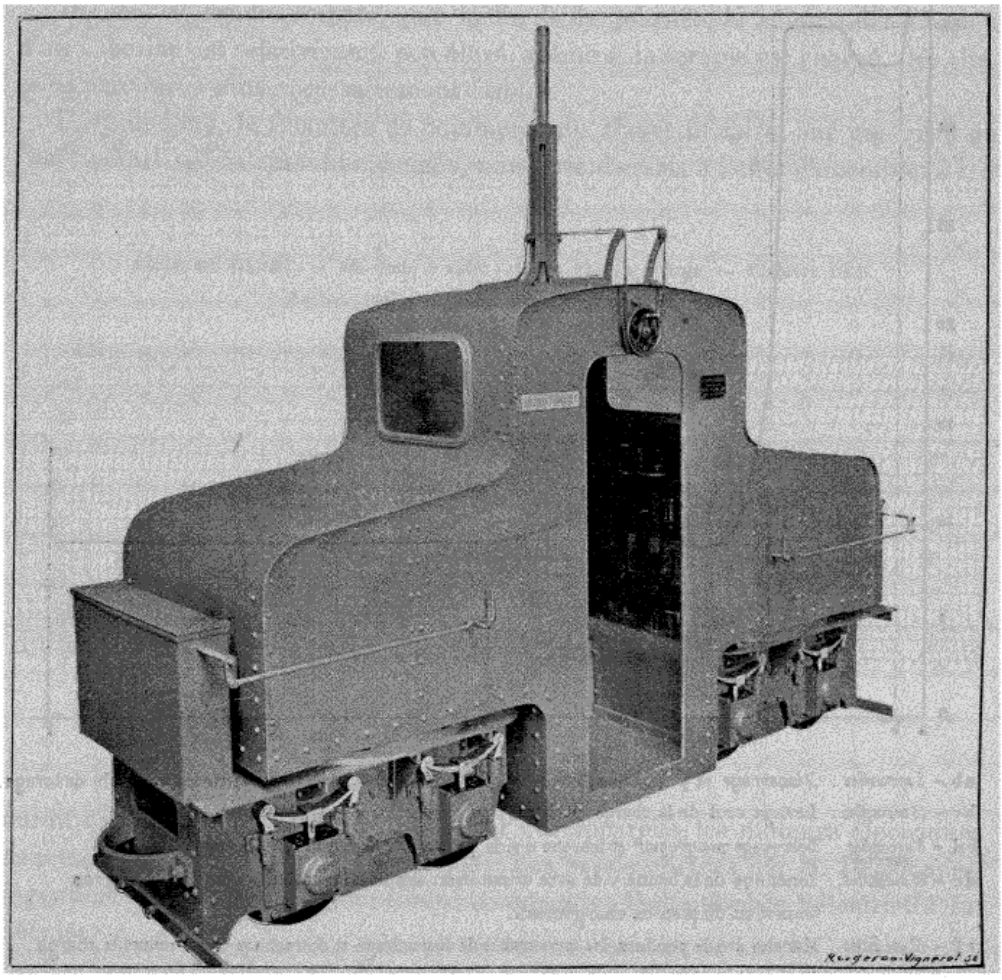


Fig. 24. — Locomotive électrique.

chaque diagramme comporte deux courbes; la plus grande aire correspond au retour en charge.

Les moindres variations du profil sont reproduites sur ces deux diagrammes qui sont presque rigoureusement superposables, ainsi qu'on peut s'en assurer en les regardant à la loupe; cependant, dans le deuxième diagramme, il y a une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ordonnée isolée qui indique un faux départ : au sortir de l'usine, la locomotive a dû s'arrêter un instant pour laisser passer un tombereau sur une route que coupe la voie ferrée.

Nous pourrions prolonger ces descriptions ; mais l'intérêt de nos remarques

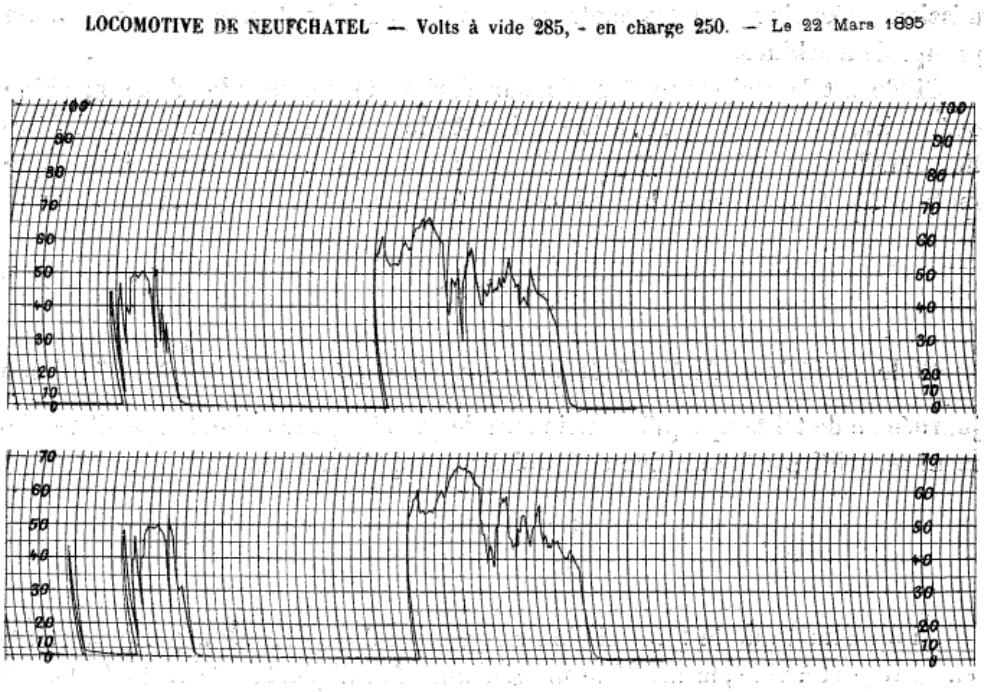


Fig. 25.

n'en serait pas augmenté. Nous pensons avoir montré suffisamment ce qu'on peut attendre de ces procédés, qui apportent à point leur utile concours à la mécanique.

III

Quand les outils ou machines opératoires d'un atelier ou d'une usine sont conduits par une transmission principale purement mécanique, sans autres intermédiaires que des arbres de couche, des engrenages, des courroies ou des câbles, les résistances passives de cette transmission diffèrent peu en charge de ce qu'elles sont à vide : quel que soit le nombre des outils embrayés, cette dépense est peu variable. Il en résulte que la transmission mécanique la mieux étudiée en apparence peut donner un rendement vrai déplorable : le *coefficient d'activité* des machines à mettre en mouvement doit entrer dans une telle étude au même

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

titre que les données mécaniques, et il ne faut pas négliger de comparer la durée du fonctionnement utile des machines au temps pendant lequel tourne la transmission maîtresse.

Le résultat de cette étude d'ensemble, complétée par la comparaison des prix de premier établissement et d'entretien, indique s'il y a lieu d'adopter la transmission mécanique ou les moteurs séparés conduisant une machine ou un groupe de machines.

Si Tu est la puissance fournie sur l'arbre de commande d'une machine opératoire, c'est-à-dire sur l'arbre qui porte le débrayage, quand celle-ci fonctionne utilement; si Tm est le travail moteur correspondant fourni par la machine motrice à la transmission, le rendement mécanique ρ de celle-ci sera

$$\rho = \frac{\mathrm{T}u}{\mathrm{T}m}.$$

Si le coefficient d'activité de cette machine opératoire est $\frac{1}{\mathrm{K}}$ à la fin d'une journée ou de tel temps qu'il conviendra de prendre pour unité, le travail réellement recueilli par la machine opératoire sera représenté par

$$\frac{1}{\mathrm{K}}\,\mathrm{T}u = \frac{1}{\mathrm{K}}\,\rho\,\mathrm{T}m.$$

Si on admet que la transmission en question donne la même perte constante en charge et à vide, la machine motrice aura fourni pendant le reste du temps, soit $1 - \frac{1}{\mathrm{K}}$ du temps total considéré, un travail représenté par

$$\left(1 - \frac{1}{\mathrm{K}}\right)(1-\rho)\,\mathrm{T}m$$

Le rendement vrai R de cet ensemble aura en conséquence pour expression

$$\mathrm{R} = \frac{\frac{1}{\mathrm{K}}\,\rho\,\mathrm{T}m}{\frac{1}{\mathrm{K}}\,\mathrm{T}m + \left(1 - \frac{1}{\mathrm{K}}\right)(1-\rho)\,\mathrm{T}m}$$

$$= \frac{\rho}{1 + (\mathrm{K}-1)(1-\rho)}$$

Admettons, par exemple, qu'il s'agisse d'une transmission bien établie, et qu'on ait $\rho = 0{,}7$, valeur élevée, rencontrée dans la pratique moins souvent

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qu'on serait tenté de le supposer, ainsi que nous le verrons plus loin ; faisons $\frac{1}{K} = \frac{1}{2}$, valeur qui s'applique à certaines machines des ateliers de construction sur lesquelles le montage et le démontage des pièces prennent la moitié du temps.

Nous aurons

$$R = \frac{0,7}{1 + (2 - 1)\,0,3} = 0,53$$

Dans tous les cas, l'analyse est facile, et les données très exactes que nous possédons actuellement sur les coefficients de frottement et sur le rendement des dynamos ne laissent place à aucune incertitude.

Quelques cas *limites* n'exigent pas un long examen : il est bien évident, par exemple, que le rendement vrai d'un pont roulant commandé par un câble toujours en mouvement sera très faible, et qu'il y a tout intérêt à commander ces engins par des moteurs indépendants.

La détermination des résistances passives des transmissions a été souvent négligée : dans les usines établies avant ces dernières années, on semble s'être plus préoccupé d'améliorer les conditions cinématiques que d'atténuer les déchets.

Dans notre pays, où le combustible est cher, il est nécessaire à certaines industries de sortir de cette indifférence sous peine de sombrer, et d'établir au plus tôt avec soin le bilan des pertes passives qu'elles peuvent économiser.

C'est dans le but d'appeler l'attention des industriels sur cette grave situation que le dix-septième Congrès des Ingénieurs en chef des associations de propriétaires de machines à vapeur (1893) a été saisi par M. Compère de cette question : « Travail absorbé par les transmissions dans les usines » (1).

Les résultats des essais entrepris à cet effet dans les industries les plus diverses par les ingénieurs des Associations de propriétaires de machines à vapeur sont exposés en plusieurs tableaux. L'examen de ceux-ci montre que la moyenne des transmissions a un rendement mécanique peu élevé : quand nous disions plus haut que la valeur 0,7 était un maximum pratique, nous nous reportions aux résultats de nombreux essais personnels et aux tableaux en question.

(1) Compte rendu des séances du dix-septième Congrès des Ingénieurs en chef des associations de propriétaires de machines à vapeur, 1893, pages 197 à 220 inclusivement.

Nous devons ces renseignements à l'obligeance de M. Compère, ingénieur en chef de l'Association parisienne de propriétaires d'appareils à vapeur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On peut en juger par l'extrait suivant des essais de M. Compère, qui sont dans la moyenne des résultats exposés :

NATURE DE L'INDUSTRIE	Travail normal de la machine en chevaux.	Force absorbée pour la machine seule.	Force absorbée pour les transmissions y compris la machine.	Rapport entre la force prise pour les transmissions et le travail normal de la machine.
Atelier de construction de matériel de chemins de fer à voie étroite	69,43	»	49,07	71
Atelier de construction de petite mécanique	20,38	4,53	14,88	72,3
Fonderie et atelier de construction . . .	44	»	21,47	48,8
Fonderie et atelier de mécanique. . . .	113,16	12,47	76,9	68

Le professeur Kennedy (1), comparant les rendements *mécaniques* qu'on peut espérer réaliser dans une même usine en supposant d'abord qu'elle ne soit pourvue que de transmissions mécaniques, puis en admettant, pour chaque machine opératoire, un moteur électrique indépendant, arrive à peu près à l'égalité dans les deux cas :

Transmissions mécaniques :

Puissance réellement recueillie par les machines-outils . . .	100 chevaux
Pertes dans les courroies et tourillons.	25 —
Pertes dans la machine motrice, soit environ 10 p. 100 de la puissance développée par celle-ci, quand toutes les machines-outils sont embrayées et travaillent, ce qui correspond à peu près à 150 chevaux utiles.	20 —
TOTAL.	145 chevaux

Transmissions électriques :

Puissance réellement recueillie par les machines-outils. . . .	100 chevaux
Pertes dans les réceptrices et les génératrices	24 —
Pertes dans les conducteurs (2 p. 100).	2 —
Pertes dans la machine motrice, comme ci-dessus.	20 —
TOTAL..	146 chevaux

Nous estimons que, dans les deux cas, le professeur Kennedy évalue le pertes au-dessous de leur valeur réelle ; cette critique lui fut adressée par la suite (2).

Quand on veut substituer à un moteur à vapeur une dynamo-réceptrice, on est porté à fixer par avance la puissance de celle-ci d'après la consommation de

(1) *Institution of Mechanical Engineers.* Address by the President Professor Kennedy, avril 1894.
(2) *Institution of Electrical Engineers.* M. Crompton. Presidential adress, 18 janvier 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vapeur du premier. Si on opère ainsi, on risque de prendre une réceptrice plus puissante qu'il ne serait nécessaire. On s'aperçoit après coup, en relevant l'énergie électrique dépensée, que le moteur à vapeur consommait au delà des prévisions les plus pessimistes; ce fait s'est souvent présenté à nous.

Nous relevons, dans une communication de M. D. Selby-Bigge, lue à l'Iron and Steel Institute (1), le tableau suivant d'essais faits aux forges de MM. Dorman, Long et C^ie^, à Middlesbrough :

DÉSIGNATION DES MACHINES	Puissance indiquée du moteur à vapeur en chevaux.	Puissance nominale de la réceptrice substituée au moteur à vapeur en chevaux.	Voltage à la génératrice.	Voltage à la réceptrice.	Courant ampère.
Groupe de : Trois scies à froid. Deux machines à affranchir. Une machine à affûter les scies	27	10 1/2	120	115	70
Machine à dresser.	14	3 1/2	120	118	12
Poinçonneuse double	14	5	120	115	25
Machine à dresser.	14	3 1/2	120	115	15
Machine à dresser.	16	3 1/2	120	115	35
Scie à froid de 26 pouces de diamètre	9	3 1/2	120	110	15-27

N.-B. — L'économie de combustible réalisée par l'emploi du système électrique pour les machines ci-dessus s'élève à environ 30 tonnes par semaine.

Les ateliers Siemens étaient mis en mouvement par 18 machines à vapeur. Celles-ci furent remplacées par 72 réceptrices d'une puissance individuelle variant de 100 chevaux à 1/6 de cheval, et représentant une puissance totale disponible de 1 407 chevaux; la puissance de la station génératrice s'élève à 1 200 chevaux. M. A. Siemens a fait s voir à ses collègues de la Société des Ingénieurs électriciens de Londres (2) que l'emploi des nouvelles transmissions économisait annuellement 3 000 tonnes de combustible.

Nous nous bornons à cet ensemble d'aperçus et d'exemples que nous nous sommes efforcés de choisir avec quelque variété. Nous aurons accompli notre tâche si nous avons réussi à montrer qu'il n'y a pas d'industrie qui ne puisse tirer profit de l'emploi des transmissions électriques.

(1) *Electricity as a Motine Power in the Iron and Steel Industries.* Iron and Steel Institute, 1895.

(2) Séance du 8 mars 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MÉTALLURGIE.

SUR QUELQUES APPLICATIONS MÉTALLURGIQUES DE L'ALUMINIUM ET DU SILICIUM

PAR **M. H. Le Chatelier**, *membre du Conseil.*

La découverte, par H. Sainte-Claire Deville, de l'aluminium (l'aluminium de Wöhler n'était qu'un alliage de ce métal avec le sodium) et de son alliage avec le cuivre : le bronze d'aluminium à 10 p. 100 d'aluminium, fit espérer que l'industrie pourrait bientôt utiliser les propriétés remarquables de ces deux métaux. L'aluminium pur présentait une légèreté exceptionnelle et paraissait inaltérable; il ne s'oxydait pas à l'air sec, même sous l'action de la chaleur; il ne décomposait pas l'eau, même en présence des acides sulfurique et azotique. Le bronze d'aluminium, également inaltérable, présentait une résistance mécanique comparable à celle de l'acier, et, en outre, possédait une qualité précieuse : préparé par fusion sans forgeage consécutif, il était malléable comme certains bronzes d'étain, mais à un degré bien plus marqué.

Tant que l'aluminium fabriqué par le procédé de Deville s'est vendu à 100 francs le kilo, on ne pouvait espérer une large utilisation industrielle de ce métal; mais la découverte des procédés électrolytiques ayant brusquement fait tomber le prix à 10 francs le kilo, et bientôt plus bas encore, on devait penser que l'usage de ce métal allait non moins rapidement se développer. Il n'en a rien été. On a fait, et on fait encore, de nombreuses tentatives pour mettre à profit la légèreté de l'aluminium (pièces de machines, tôles de torpilleurs, ustensiles culinaires, etc.), mais il n'y a encore là que des expériences sans résultats définitivement acquis. La principale raison de cet insuccès est l'altérabilité de ce métal beaucoup plus grande qu'on ne l'avait supposé tout d'abord. Mouillé avec un acide, il absorbe rapidement l'oxygène à la façon du cuivre; il le fait encore au contact des sels métalliques et en particulier des chlorures. Certains sels même, comme ceux de mercure, provoquent, dès la température ordinaire, une oxydation extrêmement rapide de l'aluminium. Cette altérabilité est considérablement augmentée quand l'aluminium est au contact de métaux étrangers, et plus encore quand il est allié avec ces métaux. Allié à 3 p. 100 de maillechort, il est cent fois plus altérable qu'à l'état de pureté.

Un second défaut capital de l'aluminium est sa mollesse extrême qui, a l'état recuit, le rapproche de l'étain et du plomb. On peut augmenter un peu sa dureté, mais seulement d'une façon insuffisante, en l'alliant à des métaux étrangers, particulièrement au cuivre (de 3 à 6 p. 100 suivant les usages), ou mieux encore au maillechort employé dans les mêmes proportions.

Mais, sans parler de l'accroissement d'altérabilité, cette introduction de métaux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

étrangers présente le grave inconvénient de réduire considérablement la malléabilité de l'aluminium de façon à en rendre le travail impossible dès que les additions de ces métaux dépassent quelques centièmes.

Les qualités du bronze d'aluminium : inaltérabilité, dureté et malléabilité, que toutes les expériences récentes n'ont fait que mettre plus nettement en évidence, n'ont pas suffi à en généraliser l'emploi, parce que, parallèlement à l'abaissement du prix de l'aluminium, il s'est produit, dans la fabrication des alliages de zinc et de cuivre une transformation qui leur a communiqué une partie des qualités du bronze d'aluminium, notamment la finesse de grain et la malléabilité correspondante dans les pièces de moulage, en leur laissant un prix de revient bien inférieur. Ce résultat est obtenu par l'addition de quelques centièmes de métaux appartenant à la famille du fer à des laitons riches en zinc et complètement désoxygénés, ou, plus simplement, par l'addition de quelques centièmes d'aluminium aux laitons ordinaires.

Si l'aluminium est resté sans usage important à l'état métallique, il n'en joue pas moins aujourd'hui un rôle capital en métallurgie, grâce à une de ses propriétés qui a été longtemps méconnue. C'est un réducteur énergique, comparable au sodium, mais ayant, sur ce dernier, l'avantage de ne pas se volatiliser aux températures élevées, de ne pas s'altérer au contact de l'air humide. Sa chaleur d'oxydation considérable explique la facilité avec laquelle il s'empare de l'oxygène des autres oxydes. Le tableau suivant donne les chaleurs d'oxydation de quelques métaux rapportées à un équivalent (8 grammes) d'oxygène.

Aluminium	72
Magnésium	62
Silicium	53
Chrome	50
Manganèse	46
Zinc	42
Fer	34
Cobalt	32
Nickel	30
Plomb	25
Cuivre	20

D'après ces chiffres, d'aluminium devrait être un métal très oxydable; son inaltérabilité en présence de l'oxygène et de l'eau, soit à la température ordinaire soit même jusqu'au rouge, est une anomalie difficilement explicable, que l'on attribue généralement à l'infusibilité et à l'insolubilité de son oxyde. Mais il retrouve son oxydabilité normale lorsqu'il est chauffé à une température suffisamment élevée, ou quand il est allié à d'autres métaux. Chauffé au chalumeau oxhydrique en présence d'un excès d'oxygène, il prend feu en donnant, comme le magnésium ou le zinc, une lumière éclatante. Allié au mercure à l'état d'amal-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

game, il s'oxyde dès la température ordinaire avec une rapidité extrême; on voit l'alumine se former à vue d'œil en houppes blanches à la surface du métal liquide. Allié aux autres métaux : le fer, le cuivre, le nickel, le zinc, il absorbe, à partir du point de fusion de ces alliages, l'oxygène avec une égale rapidité, que celui-ci soit libre ou en combinaison avec d'autres métaux.

Cette oxydabilité de l'aluminium dans des conditions convenables peut être utilisée de deux façons différentes, soit pour enlever les petites quantités d'oxygène qui se trouvent dans les métaux ou alliages fondus au contact de l'air et en altèrent totalement les propriétés mécaniques; soit pour réduire certains oxydes métalliques irréductibles par le charbon et en extraire les métaux.

La première de ces applications s'est rapidement développée en métallurgie. L'aluminium s'est en partie substitué au manganèse comme agent réducteur dans la fabrication du fer et de l'acier fondu; il s'est totalement substitué au magnésium dans la fusion du nickel, et rend des services non moins importants dans la fabrication des laitons. Cette action des réducteurs dans la fabrication des métaux fondus, indiscutable au point de vue pratique, a été peu étudiée jusqu'ici dans son mécanisme; on ne se rend pas compte *a priori* pourquoi, dans l'acier, la substitution de l'oxyde d'aluminium à l'oxyde de fer amène une amélioration de la qualité. On admet généralement, pour l'expliquer, que les combinaisons d'un métal avec l'oxygène, le soufre, le phosphore, etc., sont solubles dans le même métal en fusion, et, par suite, cristallisent dans toute la masse au moment de la solidification; ce fait est très net avec le cuivre qui peut dissoudre 10 p. 100 de son oxydule. Au contraire, les oxydes de métaux différents seraient insolubles et passeraient dans la scorie. Mais cette théorie n'a été appuyée, jusqu'ici, d'aucune expérience démonstrative. Cette action réductive de l'aluminium ne s'exerce pas seulement sur les oxydes métalliques; l'oxyde de carbone est également réduit, comme il l'est par le manganèse, avec séparation de carbone. Cette réaction contribue à diminuer le dégagement du gaz pendant la solidification de l'acier, et, par suite, les soufflures. La majeure partie de l'aluminium aujourd'hui fabriqué est ainsi consommé en métallurgie comme agent de désoxygénation des métaux fondus.

Ce n'est que tout récemment que l'on a proposé l'emploi de ce métal pour la préparation industrielle de certains métaux dont les oxydes sont irréductibles par le charbon, ou ne donnent, par réduction avec ce corps, que des carbures. L'aluminium peut, comme le sodium, déplacer de leurs combinaisons la plupart des métaux, mais son emploi est à la fois beaucoup plus facile et plus économique.

C'est à la préparation du manganèse que cette méthode a été appliquée pour la première fois par MM. Green et Wahl (1) de Philadelphie, et elle a été depuis

(1) *Journal of the Franklin Institute*, 1893, p. 218, vol. XXXV et *brevet anglais*, n° 83, du 3 janvier 1893.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

étendue à un grand nombre d'autres métaux. Ces savants ont montré que le manganèse obtenu par l'action de réducteurs carbonés est toujours le carbure défini Mn^3C, renfermant 6 p. 100 de carbone, et ils ont fait voir de plus qu'il est impossible d'affiner ce métal, de brûler son carbone au contact de l'oxyde de manganèse, comme on affine la fonte au contact de l'oxyde de fer. Ce résultat pouvait d'ailleurs être prévu d'après les expériences de M. Guntz sur la décomposition de l'oxyde de carbone par le manganèse. En fondant au contraire de l'oxyde de manganèse au contact de l'aluminium, on obtient du manganèse exempt de carbone, et d'une pureté proportionnée à celle des matières premières mises en œuvre. Le manganèse obtenu par MM. Green et Wahl renfermait 1 à 2 p. 100 de silicium et autant de fer qui provenaient des impuretés de l'aluminium et de l'oxyde de manganèse employés.

Pour cette préparation, il faut employer des creusets non siliceux, par exemple en magnésie, ou, à défaut, des creusets en terre enduits intérieurement d'une couche de magnésie. Le mélange fondu était composé de :

Protoxyde de manganèse	68
Aluminium	12
Spath-fluor	10
Chaux vive	10
	100

L'aluminium doit être aussi divisé que possible; le spath-fluor sert de fondant; la chaux retient la silice et empêche la scorie de devenir trop fusible, ce qui permettrait à l'aluminium de venir se réunir à la surface de la matière fondue avant d'avoir complètement réagi.

Le mélange est projeté dans le creuset chauffé au préalable à la température de fusion de la fonte ordinaire, soit à 1 200° environ. La réaction est très vive, et la chaleur dégagée est assez considérable pour fondre le manganèse, que l'on trouve réuni au fond du creuset en un seul culot. La poudre d'aluminium nécessaire pour cette opération s'obtient facilement, d'après M. Pickart, en agitant violemment le métal fondu pendant sa solidification.

Le rendement en manganèse est presque théorique; il dépasse 90 p. 100. MM. Green et Wahl estiment que le manganèse préparé par cette méthode pourrait revenir à 0 fr. 80 le kilo dans une fabrication en grand. Mais c'est là, jusqu'ici, une simple supposition qui n'a pas encore reçu la sanction de la pratique industrielle.

M. Hadfield (1), de Sheffield, a appliqué la même méthode à l'obtention du fer

(1) *Iron and Steel Institute.* Meeting de Birmingham, 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pur et rigoureusement dépourvu de carbone, résultat qui n'avait pas encore été obtenu jusqu'ici. Le mélange soumis à la fusion était composé de :

Oxyde ferreux	72
Aluminium	20
Chaux vive	4
Spath-fluor	4
	100

Dans une expérience, le fer obtenu titrait 99,8 p. 100. Cette méthode de préparation du fer ne paraît pouvoir présenter aucun intérêt au point de vue métallurgique, mais elle a un grand intérêt scientifique. Elle permettra d'étudier les propriétés du fer pur, ce qui a été impossible jusqu'ici. Enfin, plus récemment, M. Roberts Austen aurait obtenu par la même méthode le chrome. Enfin, M. Vautier a montré que l'aluminium réduisait également les oxydes de potassium, sodium, calcium et baryum.

Avec des oxydes facilement réductibles, comme celui de plomb, la réaction se fait avec explosion.

Mais la manière réellement pratique d'utiliser ce procédé de réduction des oxydes par l'aluminium est celui qui a été proposé par M. Moissan (1) pour incorporer au fer, à l'acier, au cuivre et à tous les alliages usuels certains métaux difficilement réductibles et difficilement fusibles : molybdène, tungstène, uranium, vanadium, titane, silicium, bore. M. Moissan a obtenu directement ces métaux au four électrique, mais leur prix de revient est alors très élevé, et leur infusibilité rend leur incorporation au fer très difficile, et parfois même impossible.

Le procédé breveté par M. Moissan consiste à réduire les oxydes par un excès d'aluminium de façon à préparer un alliage d'aluminium plus ou moins riche en métal étranger, et dont la fusion est produite par la chaleur même de la réaction. Cet alliage relativement fusible est facilement incorporé dans le fer ou le cuivre en fusion, et l'aluminium en excès est ensuite enlevé par un affinage au moyen de l'oxyde de fer ou de l'oxyde de cuivre.

Cette préparation d'un alliage d'aluminium est beaucoup plus facile que celle des métaux purs, d'abord à cause de la fusibilité plus grande de l'alliage, et ensuite à cause de la présence d'aluminium en excès qui, en favorisant la réduction de l'oxyde, dispense d'employer de l'aluminium grenaillé et d'ajouter au mélange des fondants.

Il est probable que ce procédé de préparation des alliages comportera quelques applications industrielles; il est en tout cas dès à présent d'un emploi très commode pour les expériences de laboratoire.

Usages du silicium. — Le seul défaut que l'on puisse reprocher à l'aluminium

(1) *Brevet anglais*, n° 22023, 14 novembre 1894.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

employé comme réducteur est son prix de revient encore relativement assez élevé si on le compare à celui des métaux usuels : fer, cuivre, zinc, etc. Le silicium, tout en ayant une chaleur d'oxydation un peu moins élevée que l'aluminium, est encore un réducteur énergique qui peut, comme ce métal, réduire un grand nombre d'autres oxydes (1). Sa production à l'état libre est assez difficile, les procédés électriques ne permettent que difficilement de l'isoler ; obtenu par cette voie, il reviendrait plus cher que l'aluminium, et il n'y aurait par suite aucun motif de le substituer à ce métal. Mais il est facile de l'obtenir allié au fer par le procédé du haut fourneau, c'est-à-dire, dans des conditions très économiques. Les fontes siliceuses et les ferro-silicium obtenus ainsi sont depuis longtemps employés dans le métallurgie du fer, en mettant à profit la facile oxydabilité du silicium. C'est la combustion du silicium qui, dans le Bessemer acide, fournit la chaleur nécessaire à l'opération ; souvent aussi, pour désoxygéner le bain métallique suraffiné, on fait une addition finale de ferro-silicium qui réduit l'oxyde de fer et l'oxyde de carbone dans le métal en fusion.

MM. Green et Wahl (2), après avoir étudié l'action réductrice de l'aluminium pour la préparation du manganèse, ont pensé que l'on pourrait avec économie substituer à l'aluminium le ferro-silicium dans la préparation des alliages du fer avec le manganèse, le chrome, le tungstène, le molybdene, le nickel. L'emploi du ferro-silicium aurait, entre autres avantages, celui de donner des alliages peu chargés en carbone, résultat qui ne peut être obtenu quand on part des ferro-manganèses et ferro-chromes dont la teneur en carbone croît avec celle du métal allié au fer. Au contraire, dans le ferro-silicium, la teneur en carbone décroît, comme l'a montré M. Riley, quand celle du silicium augmente ; par exemple, du ferro-silicium à 20 p. 100 de silicium ne peut renfermer plus de 1 p. 100 de carbone. Il faut remarquer d'ailleurs que l'équivalent du silicium est très faible par rapport à celui des métaux qu'il déplace.

1 de silicium équivaut à 4 de fer, de manganèse. En partant d'un ferro-silicium de composition :

Fe	89
Si	10
C.	1
	100

MM. Green et Wahl ont obtenu un ferro-manganèse peu carburé de composition :

Fe	70
Mn.	29
C.	0,5
Si et divers	traces
	100

(1) Warren. *Chemical News;* t. 65, p. 75.
(2) *Journal of the Franklin Institute*, 1893 ; t. XXXV, p. 453.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le mélange soumis à la fusion était composé de :

Ferro-silicium.	100
MnO	70
CaO	30

Le poids du ferro-manganèse obtenu a été de 128, ce qui est presque exactement le rendement théorique. Par le même procédé, on a obtenu des alliages à 50 p. 100 de nickel, 20 p. 100 de chrome, 50 p. 100 de tungstène. Les expériences faites avec le titane n'ont donné que des résultats douteux.

La même méthode permettrait de préparer certains alliages du cuivre en partant du siliciure de ce métal.

Les résultats obtenus isolément avec le silicium et l'aluminium permettent de conclure que les alliages de silicium et d'aluminium se comporteraient de la même façon. On sait, en effet, que ces deux corps ne se combinent pas entre eux; leurs alliages, étant de simples mélanges mécaniques, ont exactement les propriétés chimiques de leurs constituants, ce qui n'arriverait pas s'il s'était formé des combinaisons chimiques. Ces alliages, qui peuvent être obtenus par le traitement direct de produits naturels très communs : l'argile ou le kaolin, auraient sans doute, sur l'aluminium, l'avantage d'un prix de revient moindre.

Le choix parmi les quatre réducteurs principaux dont la métallurgie dispose : *carbone*, *manganèse*, *silicium* et *aluminium*, ne dépend pas seulement des considérations de prix de revient; il est pratiquement impossible de mettre en œuvre ces réducteurs sans en laisser un excès plus ou moins grand dans le métal obtenu et en modifier aussi plus ou moins les propriétés, suivant la nature et la proportion du corps ainsi introduit. La réduction du chrome et du manganèse par le charbon ne peut être obtenue sans laisser dans le métal plusieurs centièmes de carbone, qui en font une véritable fonte, sans aucune analogie avec le métal pur. Dans les cas les plus favorables, il est impossible de laisser moins de quelques millièmes de ces corps; le fer renferme toujours cette quantité des réducteurs ajoutés en fin d'opération : carbone, manganèse, silicium, et ces petites quantités de corps étrangers ont une influence appréciable sur la qualité du métal, influence le plus souvent nuisible, mais parfois aussi avantageuse. Le carbone augmente la dureté du fer, le manganèse sa fragilité; le silicium est, de ces différents réducteurs, celui qui diminue le moins la conductibilité électrique du cuivre; l'aluminium donne une grande finesse au grain des laitons venus de fonte et augmente leur malléabilité sous cet état. Il y a intérêt, suivant les cas, à faire un choix judicieux des réducteurs mis en œuvre; il serait donc très utile de faire une étude systématique de l'influence exercée par de petites quantités de ces corps sur les métaux et alliages usuels.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LES SOUDURES POUR LAITONS D'APRÈS **M. R. Schwirkus** (1).

Les alliages ou composés métalliques servant au soudage des laitons sont en général trop cassants et, en raison même de la variabilité de la composition des laitons, il n'en est aucun dont on puisse recommander l'emploi d'une façon générale et certaine. M. Schwirkus s'est livré, à ce sujet, à de nombreuses expériences, exécutées méthodiquement sur différentes soudures aux six points de vue suivants :

1° *Influence du mode de fabrication de l'alliage soudant.* — Cet alliage se compose ordinairement de cuivre et de zinc, avec ou sans addition d'autres métaux plus fusibles. La manière dont on s'y prend habituellement pour ajouter le zinc au cuivre fait perdre une quantité de ce zinc qui peut aller jusqu'à 25 p. 100 si on l'y ajoute en petite proportion, et l'on ne gagne rien à remplacer le cuivre par du laiton. On peut éviter cette perte et les irrégularités qui en résultent dans la composition et la fusibilité de la soudure en chauffant le zinc juste au-dessus de son point de fusion, puis en y ajoutant peu à peu du cuivre en grains de $1^{mm},5$ au plus, à mesure qu'il fond et se dissout. Il faut toujours adjoindre au cuivre un tiers de son volume de sel ammoniac pur, et, à la fin de l'opération, un excès de ce sel, dont on fait évacuer les fumées sous une hotte. On peut ajouter au zinc un métal plus fusible ou, avec le cuivre, de l'argent en feuilles minces. La substitution de laiton en quantité équivalente au cuivre n'est pas à conseiller en raison de l'incertitude de sa composition. Pour éviter toute trace de fer, il faut remuer la masse avec un morceau de bois ou de terre réfractaire, et opérer la fusion dans un creuset sans fer.

2° *Fusibilité de la soudure.* — On l'a déterminée par la température à laquelle les grains de soudure s'agglomèrent entre eux. On chauffe un mélange de $0^{gr},5$ de soudure

(1) *Journal of the Society of Chemical Industry*, 31 décembre 1894, p. 1200.

Les soudures nos 19 à 22, qui, par leur fusibilité et leur malléabilité, semblent particulièrement recommandables, présentent de grandes analogies dans toutes leurs propriétés.

Elles sont très tenaces et ne se brisent par le choc qu'après une certaine déformation.

Leur couleur, sur la cassure, est blanc d'argent, tirant par place sur le jaune, la masse cependant est absolument homogène. Le métal poli est jaune clair, de la nuance du bronze d'aluminium à 10 p. 100, c'est-à-dire or lavé de blanc.

La *cassure*, autrement rugueuse et tourmentée, présente de grands alignements rectilignes, semblant indiquer des cristaux, mais il n'y a pas une seule face plane et lisse.

Une faible addition de zinc suffit pour rendre l'alliage très cassant; sa cassure a alors l'aspect conchoïdal et vitreux des bronzes à miroir (33 p. 100 d'étain). Sa couleur devient blanc bleuâtre.

Une faible addition de cuivre augmente rapidement la malléabilité, mais diminue non moins rapidement la fusibilité. Le grain de la cassure devient très fin, et sa couleur passe au jaune de laiton.

Voici les points de fusion de ces soudures rapprochés de celui du laiton. Le point de fusion est la température pour laquelle la totalité de l'alliage est liquide.

N°	Composition				Point de fusion.
	Cu	*Zn*	*Ag*	*Sn*	
	38	50	12	»	870°
	33	48	9	»	862°
	42	52	6	»	855°
	48	49	»	2	870°
	46	54	»	»	900°
Laiton	67	33	»	»	970°

H. LE CHATELIER.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et 0gr,3 de borax en poudre, humecté de deux gouttes d'eau, dans une capsule de cuivre de 12 millimètres de diamètre, jusqu'à disparition du voile blanchâtre laissé par le borax ; une chauffe trop prolongée provoquerait une oxydation ; trop courte, elle aurait d'autres inconvénients. Après avoir laissé le mélange se refroidir complètement, on le place, toujours dans la même situation, dans une flamme de chalumeau à gaz maintenue à température constante par un régulateur, et l'on détermine exactement, à une demi-seconde près, le temps nécessaire pour arriver à la fusion des grains. Il faut chauffer la soudure le plus rapidement possible : si on la maintient longtemps au-dessus du point de fusion du borax, mais au-dessus de celui du cuivre, comme le font les ouvriers inexpérimentés, dans la crainte de brûler la soudure, le borax coule sur les angles des morceaux de soudure qui s'oxydent et ne prennent plus, exposent les pièces à se brûler, surtout si elles sont grosses et conduisent rapidement la chaleur loin du point de soudure : il faut, dans ce cas, employer des soudures plus fusibles.

3° *Évaluation de la malléabilité des soudures.* — On fabriqua par soudure à bout, sans recouvrement, des tubes de laiton ou de cuivre de 100 millimètres de long sur 35 de diamètre et 1 millimètre d'epaisseur, puis on en dilata l'un des bouts au marteau en une collerette de 7mm,5 de large, de manière à soumettre la soudure à un travail de martelage et d'extension. Si le joint cédait immédiatement, on considérait la soudure comme non malléable, avec le coefficient 0 ; s'il cédait après un rabattement de 45° à 60°, on lui donnait le coefficient 1/2, et le coefficient 1 s'il cédait à 90°. S'il ne cédait pas à 90°, on opérait de même avec une collerette de 10 millimètres de large, avec coefficients de 1, 1 1/2 et 2, suivant qu'il cédait à l'origine, de 45° à 60° ou à 90°, puis on prolongeait, s'il le fallait, l'essai avec des collerettes de 12mm,5, et en augmentant de 2mm,5 jusqu'à rupture. On définissait ainsi huit degrés de malléabilité, correspondant à des collerettes de 7 1/2 à 25 millimètres. On fit aussi des essais sur des barreaux de soudure de 100 millimètres de long et 10 de diamètre. On peut, dans certains cas, employer des soudures non malléables, mais de ténacité jamais inférieure à 2 kilos par millimètre carré.

4° *Emploi des soudures avec différentes qualités de laitons.* — On essaya neuf marques de laitons : le temps de fusion, déterminé comme précédemment, variant de 16,8 à 23 demi-secondes. Les soudures sûrement applicables à tous ces laitons tenaient au plus 77 p. 100 de laiton pour 23 de zinc, ou, au plus, 46 p. 100 de cuivre et 54 de zinc : durée de fusion, 14,8 demi-secondes au plus.

5° *Augmentation corrélative de la fusibilité et de la malléabilité.* — La comparaison des nos 1, 2, 3, 4, du tableau ci-contre avec les nos 16, 18, 19, 20 montre que la substitution d'un peu d'argent au cuivre augmente à la fois très notablement la fusibilité et la malléabilité. Les soudures nos 18 et 19 allaient très bien avec tous les laitons essayés plus haut, et le n° 17 seulement dans les cas extrêmes.

6° *Influence d'une addition d'étain sur la malléabilité des soudures.* — D'après les nos 26 à 32, une addition d'étain, même très faible, abaisse la malléabilité beaucoup plus que la fusibilité, de sorte qu'elle n'est pas à recommander. Le temps de fusion ne doit pas dépasser 14 demi-secondes, ni la malléabilité descendre au dessous de deux (collerette de 10 millimètres). A l'exclusion des soudures non comprises entre ces limites, celles qui renferment de l'argent peuvent seules être recommandées. On peut employer les nos 16 à 19 pour la soudure du cuivre, mais les nos 19 à 22 sont si sûrs avec tous les laitons, et supportent si bien le martelage, que le surcroît de dépense dû à la présence de l'argent est largement compensé. On remarquera que l'alliage n° 23, à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

NUMEROS	COMPOSITIONS Cu	Zn	In	Bi	Ag	Pb	Cd	COULEUR DES GRAINS	NATURE DES GRAINS	SOUDURE AU LAITON	FUSIBILITÉ	TEMPS de fusion en 1/2 secondes	ÉPREUVE AU MARTELAGE Matière du tube	Degré de malléabilité	TENACITÉ en kilo par m/m carré
1	61	30	»	»	»	»	»	jaune gris.	doux.	brûlée.	très infusible.	19,2	cuivre.	2	
2	56	44	»	»	»	»	»	jaune gris clair.	— plus durs.	—	—	19	—	2	
3	51	49	»	»	»	»	»	—	— —	—	difficil. fusible.	15,6	—	2	
4	46	54	»	»	»	»	»	gris jaune.	— —	bonne.	—	14,8	laiton.	3	
5	45	55	»	»	»	»	»	—	—	—	—	14,5	—	2 1/2	
6	33	67	»	»	»	»	»	jaune sombre.	friables.	—	bonne.	14	—	0	1.4.
7	72	26	3	»	»	»	»	jaune gris.	doux.	brûlée.	très infusible.	24	cuivre.	4 1/2	
8	48	49	3	»	»	»	»	jaune gris clair.	—	bonne.	bonne.	13,6	laiton.	1 1/2	6.9.
9	57	28	15	»	»	»	»	gris clair.	pulvérisables.	—	difficil. fusible.	11,8	—	0	1.48
10	60	20	20	»	»	»	»	—	friables.	—	—	11,4	—	0	2.05
11	72	18	4	8	»	»	»	—	cassants.	brûlée.	très difficil. fusible.	19,2	cuivre.	1 1/2	6.80
12	53	45	»	»	9	0,5	»	jaune.	doux.	—	—	15,2	—	2 1/2	
13	53	45	1,5	»	»	0,5	»	jaune sombre.	—	presque brûlée.	difficil. fusible.	14,2	—	1 1/2	
14	44	51	3,5	»	»	1,5	»	gris bleu.	—	bonne.	bonne.	13,8	laiton.	1 1/2	
15	33	59	»	»	2	»	14	jaune blanc.	friables.	—	très fusible.	10,4	—	0	
16	59	39	»	»	2	»	»	jaune vert clair.	doux.	brûlée.	difficil. fusible.	15,6	cuivre.	3	
17	50	46	»	»	4	»	»	jaune vert.	— plus durs.	bonne.	—	15,2	laiton.	8	
18	53	43	»	»	4	»	»	jaune vert sombre.	— —	—	bonne.	14,5	—	5	
19	48	48	»	»	4	»	»	jaune d'or.	— —	—	—	13,8	—	5	
20	42	52	»	»	6	»	»	jaune d'or sombre.	— —	—	—	13,4	—	6	
21	43	48	»	»	9	»	»	jaune rouge.	— —	—	facilement fusible.	12,9	—	4	
22	38	50	»	»	12	»	»	jaune rouge clair.	friables.	—	—	11	—	3 1/2	
23	26	12	»	»	62	»	»	jaune blanc.	(plaque).	—	—	11,5	—	2	
24	»	»	»	»	»	»	»	or.	doux.	brûlée.	difficil. fusible.	15,7	cuivre.	4	
25	»	»	»	»	»	»	»	blanc.	pulvérisables.	bonne.	bonne.	13,6	laiton.	0	
26 *	76	24	»	»	»	»	»	rouge gris.	doux.	—	difficil. fusible.	14,8	—	2 1/2	
27 *	75	24	1	»	»	»	»	gris jaune.	— plus durs.	—	moins difficile.	14,2	—	2	
28 *	75	23	2	»	»	»	»	—	— —	—	—	13,8	—	1 1/2	
29 *	74	23	3	»	»	»	»	gris noir.	friables.	—	bonne.	13,6	—	1	
30 *	74	22	4	»	»	»	»	—	cassants.	—	—	12,8	—	1/2	
31 *	73	22	5	»	»	»	»	plus noir.	friables.	—	—	12,6	—	0	
32 *	73	21	6	»	»	»	»	—	pulvérisables.	—	facilement fusible.	12,2	—	0	

* Dans la composition des alliages nos 26 à 32 on a probablement porté par erreur comme cuivre pur (Cu) le même poids de laiton.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

62 p. 100 d'argent, est nettement inférieur au n° 22, à 12 p. 100. Les n^{os} 19 et 21 se recommandent spécialement pour les premières et pour les secondes soudures des laitons, ou ressoudage de laitons primitivement soudés avec un alliage plus fusible ; le n° 20 convient pour les feuilles et les fils, et le n° 22 pour les troisièmes soudures, à la place des soudures fusibles renfermant de l'étain.

G. R.

SOUDURE DE L'ALUMINIUM, D'APRÈS **J. Richards** (1).

Une bonne soudure pour l'aluminium doit satisfaire aux conditions suivantes :
Mouiller l'aluminium et y adhérer fortement ;
Ne pas se désagréger par l'exposition à l'air ;
Être aussi malléable et forte que l'aluminium ;
Être assez fusible pour pouvoir s'exécuter facilement avec le fer à souder ;
Avoir la même couleur que l'aluminium et ne pas changer de couleur ;
Être assez bon marché pour pouvoir s'employer couramment.

Après deux ans de recherches, M. J. Richards reconnut qu'un composé de zinc et d'étain, avec un peu d'aluminium et de phosphore, répondait presque à tous ces desiderata. On employa longtemps un alliage de :

Aluminium	1
Étain à 10 p. 100 de phosphore	1
Zinc	8
Chaux	32

Mais, à la fusion, il se liquate un composé plus fusible, probablement un véritable alliage de zinc et d'étain, de formule Sn_4Zn_3, plus stable, et qui soude mieux. La soudure actuellement employée répond presque à cette formule, ainsi que l'indique le tableau ci-contre :

	Soudure primitive.	Alliage liquaté.	Alliage Sn_4Sn_3.	Soudure actuelle.	
Aluminium	2,38			2,38	28,57 p. 100
Zinc	19,04		29,3	26,19	
Étain	78,34	71,65	70,7	71,12	
Phosphore	0,24			0,24	

La soudure nouvelle renferme un peu moins de zinc que l'alliage Sn_3Zn_4 ; sa proportion est complétée par l'équivalent en aluminium ; elle renferme, d'autre part, un excès d'étain pour compenser les pertes par oxydation.

Cette soudure, actuellement employée en Amérique, en Suisse et en Allemagne, donne de bons résultats. G. R.

(1) *Journal of the Franklin Institute*, Novembre 1895, p. 35.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Action du silicium sur le fer, le chrome et l'argent.

Note de **M. Henri Moissan** (1).

La haute température du four électrique nous a permis de préparer un certain nombre de carbures métalliques définis et cristallisés. Nous avons pensé que la même méthode pourrait s'appliquer à l'obtention des siliciures, composés mal déterminés et peu connus jusqu'ici. Nous donnerons aujourd'hui, comme exemple de cette étude, l'action exercée par le silicium sur le fer, le chrome et l'argent ; ces trois métaux ayant été choisis plus spécialement après quelques recherches préliminaires.

Siliciure de fer. — Les recherches sur les fontes siliciées ont été assez nombreuses, mais il existe peu de travaux sur le siliciure de fer cristallisé. Par l'action du chlorure de silicium sur le fer porté au rouge, Fremy a obtenu des cristaux de siliciure de formule Si Fe (2). Hahn (3) a indiqué l'existence d'un siliciure amorphe de formule $Si Fe^2$ qui, traité par l'acide fluorhydrique, abandonne un résidu soyeux, cristallin de Si Fe. Enfin nous rappellerons l'étude thermochimique de MM. Troost et Hautefeuille sur les fontes siliciées (4).

Le siliciure de fer a été préparé par union directe du fer et du silicium soit dans un four à réverbère chauffé avec du charbon de cornue, soit au four électrique.

Préparation. — 1° On dispose dans une nacelle de porcelaine une brasque de silicium cristallisé représentant environ le dixième du poids du métal employé. Sur ce silicium, on dispose un cylindre de fer doux, et la nacelle est placée dans un tube de porcelaine que traverse un courant lent d'hydrogène pur et sec. On chauffe, au moyen de charbon de cornue, à une température qui amène une légère déformation du tube, mais qui est inférieure, ainsi que l'on s'en est assuré dans une expérience préliminaire, à la température de fusion du fer doux.

On obtient, après la chauffe, un lingot blanc d'argent, dur et cassant, qui est formé par un siliciure de fer cristallisé, empâté dans un excès de métal.

Dans cette expérience, où deux corps solides, le silicium et le fer, sont portés à une température de 1200°, inférieure à leur point de fusion, il s'est produit un lingot métallique fondu. Cela tient, pensons-nous, à la tension de vapeur du silicium solide, qui permet à ce métalloïde de s'unir au fer et de fournir un siliciure plus fusible que le métal. Nous avons constaté déjà de semblables phénomènes avec le bore, et nous pensons qu'on peut donner la même explication pour le cheminement du carbone dans le fer. A cette température de 1200°, le silicium, le bore et le carbone ont déjà une tension de vapeur qui, bien que très faible, leur permet de donner avec le fer, et bien avant son point de fusion, des composés liquides ou solides.

2° On place, dans le creuset (5) du four électrique, 400 grammes de fer doux en petits cylindres et 40 grammes de silicium cristallisé. On chauffe quatre minutes avec

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 4 novembre 1895.

(2) *Encyclopédie chimique de Fremy*, article *Fer*.

(3) Hahn, *Recherches chimiques sur les produits de la dissolution de la fonte dans les acides* (*Annalen der Chemie und Pharmacie*, t. CXXIX, p. 57).

(4) Troost et Hautefeuille, *Étude calorimétrique des siliciures de fer et de manganèse* (*Comptes rendus*, t. LXXXI, p. 264).

(5) Le carbone du creuset n'intervient pas dans cette réaction, car nous avons démontré précédemment que, dans la fonte en fusion, le silicium déplaçait le carbone avec facilité.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

un courant de 900 ampères et 50 volts. L'expérience doit être faite rapidement, afin d'éviter la formation du siliciure de carbone.

Si l'on augmente les proportions du silicium, le culot obtenu devient difficilement attaquable par les acides, et il est presque impossible de séparer le siliciure formé.

3° On peut encore chauffer au four électrique un mélange d'oxyde de fer et d'un excès de silicium, qui donne de la silice facilement volatile, et un lingot de siliciure de fer contenant un excès de métal.

Dans une expérience faite à la température d'une bonne forge, nous avons chauffé des cylindres de fer doux au milieu de cristaux de silicium. Comme il arrive toujours dans ces conditions, chaque cristal de silicium s'est entouré d'une petite couche d'azoture et d'oxyde, qui empêche la fusion complète et la réunion du métalloïde en un seul culot. Après l'expérience, les cylindres de fer, retirés de la masse, avaient conservé leur forme et n'étaient fondus en aucun point. Ils étaient transformés en siliciures jusqu'à l'axe même du cylindre, et l'on pouvait, par une réaction chimique, séparer et isoler, sous forme de silice, le silicium qu'ils renfermaient à la teneur de 2 p. 100. C'est un nouvel exemple de la tension de vapeur du silicium et de la silice, bien avant leur point de fusion.

Les culots métalliques préparés par un quelconque de ces procédés sont attaqués par l'acide nitrique étendu de quatre fois son volume d'eau. L'attaque, très vive au début, se ralentit peu à peu, au fur et à mesure que le métal disparaît.

Après décantation et lavage, il reste un siliciure cristallisé de formule $SiFe^2$.

Propriétés physiques. — Le siliciure de fer se présente en petits cristaux prismatiques brillants, possédant un éclat métallique ; sa densité est de 7,00 à + 22° ; son point de fusion est inférieur à celui du fer et supérieur à celui de la fonte. Il agit sur l'aiguille aimantée.

Propriétés chimiques. — L'acide fluorhydrique, en solution aqueuse, attaque le siliciure de fer, et la réaction ne tarde pas à devenir très vive. Ce résultat est en désaccord avec les expériences de Hann, qui a mentionné l'existence d'un siliciure de fer inattaquable par l'acide fluorhydrique. Lorsque le siliciure est réduit en poudre fine, l'acide chlorhydrique l'attaque lentement. L'acide nitrique n'a pas d'action sensible sur ce composé, mais l'eau régale le détruit avec formation de silice.

Les hydracides gazeux attaquent le siliciure de fer à une température qui varie du rouge sombre au rouge vif.

L'azotate et le chlorate de potassium, à leur point de fusion, sont sans action. Les carbonates alcalins fondus l'attaquent lentement, tandis qu'un mélange de nitrate et de carbonate le décompose avec facilité.

Analyse. — Le siliciure de fer était attaqué par un mélange de nitrate et de carbonate alcalins ; le fer a été dosé sous forme de sesquioxyde et le silicium à l'état de silice.

Nous avons obtenu ainsi les chiffres suivants :

	1.	2.	3.	4.	Théorie pour $SiFe^2$.
Fer.	79,20	81,10	82,12	81,43	80,00
Silicium.	20,95	19,04	18,02	18,59	20,00

SILICIURE DE CHROME. — 1° Lorsque, dans une nacelle brasquée au silicium, on place des fragments de fonte de chrome à 2 p. 100 de carbone, métal beaucoup plus infu-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sible que le fer, on peut, en chauffant un peu au-dessus de 1 200° dans un courant d'hydrogène, produire la fusion du chrome, sous forme de siliciure de chrome. Ici encore, grâce à sa tension de vapeur à l'état solide, le silicium a passé dans le chrome, et en a produit la fusion.

Pour réussir cette expérience, il est important de monter son fourneau à réverbère avec soin et d'en augmenter le tirage par un tuyau de 10 à 12 mètres. Dans quelques-unes de ces expériences, le tube de porcelaine s'est aplati et les deux parois se sont soudées l'une à l'autre.

2° On a chauffé au four électrique, dans un creuset de charbon, du chrome non carburé avec 15 p. 100 de son poids de silicium. En employant un courant de 900 ampères et 50 volts, la chauffe doit durer neuf minutes.

On obtient ainsi un culot à cassures cristallines, renfermant le siliciure, noyé dans un excès de métal.

3° On chauffe au four électrique un mélange de : silice 60 parties, sesquioxyde de chrome 200, charbon de sucre 70. Durée de la chauffe, dix minutes. Intensité du courant : 950 ampères et 70 volts. On obtient ainsi un culot très bien fondu, cassant et nettement cristallin. Quelques géodes, qui se trouvent à l'intérieur du métal, sont tapissées d'aiguilles de siliciure de chrome.

Les culots métalliques ainsi obtenus, grossièrement pulvérisés, sont traités par l'acide fluorhydrique concentré et froid. Après quelques instants, une attaque assez vive se produit; on modère l'action de l'acide en ajoutant un peu d'eau pour éviter toute élévation de température qui déterminerait l'attaque du siliciure. On lave à l'eau, et l'on reprend par l'acide fluorhydrique concentré à froid jusqu'au moment où toute attaque a cessé. On obtient finalement le siliciure, cristallisé en petits prismes isolés ou soudés les uns aux autres.

Ce siliciure est souvent souillé d'une petite quantité de siliciure de carbone cristallisé, dont nous n'avons pu le séparer, et dont on doit tenir compte dans l'analyse.

Ses propriétés chimiques rappellent assez celles du siliciure de fer. Il se conduit de même vis-à-vis des acides. Le chlore l'attaque au rouge avec incandescence. L'acide chlorhydrique gazeux le transforme vers 700° en chlorure de silicium et chlorure de chrome. Le nitrate de potasse en fusion donne rapidement un chromate et un silicate, enfin la potasse fondue l'attaque avec lenteur. Nous ajouterons que le siliciure de chrome raye le quartz et même le corindon avec la plus grande facilité. La plupart des siliciures possèdent d'ailleurs une dureté beaucoup plus grande que les carbures correspondants. On trouvera parmi ces composés des corps plus durs que le siliciure de carbone.

Analyse. — L'analyse du siliciure de chrome nous a présenté certaines difficultés. L'attaque se faisait par un mélange de carbonate de potassium, 2 parties, et azotate de potassium, 8 parties. Le tout était repris par l'acide chlorhydrique. La séparation de la silice que l'on rend insoluble dans les acides, au bain de sable, par deux traitements successifs, est toujours délicate. La présence du siliciure de carbone, que l'on sépare par une attaque spéciale aux acides, et l'existence dans quelques échantillons d'un carbo-siliciure de chrome viennent encore compliquer l'analyse.

Nous avons obtenu les chiffres suivants :

	1.	2.	3.	Théorie pour $Si\,Cr^2$.
Chrome	80,22	79,83	80,36	78,79
Silicium	19,40	21,08	19,92	21,21

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Action du silicium sur l'argent. — Lorsqu'on chauffe au four électrique un mélange de silicium cristallisé et d'argent pur, on obtient, si la température a été très élevée, un culot métallique qui est recouvert de beaux cristaux. Ceux-ci peuvent, à première vue, être pris pour du siliciure d'argent. En dissolvant l'argent dans l'acide azotique, on obtient un résidu d'hexagones transparents, colorés en jaune, dont l'analyse démontre qu'ils sont entièrement formés de siliciure de carbone.

Lorsque la température du four électrique est moins élevée, le silicium abandonne l'argent avant sa solidification ; il cristallise en partie sous forme de cristaux transparents au microscope, analogues à ceux qui ont déjà été décrits par M. Vigouroux (1). L'argent, qui entoure ces cristaux, ne nous a pas donné à l'analyse trace de silicium.

La même expérience a été faite dans le four à réverbère, ainsi que nous l'avons décrite plus haut, et l'argent n'a pas retenu davantage de silicium; il en a été de même dans des essais faits à la forge, et dans des expériences réalisées au four Perrot, dans lequel le silicium était produit par le procédé de Deville (action du sodium sur le fluosilicate), au contact d'argent en fusion.

Dans ces différentes expériences, l'argent liquide dissout du silicium, mais il l'abandonne à l'état cristallin au moment de sa solidification.

Ce phénomène nous semble donc comparable à l'action qu'exerce le phosphore sur l'argent. Ce métal dissout, en effet, une notable quantité de phosphore au-dessus de 1000° et, au point exact où il passe de l'état solide à l'état liquide, on voit la vapeur de phosphore rocher en abondance, comme le fait l'oxygène (2).

Conclusions. — En résumé, l'action du silicium sur les métaux peut nous donner trois résultats différents :

1° Le silicium solide peut, grâce à sa tension de vapeur, s'unir au métal solide et donner, par une action analogue à la cémentation, un véritable siliciure, dont le point de fusion est moins élevé que celui du métal.

2° Le silicium liquide peut s'unir au métal fondu au four électrique.

3° Le silicium se dissout dans le métal liquide, ne forme pas de combinaison avec lui, ou en produit une très instable, et se dépose à l'état cristallin au moment de la solidification de ce métal.

Sur les siliciures de nickel et de cobalt. Note de **M. Vigouroux** (3).

Dans une récente communication, M. Moissan a fait connaître quelle était l'action du silicium sur le fer, le chrome et l'argent (4); je décrirai aujourd'hui le siliciure de nickel et celui de cobalt obtenus par les mêmes méthodes.

Préparation. — Si l'on chauffe fortement au four à réverbère, dans un courant d'hydrogène, un mélange de silicium (10 p. 100) et de l'un de ces métaux, on constate

(1) Vigouroux, *Sur la réduction de la silice par l'aluminium* (*Comptes rendus*, t. CXX, p. 1161).

(2) Hautefeuille et Perrey, *Sur le rochage de l'or et de l'argent dans la vapeur de phosphore* (*Comptes rendus*, t. XCXVIII, p. 1378).

(3) *Comptes rendus*, 11 novembre 1895, p. 686

(4) Page 1207 du présent *Bulletin*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que les fragments métalliques qui seraient restés séparés s'ils avaient été chauffés seuls se sont soudés les uns aux autres de façon à constituer un bloc unique sillonné, dans toute sa longueur, de nombreuses stries qui sont dues incontestablement à un siliciure qui a cristallisé dans un excès de nickel. Le lingot est d'une dureté excessive, très difficile à casser, et possède une section nettement cristalline.

L'expérience a montré que le meilleur moyen d'entraîner le métal en excès consiste à traiter par l'acide azotique très étendu le culot réduit en petits fragments. Toutefois, on obtient ainsi des cristaux rarement exempts de silice, le siliciure étant un peu attaqué par l'acide.

On arrive aux mêmes résultats lorsqu'on chauffe le silicium et le métal à la forge Deville dans des creusets Poulton.

En opérant avec un mélange de silicium (1 atome) et d'oxyde de nickel ou de cobalt (1 molécule), on n'obtient au four à reverbère que de médiocres résultats ; la température est insuffisante sans doute, car le même produit, placé dans un creuset de porcelaine entouré d'un mélange de rutile et de charbon contenu dans un creuset Doulton et chauffé à la forge Deville, a donné une masse pulvérulente composée de silice, d'oxyde métallique et de nombreux cristaux de siliciure disséminés dans la masse. Bien que l'on traitât cette dernière successivement par l'acide azotique étendu et l'acide fluorhydrique, on éliminait difficilement les impuretés, de sorte que les analyses des cristaux pouvaient être entachées d'erreurs.

Les meilleurs résultats ont été obtenus au moyen du four électrique en chauffant dans un creuset de charbon 10 parties en poids de siliciure avec 90 parties de métal. Dans les premiers moments, la combinaison se produit, puis le métal en excès distille et se sépare du siliciure, qui reste à peu près pur. La chauffe dure d'autant plus que le mélange est en quantité plus grande, mais elle ne peut être prolongée trop longtemps, car il ne resterait finalement rien dans le creuset. Le culot ainsi obtenu est blanc grisâtre, très dur, très cassant. On nettoie sa surface, on le réduit en petits fragments qu'on traite par l'acide azotique très étendu, afin d'enlever le peu de métal libre qui peut rester. Le résidu, lavé et séché, est un siliciure correspondant à la formule $SiNi^2$, ou $SiCo^2$.

Propriétés. — Le siliciure de nickel et celui de cobalt sont des corps d'aspect franchement métallique, de couleur gris d'acier, parfaitement cristallisés. La densité du siliciure de nickel est de 7,2 à 17°; celle du siliciure de cobalt paraît un peu plus faible ; elle est de 7,1 à la même température. Ils sont plus facilement fusibles que le silicium ou le métal pur. Ils résistent aux plus fortes températures sans se décomposer.

Le fluor les attaque avec incandescence dès la température ordinaire, avec dégagement de fumées blanches dues au fluorure de silicium formé; dans le chlore sec, ils brûlent de même avec incandescence vers le rouge; le brome et l'iode agissent plus difficilement, l'oxygène les attaque au rouge, surtout s'ils sont parfaitement pulvérisés, et les transforme en une poudre grisâtre résultant de leur oxydation ; chauffés fortement à l'air, ils subissent le même effet.

L'acide fluorhydrique gazeux et sec, passant dans un tube de platine chauffé dans lequel se trouvent ces siliciures, les attaque au voisinage du rouge en donnant un gaz que l'on peut faire brûler à la sortie. L'acide chlorhydrique gazeux et sec agit lentement vers le rouge; il donne en même temps que du chlorure métallique des vapeurs

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qui, amenées dans la cuve à eau, abandonnent de la silice et de l'hydrogène. L'acide bromhydrique et l'acide iodhydrique gazeux et secs produisent un effet analogue.

L'eau froide n'a pas d'action sur ces cristaux, mais ils décomposent la vapeur d'eau au rouge sombre.

L'acide fluorhydrique plus au moins concentré les attaque avec facilité, les autres acides agissent très lentement. L'eau régale attaque complètement les cristaux bien pulvérisés. Les alcalis en solution n'ont pas d'action, les carbonates alcalins en fusion ignée les décomposent au rouge en donnant du silicate alcalin soluble et un oxyde de nickel insoluble. Un mélange de carbonate et d'azotate de potassium produit le même effet à une température plus basse.

Analyse. — On a traité par l'eau régale le siliciure amené à l'état de poudre aussi fine que possible ; il s'est formé un sel métallique soluble et de la silice gélatineuse. L'attaque étant complète, on a évaporé la liqueur à siccité, puis on a chauffé jusqu'à 200° afin d'insolubiliser complètement la silice. En reprenant par l'acide chlorhydrique, le métal seul a été redissous ; on a filtré, la silice est restée sur le filtre. On a séché et incinéré ce dernier, de façon à avoir le poids de silice, d'où la proportion de silicium; dans la liqueur, on a dosé le métal par les procédés connus (1).

Résultats.

		Trouvé.		Calculé pour
		I.	II.	$Si\,Ni^2$
Siliciure de nickel.....	Si.....	18, 36	19, 25	19, 28
»	Ni.....	81, 66	81, 00	80, 72
		100, 02	100, 25	100, 00

		Trouvé.		Calculé pour
		I.	II.	$Si\,Co^2$
Siliciure de cobalt.....	Si.....	20. 04	19, 12	19, 25
»	Co.....	80, 70	80, 28	80, 75
		100, 74	99, 30	100, 00

Sur la trempe des aciers extra-durs (2). Note de **M. F. Osmond** (3).

Si l'on prend une barrette d'un acier carburé par cémentation dans laquelle la teneur en carbone varie d'une façon continue (soit de 0,70 à 0,35 p. 100) d'une extrémité à l'autre, qu'on lui fasse subir une trempe très énergique et qu'on essaye, avec une aiguille à coudre, d'en rayer une coupe polie, l'aiguille raye les régions les plus douces, comme on pouvait s'y attendre, jusqu'à la teneur de 0,70 p. 100 environ; puis

(1) Ce travail a été fait au laboratoire des Hautes Études de M. Moissan.
(2) Ce travail a été fait au laboratoire de M. Troost, à la Sorbonne.
(3) *Comptes rendus*, 11 novembre 1895, p. 684.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la strie s'interrompt; mais, contrairement à toutes les idées reçues, elle réapparaît quand la teneur en carbone dépasse environ 1,30 p. 100.

En examinant au microscope cette strie dans la région la plus carburée, on voit qu'elle n'est pas continue et présente de fréquentes interruptions. La région en question n'est donc pas homogène et contient au moins deux constituants, que l'on peut désigner provisoirement par les lettres A et B.

A, non rayé par l'aiguille à coudre, raye le verre et l'orthose; B est rayé par l'apatite, peut-être par le spath fluor.

Un bon polissage plan permet de distinguer les deux constituants par une légère différence de coloration : B est d'un blanc d'argent; A possède une faible teinte grisâtre.

Le polissage en bas-relief sur parchemin mouillé, imprégné d'un peu de rouge d'Angleterre, ne creuse pas sensiblement B, ce qui assigne à ce constituant une résistance à l'usure imprévue, eu égard à sa dureté minéralogique relative.

L'attaque par la teinture d'iode ou par l'acide azotique étendu montre que la masse se divise en polyèdres peu cohérents, séparés ou non par des traces du carbure défini auquel on attribue la formule Fe^3C; en même temps, A et B prennent des colorations diverses, mais ordinairement homogènes pour le même constituant, dans les limites d'un même polyèdre. La structure devient ainsi très nette : le plus souvent, A se distribue en lamelles barbelées parallèlement à deux directions qui restent constantes pour chaque polyèdre; B forme le fond. Si l'on prolonge l'attaque, toute la section devient noire : les deux constituants sont carburés.

Le constituant dur A est le même qui compose à peu près exclusivement l'acier trempé à 1 p. 100 de carbone. La proportion du constituant doux B augmente avec la teneur en carbone jusque vers 1,60 p. 100; au delà, le carbure Fe^3C (?) parait s'isoler en quantités croissantes.

Si l'on prend, pour continuer les recherches, un acier non plus complexe, mais de la composition qui a été trouvée la plus convenable (soit, par exemple, 1,57 p. 100 de carbone), et qu'on lui fasse subir des trempes variées, on voit que, pour obtenir le maximum de B, on doit chauffer l'acier à 1 000° au moins, sans qu'il paraisse utile de dépasser 1 100°, et le refroidir le plus rapidement possible dans l'eau glacée ou dans le mercure très froid. Sinon, le carbure Fe^3C s'isole encore et diminue d'autant la teneur réelle en carbone dans le reste de la masse. Dans les conditions les plus favorables, on peut avoir un mélange à parties égales (en chiffre rond) de A et de B.

Un tel mélange est relativement peu magnétique. Un barreau donné, présenté par une de ses extrémités contre l'un des pôles d'un fort aimant horizontal, se porte avec peine verticalement, tandis qu'un barreau semblable du même métal, trempé vers 800° seulement dans l'eau à 15°, s'y tient horizontalement. Le magnétisme résiduel a été mesuré par les soins obligeants de M. Violet, de la maison Carpentier, qui a trouvé pour l'intensité d'aimantation :

	2 jours après aimantation	Aussitôt après aimantation.
Barreau trempé vers 1 000° dans l'eau glacée	221	345
» 800° » à 15°.	814	966

Comme on sait A magnétique et magnéti-polaire, on est conduit à soupçonner que B n'est pas magnétique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le même mélange, à parties pratiquement égales de A et de B, ne se laisse pas limer et rompt sans plier, tant à cause de la présence du constituant A, dur et fragile, que du manque de cohésion entre les polyèdres; mais il se mate franchement quand on essaye de le broyer.

Les propriétés de B, autant qu'on a pu les déterminer sur un mélange, tendent à rapprocher ce constituant des aciers à 25 p. 100 de nickel et à 12-13 p. 100 de manganèse, aciers qui ne présentent aucun point critique pendant le refroidissement lent et contiennent, par conséquent, le fer sous la forme allotropique naturellement stable au-dessus de 860° (fer γ).

J'adresse tous mes remercîments à M. Grobot, directeur des usines d'Assailly, qui a spécialement préparé la plupart des échantillons utilisés au cours de ces recherches.

Un fragment de plaque de blindage, cémenté par le système de M. Demenge (coulée de l'acier doux dans une lingotière à paroi carburante) et gracieusement fourni par l'inventeur, m'a aussi été très utile.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

SUR LA MISE EN CULTURE DE TERRES DE BRUYÈRES DE LA DORDOGNE

Note de **M. Raoul Bouilhac** (1).

Les terres de bruyères de la Dordogne sont considérées comme impropres à toute culture. En raison de l'étendue qu'elles occupent, et qui n'est pas inférieure à 98 000 hectares, je me suis proposé de rechercher les moyens susceptibles d'être employés par les agriculteurs du pays pour leur mise en valeur.

Ces terres sont formées par du sable, mais le sous-sol est argileux. Les quantités d'éléments fertilisants qu'on y trouve varient entre des limites très étroites. Des échantillons pris au château de Lafaye m'ont donné les résultats suivants :

	Sol.	Sous-sol.
	gr	gr
Azote	0,7	0,52 pour 1 000 grammes.
Acide phosphorique	0,2	0,22 —
Potasse	0,6	1,8 —

La chaux varie entre 1 et 4 millièmes environ. Le sol est acide, et la quantité d'acide humique qu'il contient s'élève, dans le sable de Lafaye, à 1gr,8 par kilogramme. On voit que la stérilité de ces terres est due en partie à leur acidité, à leur pauvreté en acide phosphorique et peut-être aussi à l'absence de potasse dans le sol.

On devra donc, en premier lieu, incorporer au sol des scories qui, outre l'acide phosphorique, y apporteront encore une partie de la chaux nécessaire à la neutralisation des acides.

J'ai reconnu que, en incorporant au sol 2 000 kilogrammes de scories par hectare, une quantité de chaux supplémentaire n'augmentait pas une récolte de vesce.

Pour reconnaître si les engrais de potasse étaient nécessaires dans de pareils terrains, dont le sol est pauvre et le sous-sol riche en ces éléments fertilisants, j'ai cultivé comparativement deux carrés qui furent ensemencés en vesce. L'un ne reçut pas d'engrais de potasse, tandis que, sur l'autre, on répandit 2 000 kilogrammes de cendres.

Les résultats obtenus furent les suivants :

	Récolte en foin sec.
Carré sans engrais de potasse	3 250 kilogrammes.
Carré avec engrais de potasse	3 000 —

Deux conclusions ayant même un caractère général se dégagent de cette expérience.

I. Une analyse de terre ne saurait être complète sans l'analyse du sous-sol qui intervient d'une manière efficace dans la nutrition minérale de la plante.

II. Les engrais de potasse sont inutiles sur un sol pauvre en potasse, quand le sous-sol en contient suffisamment.

Dans de pareilles terres, une culture de légumineuse deviendra possible par le seul emploi des scories, si ces terres contiennent les bactéries fixatrices d'azote.

Pour m'assurer qu'il en était ainsi, j'ai semé, le 3 août 1893, dans une terre de

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 4 novembre 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bruyère préalablement amendée avec des phosphates et de la chaux, des graines de vesce velue stérilisées par le passage dans la flamme. Le 25 septembre suivant, je constatais une absence complète de nodosités sur les racines des plantes qui atteignaient à cette époque une hauteur de $0^m,12$.

Cette expérience montre qu'il est nécessaire d'introduire dans ces terres les bactéries fixatrices d'azote, et qu'il convient de reprendre en France les travaux faits en Allemagne sur l'inoculation des terres en friche.

Afin de reconnaître les effets qu'on peut attendre de l'inoculation, j'ai disposé les expériences suivantes :

Le 18 septembre 1894, quatre carrés d'expériences furent ensemencés avec des graines de vesce non stérilisées.

Le carré I fut choisi comme témoin.

Le carré II fut inoculé avec 5 000 kilogrammes d'une terre riche en bactéries, car cette terre venait de porter une magnifique récolte de vesce ayant donné 50 000 kilogrammes de fourrage à l'hectare.

Sur le carré III, on répandit 2 000 kilogrammes de scories.

Sur le carré IV on répandit encore 2 000 kilogrammes de scories, et, en plus, 5 000 kilogrammes de la même terre qui avait servi à inoculer II.

I et II donnèrent des récoltes nulles.

Sur III et IV, les plantes se développèrent parfaitement. Les récoltes obtenues furent égales ; elles atteignirent le chiffre de 3 125 kilogrammes de foin sec à l'hectare, bien que ce foin se fût desséché outre mesure au moment de la fenaison.

De ces cultures expérimentales, se déduisent plusieurs observations.

Le carré II montre que la présence des bactéries est insuffisante à assurer la croissance d'une légumineuse dans une terre de cette nature, où la proportion d'acide phosphorique est très faible.

Le carré III n'avait pas été inoculé, mais les graines qui avaient servi à l'ensemencer n'avaient pas été stérilisées. Ces graines, je les avais obtenues moi-même ; et, au battage, qui eut lieu au fléau, elles s'étaient trouvées mêlées à des poussières de terre. Elles ont apporté les bactéries, et ces bactéries ont dû trouver un milieu favorable à leur développement, par suite de la grande quantité de phosphates introduits dans la terre. L'effet de l'inoculation a disparu.

L'acide phosphorique favorise donc, au plus haut point, le développement et la puissance des bactéries fixatrices d'azote, observation que publiait récemment le professeur Wagner, en constatant que 100 kilogrammes d'acide phosphorique répandus sur une terre avaient permis aux bactéries de fixer sur une culture de légumineuse 400 kilogrammes d'azote atmosphérique.

Quoi qu'il en soit, on voit que les terres de bruyères peuvent être transformées en prairies de valeur.

Je tiens à remercier ici M. Georges Sorbier, qui, avec une extrême obligeance, a mis à ma disposition des terres de bruyères, et qui s'est chargé, en outre, de tous les travaux que nécessitaient les cultures.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LES MACHINES FRIGORIFIQUES A ACIDE CARBONIQUE, D'APRÈS **E. Hesketh** (1).

Ces machines, relativement récentes, construites en Angleterre par la maison Hall, de Dartford, sont fondées sur le même principe que les autres machines à gaz liquéfiés : une même masse de gaz, liquéfiée par un compresseur dans des serpentins rafraîchis par une circulation d'eau, se détend dans une autre série de serpentins entourés d'un liquide incongelable, puis revient au compresseur. Le liquide incongelable, auquel le gaz emprunte ainsi continuellement sa chaleur de liquéfaction et de détente à la pression d'aspiration du compresseur, se refroidit et sert de véhicule de

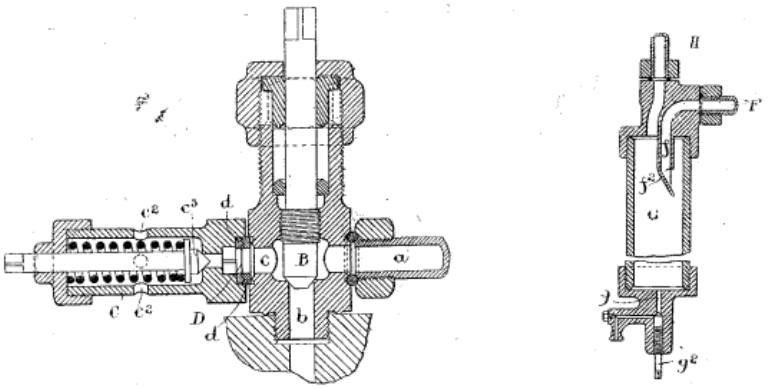


FIG. 1 et 2. — Soupape de sûreté et séparateur de glycérine.

Fig. 1. — *a*, refoulement du compresseur *b*, que l'on peut fermer par le pointeau B. — C, soupape à évacuation c_2 et à tige c_3, chargée par un ressort. — D, rondelle de cuivre serrée étanche entre les blocs *d d*, et fermant l'orifice *c*.
Fig. 2. — F*f*, refoulement de l'acide carbonique du compresseur, mélangé de glycérine qui en est séparé par le déflecteur f_2 en G. — H, sortie de l'acide carbonique pur. — *g* g_2, purge de la glycérine.

froid par sa mise en contact avec les corps à refroidir, par exemple, pour la fabrication de la glace, avec les mouleaux en tôle galvanisée remplis d'eau et plongés dans ce liquide. Les machines à acide carbonique se distinguent des autres par les dispositions spéciales, qu'il a fallu prendre en raison des pressions très élevées de la liquéfaction de l'acide carbonique (2).

(1) *Carbonic Anhydride Refrigerating Machines*, Mémoire lu à la British Association : Meeting d'Ipswich (*Engineering*, 1er nov. 1895, p. 558). Consulter, sur ces machines, les brevets anglais de Hesketh, nos 12111, 12469, 12676, 18904 de 1891, le *Machinery Market* du 1er juin 1892 et l'*Engineering* du 8 juillet 1892, p. 58.

(2) Le point critique de l'acide carbonique est à + 31° environ, exactement à 31°,35, sous une pression de 73 atmosphères. De — 30° à 31°,55, ses pressions de liquéfaction sont les suivantes :

Températures.	Pressions de liquéfaction.	Températures.	Pressions.	Températures.	Pressions.
— 30 degrés	10 atmosphères	+ 5	39	+ 30	70,7
— 20 —	22 —	10	40	30,5	71,5
— 15 —	25 —	15	50	31	72,3
— 5 —	28 —	20	56	31,25	72,8
0 —	34 —	25	63	31,65	72,9

La chaleur de vaporisation λ, toujours très faible, s'annule presque au point critique ; elle est de : 56 calories à 0° ; 45 à + 10 ; 40 à + 15 ; 4 à + 30, et peut se représenter par la formule

$$\lambda = 118.5\ (31 - t.) - 0{,}47\ (31 - t.)^2.$$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les cylindres des compresseurs sont, pour les grandes machines, alésés dans des blocs massifs d'acier forgé dans un métal très dur, et qui donne un poli assez doux pour ne pas user les garnitures en cuir embouti des pistons : les cylindres des petites machines sont en un bronze spécial, dur et imperméable. Les soupapes d'aspiration et de refoulement sont identiques et interchangeables.

L'étanchéité du stuffing box s'obtient en le composant d'une garniture à deux cuirs emboutis, entre lesquels on maintient constamment de la glycérine à une pression supérieure à celle du refoulement du compresseur ; la pression est, à cet effet, donnée à cette glycérine par un piston différentiel dont la grande face est chargée par la pression même du serpentin liquéfacteur, et dont la petite face refoule la glycérine au stuffing box. Le peu de glycérine qui s'échappe du stuffing box au compresseur sert à

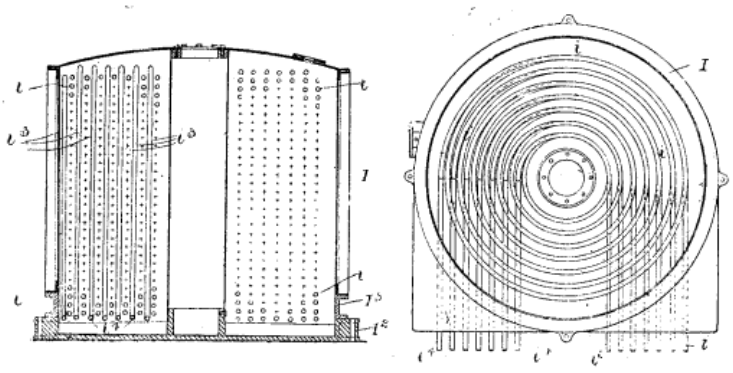


FIG. 3 et 4. — Condenseur à bâche amovible.

$c\,c$, serpentins sectionnés, entrant dans la bâche I en c_2, puis en sortant par $c_3\,c_4$, de sorte qu'il suffit de défaire les joints de I_3 avec I et I_2 pour accéder complètement aux serpentins.

le lubrifier et à en combler les espaces nuisibles, et celle qui en sort par les soupapes de refoulement est séparée de l'acide carbonique au moyen d'un appareil analogue à celui de la figure 2.

Le serpentin liquéfacteur ou condenseur, en tubes de fer, est ou entouré d'eau ou arrosé d'eau à l'air libre. Tous les joints sont (fig. 3 et 4) hors de l'eau et parfaitement accessibles. Les soudures sont faites à l'électricité.

On a, afin de pouvoir visiter le compresseur, disposé deux robinets d'arrêt qui permettent de l'isoler du liquéfacteur et du vaporisateur ou serpentin réfrigérant, et l'on y a ajouté (fig. 1) au refoulement, une soupape de sûreté qui cède et évite tout accident au cas où l'on oublierait, à la mise en train, d'ouvrir le robinet d'isolement du refoulement.

Cette soupape consiste en une valve chargée par un ressort et séparée du compresseur par un petit disque de cuivre D, qui se rompt à une pression de 140 atmosphères. Ces disques ont une étanchéité parfaite, que l'on ne pourrait pas obtenir de la soupape seule; mais il faut les choisir avec le plus grand soin, en raison des variations de leur résistance avec la dureté du cuivre. On les essaie tous à 100 atmosphères, et l'on en fait éclater un sur douze pour en vérifier la résistance.

L'étanchéité des joints, brides, etc., est assurée par l'emploi de rondelles en un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

alliage de cuivre suffisamment résistant et assez plastique pour épouser les formes qui le compriment.

Les pressions varient, suivant la température de l'eau dont on dispose : de 52 atmo-

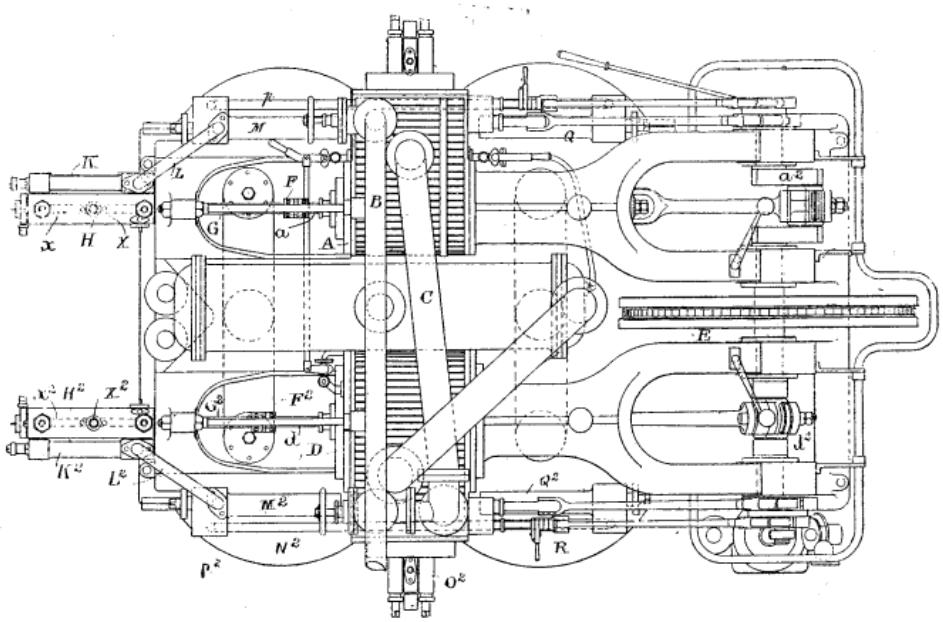


FIG. 5. — Machine double type moyen. Plan.

A et D, cylindres à haute et à basse pression du moteur compound, avec manivelles à 90° a_2 d_2 et volant E. — B, admission de la vapeur en A. — C, échappement de la vapeur de A en B. — a et d, tiges du piston de A et de B reliées aux pistons G G_2 des compresseurs H et H_2 par des accouplements F et F_2, permettant de les isoler.

Chaque compresseur, H_2 par exemple, refoule par K_2 L_2 M_2 n_2 l'acide carbonique dans son premier condenseur N_2 ou, par la dérivation p_2 Q_2 r_2, au deuxième condenseur P_2. — O_2, robinets de détente du réfrigérant. — Xx_2, aspiration de l'acide carbonique.

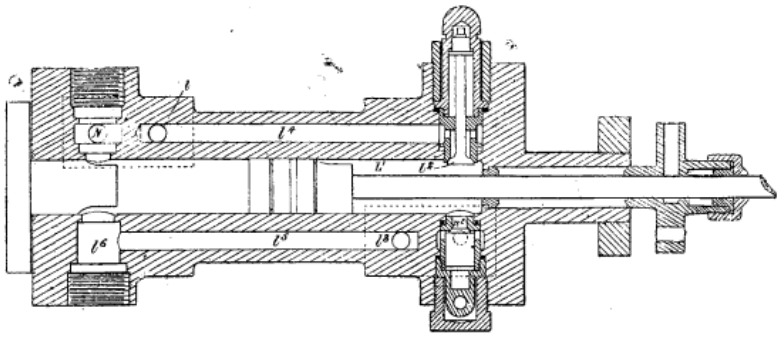


FIG. 6. — Détail d'un compresseur horizontal à double effet et à refroidissement par l'acide carbonique aspiré.

l l_1 l_2, l_3 l_5 l_4, aspiration du gaz acide carbonique froid venant du réfrigérant au compresseur L', qu'il entoure ainsi d'une enveloppe froide, et dont il est ensuite refoulé par les soupapes N et n_2.

sphères, avec de l'eau à 10°, à 80 atmosphères, avec de l'eau à 30° ; toutes les parties de la machine sujettes à ces pressions sont essayées à l'eau sous 210 atmosphères,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

puis à l'air et dans l'eau chaude sous une pression de 90 atmosphères : la moindre fuite est dénoncée par les bulles d'air.

La maison Hall construit ces machines suivant trente-sept types répondant aux différentes adaptations.

Les grandes machines simples sont commandées par des moteurs compound tandem, avec le compresseur en prolongement et le condenseur ainsi que le vaporisateur séparés.

Les grandes machines doubles sont (fig. 5) commandées par des machines à triple expansion, avec cylindre intermédiaire et à haute pression d'un côté, cylindre de basse

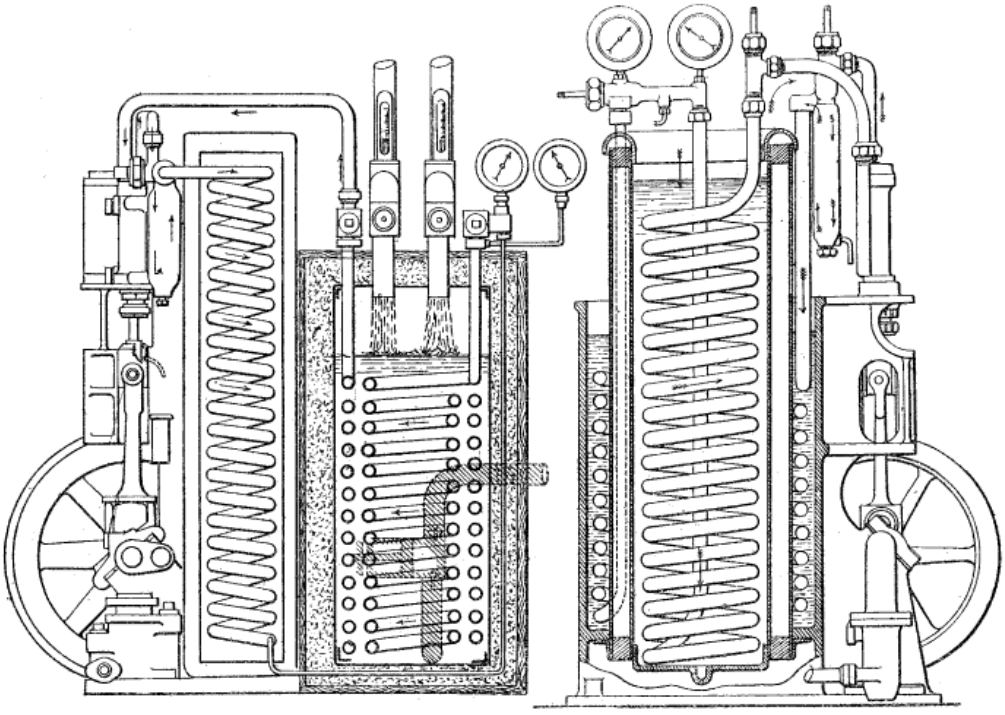


Fig. 7 et 8. — Types verticaux pour la marine et à terre.

pression de l'autre, et les deux compresseurs en prolongement de chaque côté. Chaque compresseur a son liquéfacteur et son vaporisateur, de sorte que la machine se compose en réalité de deux groupes indépendants.

Les petites machines doubles sont construites sur le même type général que les grandes, mais avec des moteurs compound et le liquéfacteur dans le socle, ce qui compose un ensemble compact.

Le type vertical, pour la marine, est (fig. 7) commandé par un cylindre moteur unique avec compresseur parallèle fixé, comme lui, sur un socle qui renferme le serpentin liquéfacteur en cuivre : le vaporisateur se trouve dans un bâti à l'arrière du premier.

Le plus petit type de terre se compose (fig. 8) d'un socle vertical, auquel est attaché le châssis du compresseur : le serpentin du condenseur entoure un bac à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

parois isolées, qui renferme le serpentin vaporisateur, formé, comme le liquéfacteur, d'une seule longueur de tuyau sans aucun joint.

Essais de machines. — Machine de la brasserie Combes, à Londres. Machine à compresseur unique, commandé directement par un cylindre à vapeur de 380×610 m/m de course à 65 tours; puissance indiquée, 34 chevaux; température de l'eau à l'entrée et à la sortie du liquéfacteur : 18° et 25°; production, 130 000 frigories par heure, en abaissant de l'eau de 18° à 13°.

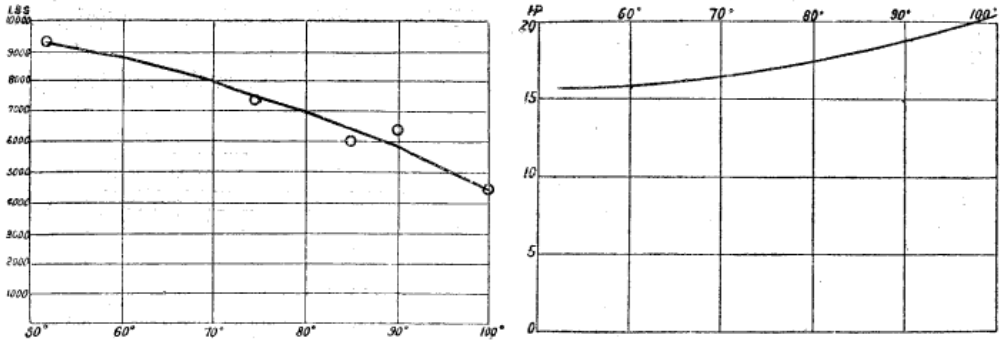


FIG. 9 et 10. — Essais de la machine de 4 tonnes, les ordonnées représentent en fig. 9 la production de la glace par heure en livres anglaises de 0k,450 et en fig. 10 les puissances en chevaux indiqués; et les abscisses représentent, sur les deux figures, les températures de l'eau du condenseur en degrés Fahrenheit (10, 15, 21, 27, 32 et 38° centigrades).

Machine d'une puissance normale de 4 tonnes, la première fabriquée en 1889. Les résultats de ces essais sont représentés par les courbes (fig. 9 et 10).

Température de l'eau à l'entrée du condenseur.	Glace en vingt-quatre heures.	Puissance indiquée en chevaux.
+ 11°	4 250 kilogrammes	15,6
24°	3 350 —	16
29°	2 720 —	17,5
32°	2 900 —	19,3
38°	2 060 —	20,45

Les courbes de la figure 11 représentent les résultats des essais exécutés avec une machine refroidissant de l'eau prise à 10° et avec une température de l'eau de condensation variant de 16° à 38°, ce qui fit descendre les frigories par heure de 12 200 à 6 250.

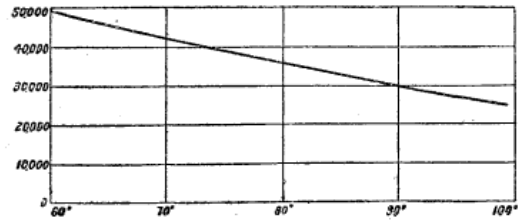


FIG. 11. — Essais d'une machine avec des températures de l'eau de condensation variant de 16 à 38° centigrades.

Les abscisses sont proportionnelles à ces températures, comme en fig. 9, et les ordonnées aux frigories par heure, en unités anglaises de 0 cal. 250 (soit 2500, 5000, 7500, 10000 et 12500 frigories).

On essaya aussi une petite machine avec de la salure à — 18° et de l'eau de condensation à + 18°, 27° et 35°, puis avec de la salure à — 10°, etc. : les résultats de ces

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

essais sont représentés par les courbes des figures 12 et 13. On voit que ces machines donnent encore de bons résultats même avec des eaux de condensation très chaudes : à plus de 30°.

Ces machines peuvent refroidir à des températures très basses; avec de l'eau de condensation à + 10°, on descend facilement à — 50° ; en outre, l'acide carbonique, pratiquement inoffensif dans cet emploi, peut l'être rendu tout à fait en lui adjoignant une essence odorante qui en signale les moindres fuites (1).

L'acide carbonique est livré liquide dans des cylindres en acier doux, autant que

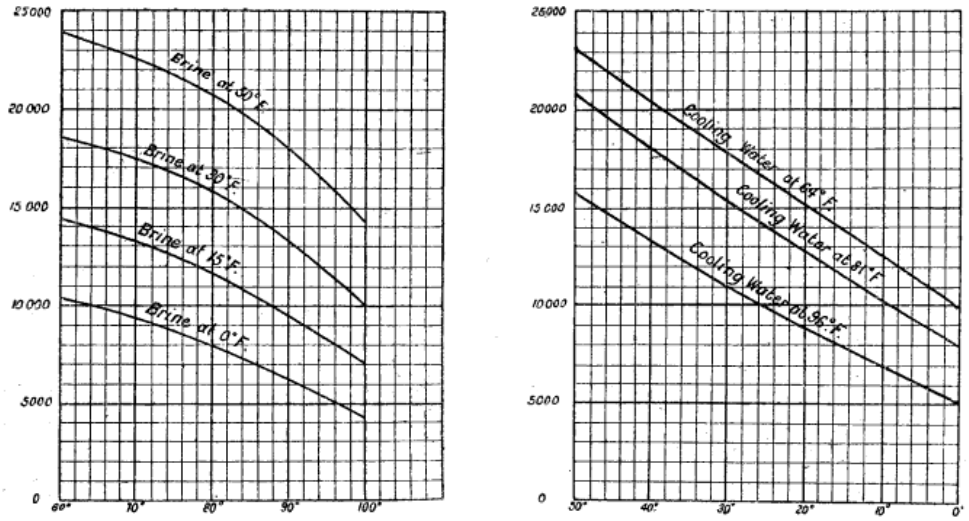


Fig. 12. — Essais d'une machine avec des bains à — 18. — 10. — 1 et + 10°, et des températures de l'eau de condensation, portées en abscisses, variant de + 15 à + 38° comme en fig. 9. — Fig. 13. Essais d'une machine avec de l'eau de condensation (Cooling Water) à + 35. 27 et 18° centigrades et des bains entre + 10 et — 18°.

En fig. 12 les ordonnées représentent les frigories par heure en unités anglaises comme en fig. 11 (O. 1250, 2 500, 3750, 5 000 et 6 250 frigories.) — En fig. 13 les abscisses représentent les températures des bains en degrés Fahrenheit (+ 10.5. — 1. — 7. — 12. et — 38° cent.) et les ordonnées les frigories par heure en unités anglaises de 0 cal. 250 (O. 1 250, 2 500 3 750, 5 000 et 6 250 frigories).

possible sans soudures, et qui peuvent, si l'on ne prend pas certaines précautions d'ailleurs fort simples, donner lieu à des explosions parfois mortelles.

Parmi les précautions à prendre, la plus importante consiste à ne pas trop remplir les bouteilles. D'après un graphique de M. Amagat (2) les pressions seraient à 20°, température fréquemment atteinte, respectivement de 65, 145 et 340 atmosphères, suivant que la bouteille renfermerait $0^{kil},8$ $0^{kil},9$ ou 1 kilog. d'acide carbonique par litre de sa capacité, et la densité ou contenance par litre de $0^{kil},9$ peut parfaitement être atteinte dans le remplissage à fond d'une bouteille par des pompes refoulant

(1) L'acide carbonique contient un peu d'eau susceptible de se congeler dans la circulation, on évite cet inconvénient par l'injection d'un peu d'éther méthylique : 5 à 10 p. 100 en poids de l'acide carbonique.

(2) *Bulletin de la Société d'Encouragement*, mars 1894, p. 127. *Revue Scientifique*, 8 décembre 1894, p. 722. *Génie civil*, 10 mai 29. *Bulletin de la Société des ingénieurs civils de France*, juillet 1885, p. 81. « Sur une explosion d'un récipient d'acide carbonique liquide, par M. S. Périssé ». *Engineering*, 26 avril, 2 août 1895, p. 553 et 165.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

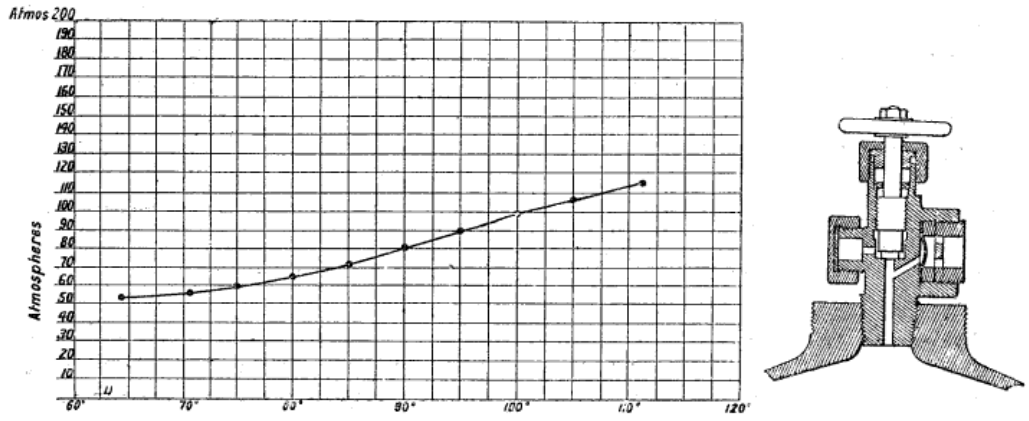


Fig. 14 et 15. — Pressions, en atmosphères, atteintes dans les bouteilles d'acide carbonique du commerce pour des températures variant de + 15 à + 35°, portées comme abscisses en degrés Fahrenheit. — Soupape de sûreté des bouteilles d'acide carbonique.

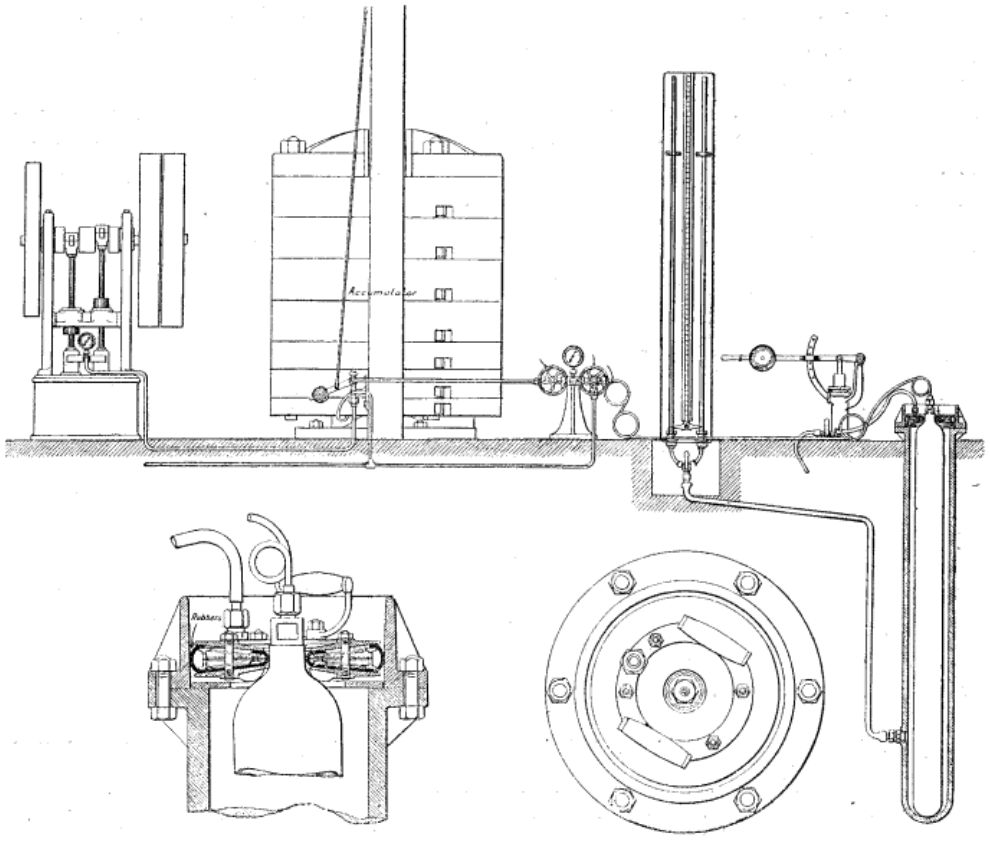


Fig. 16, 17 et 18. — Appareil à essayer les bouteilles de la compagnie de l'oxygène à Glasgow. Ensemble, détail de la fermeture à garniture de caoutchouc (*Rubbers*).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sous des pressions de 90 à 100 atmosphères, à des températures de chargement de 0° à 5°, fréquentes en hiver. Afin d'éviter ces énormes pressions, une circulaire ministérielle française du 6 avril 1894 a limité à $0^{kil},746$ par litre la densité de l'acide carbonique en bouteilles. Sous une autre forme, ces bouteilles doivent avoir une capacité de $1^{lit},34$ par kilo d'acide carbonique. A cette condition, la pression à 20° n'est plus que de 57 atmosphères; mais il est difficile de s'assurer qu'elle est satisfaite, et, bien qu'elle le soit assez souvent, comme le montre le diagramme figure 14; il paraît prudent, ainsi que le conseille M. Hesketh, de garantir ces bouteilles par l'addition d'une soupape de sûreté à rondelle de cuivre analogue (fig. 15) à celle des compresseurs.

Les bouteilles sont essayées à la pression hydraulique de 250 kilos en France et en Allemagne, à 215 kilos en Angleterre. Elles doivent pouvoir supporter cette pression sans déformation permanente, ce qui indique que la limite d'élasticité n'a pas été dépassée. Il est assez difficile de s'en assurer, à moins de disposer d'appareils spéciaux, analogues, par exemple, à celui qu'emploie la compagnie de l'oxygène liquide à Glasgow. Le cylindre à essayer est plongé (fig. 16) dans un tube plein d'eau, fermé et mis en communication avec un manomètre. Quand on donne la pression par un accumulateur, le cylindre à essayer se dilate d'une quantité indiquée par la montée de l'eau dans le manomètre; puis, quand on rend la pression, il doit revenir à son volume primitif, ce qui est également indiqué par le manomètre. Le difficile était d'obtenir la fermeture étanche et pratique du tube qui renferme le cylindre à essayer, on y est parvenu par l'emploi d'une garniture autoclave en caoutchouc représentée en détail par la figure 17, et qui, une fois le cylindre plongé dans le tube, en serre le collet, quelle qu'en soit la forme, par le gonflement qu'elle prend sous une pression d'eau constante admise à l'intérieur du caoutchouc. La constante de cette pression, nécessaire pour obtenir des résultats comparables, se réalise par l'emploi d'un petit accumulateur ou d'une pompe à levier chargé (1). G. R.

Expression de la charge supportée par l'arbre d'une turbine hydraulique en marche. Théorème relatif a l'effet dynamique de l'eau sur les aubages. Note de **M. Bertrand de Fontviolant** (2).

Charge sur l'arbre d'une turbine. — Le diamètre qu'il convient de donner à l'arbre d'une turbine hydraulique dépend de la charge supportée par cet arbre pendant la marche. Il en est de même du travail absorbé par le frottement sur le pivot.

Il est donc nécessaire, dans l'étude de tout projet de turbine, de déterminer la valeur de cette charge.

(1) *Annales des mines*, octobre 1893. « Relations entre la pression, la température et le volume de l'acide carbonique », par M. Walkenaer.

Consulter, sur les machines à acide carbonique liquide, G. Richard. *Les machines frigorifiques et leurs applications* en 1889. (Machines de Raydt et de Windhausen.) *Les Mémoires de* Linde. *Bulletin de la Société d'Encouragement*, mai 1894 et *the Engineer*, 22 décembre 1893, p. 398. *La Revue universelle de la malterie et de la brasserie*, 29 décembre 1889. *Le Génie civil* du 6 juin 1891.

(2) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 4 novembre 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Elle se compose de deux parties :

La première, dont l'évaluation n'offre aucune difficulté, est le poids propre de la turbine, de l'arbre et des organes montés sur celui-ci.

La seconde est la composante verticale de la résultante des actions exercées par l'eau sur la turbine. Dans notre Note nous avons établi les expressions de cette composante, qui, comme on va le voir, sont très simples; appelons-la Z.

Ainsi qu'on le conçoit *a priori*, dans le cas des *turbines centrifuges*, Z est nul si la turbine tourne noyée dans le bief d'aval, et il est égal au poids de la masse liquide contenue à chaque instant dans les aubages si elle marche à libre déviation.

Dans le cas des *turbines parallèles*, on a :

Si la turbine est à libre déviation,

$$(1) \qquad Z = \frac{1000\,Q}{g}(W_z - W'_z) \times \Pi;$$

si elle est noyée,

$$(2) \qquad Z = \frac{1000\,Q}{g}(W_z - W'_z) - \pi.$$

Dans ces formules, Q est le débit en volume de la turbine par seconde; Π est le poids du volume d'eau contenu à chaque instant dans la turbine; π est le poids du volume d'eau déplacé dans le bief d'aval par la masse métallique des aubes et de la couronne de la turbine; W_z est la composante verticale de la vitesse relative d'entrée de l'eau dans la turbine; W'_z est la composante verticale de la vitesse relative de sortie.

La différence $(W_z - W'_z)$ peut être remplacée par la différence $(V_z - V'_z)$ des composantes verticales des vitesses *absolues* d'entrée et de sortie, qui lui égale.

Nous avons obtenu les deux formules qui précèdent en appliquant le théorème des quantités de mouvements projetées au mouvement relatif de l'eau dans la turbine.

Somme des efforts tangentiels moteurs exercés par l'eau sur une turbine parallèle. — Développons le cylindre moyen de la turbine et faisons, dans le plan du développement, la somme des efforts tangentiels moteurs exercés par l'eau sur la turbine; soit X cette somme. Par application du théorème des moments des quantités de mouvement, nous sommes arrivés à la formule

$$(3) \qquad X = \frac{1000\,Q}{g}(W_x - W'_x) = \frac{1000\,Q}{g}(V_x - V'_x)$$

que la turbine soit noyée ou non.

W_x et W'_x sont les composantes horizontales des vitesses relatives d'entrée et de sortie; V_x et V'_x sont celles des vitesses absolues aux mêmes points.

Effet dynamique de l'eau sur une turbine parallèle. — Le premier terme

$$(4) \qquad \frac{1000\,Q}{g}(W - W'_z) = \frac{1000\,Q}{g}(V_z - V'_z)$$

du second membre des formules (1) et (2) représente la charge verticale *dynamique* exercée par l'eau, tandis que les seconds termes Π et $-\pi$ représentent la charge verticale *statique*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

D'autre part, d'après (3), la quantité

$$(5) \qquad \frac{1000Q}{g}(W_x - W'_x) = \frac{1000Q}{g}(V_x - V'_x)$$

est la somme des efforts tangentiels *dynamiques* exercés par l'eau.

Donc, la résultante de (4) et de (5) est aussi la résultante des *effets dynamiques* de l'eau sur la turbine supposée développée, comme il a été dit plus haut.

D'où ce théorème : *A un facteur constant près, égal à la masse liquide* $\frac{1000Q}{g}$ *débitée par seconde, l'effet dynamique de l'eau sur une turbine parallèle est représenté en grandeur, direction et sens, par la résultante de la vitesse relative (ou absolue) d'entrée et d'une vitesse égale et contraire à la vitesse relative (ou absolue) de sortie.*

On peut encore dire que : *L'effet dynamique est égal à la variation géométrique de quantité de mouvement que subit le volume d'eau débité par seconde dans son passage à travers la turbine.*

Comme on le voit, ce théorème fournit une détermination graphique très simple de l'effet dynamique. Il est tout indiqué d'effectuer cette détermination sur l'épure classique du tracé des aubes qui, ainsi complétée, donne tous les éléments du fonctionnement de la turbine.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PROCÈS-VERBAUX

Séance du 8 novembre 1895.

Présidence de *M. Mascart*, président.

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

M. de Sales, promoteur de l'éclairage aux huiles minérales, se recommande à la bienveillance de la Société. (Comité des Arts chimiques.)

M. Duteil, 53, rue des Chamaillards, demande le concours de la Société pour des inventions dont il ne définit pas suffisamment l'objet.

M. O. Jénin présente un mémoire sur la *fabrication de l'ozone*. (Arts chimiques.)

M. Bandsept, ingénieur, 62, chaussée de Wavre, à Bruxelles, envoie une intéressante communication sur les *brûleurs avec mélangeurs et leur application à l'éclairage incandescent*. (Arts économiques.)

M. Fauchère, 6, place de la Liberté, à Nice. *Gobe-mouche perpétuel*. (Arts économiques.)

M. H. Michon, 28, rue Bréda. *Produits alimentaires pour le bétail*. (Agriculture.)

M. Aimé Girard signale à l'attention de la Société les remarquables *produits d'amiante* de MM. Hamelle et Chedville, à Saint-Pierre-les-Elbeuf : tissus divers, vêtements, tabliers, manches, tresses, coiffures, cordes, matelas, etc., dont ces messieurs se sont fait une spécialité, et qui peuvent rendre les plus grands services pour protéger les personnes ou les objets contre le feu, les acides, etc. (Renvoyé au Comité des Arts mécaniques.)

Correspondance imprimée. — MM. les Secrétaires présentent au Conseil les ouvrages mentionnés à la page 1241 du présent *Bulletin*, dont ils remercient les donateurs.

Rapports des comités. — *M. Imbs* présente, au nom du Comité des Arts mécaniques, un rapport sur la *carde à chapeaux chaînés*, de M. G. Fauquet. Ce rapport, dont les conclusions sont adoptées, est publié à la page 1157 du présent *Bulletin*.

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

MM. de Billy et *Leproux*, ingénieurs des mines, présentés par *MM. Le Châtelier* et *G. Richard*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MM. Laveissière, négociant en métaux et *Vernes*, ingénieur au Creuzot, présentés par *M. Le Châtelier*.

M. Charnelet, teintures et apprêts d'étoffes, présenté par *M. G. Richard*.

M. Boramé, ingénieur civil, présenté par *MM. Raffard* et *Richard*.

M. Werth, directeur des forges de Fourchambault et *Demenge*, ancien élève de l'École polytechnique, présentés par *M. Osmond*.

COMMUNICATION. — *M. H. Rouart* fait une communication sur l'*organisation d'un service de transport des dépêches de Paris, entre l'hôtel des postes et les gares des grands réseaux*.

Ce projet a en vue le remplacement des voitures postales actuelles, lentes, encombrantes et coûteuses, par un système de tubes pneumatiques fonctionnant d'après le même principe que ceux des dépêches, mais beaucoup plus gros. La distance moyenne des différentes gares à l'hôtel des Postes est d'environ 3000 mètres, et il faudrait pouvoir expédier, de chacune d'elles, environ 1 000 dépêches en 5 minutes. On y arriverait facilement au moyen de chariots porteurs pesant 140 kilos et portant chacun 100 kilos de dépêches, roulant dans des conduites d'air comprimé de $0^m,40$ de diamètre.

D'après les calculs de M. Rouart, un train de 10 de ces chariots, portant 1000 kilos de dépêches, offrirait une résistance totale correspondant à une charge d'eau de $5^m,25$, dont $3^m,25$ pour le frottement du train, et 2 mètres en moyenne pour le frottement de l'air dans les tuyaux. On arrive ainsi à la conclusion qu'il suffirait d'une machine de 200 chevaux pour desservir tout le réseau, d'environ 9 kilomètres, en tuyaux de $0^m,40$.

Le prix d'établissement de ce réseau et de ses machines ne dépasserait guère 850000 francs; son exploitation coûterait 50000 francs par an, chiffre à peu près dix fois moindre que celui que coûte le service actuel.

M. le Président remercie M. Rouart de sa très intéressante communication, qui sera renvoyée à la Commission du *Bulletin*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS

COURS PUBLICS ET GRATUITS DE SCIENCES APPLIQUÉES AUX ARTS

ANNÉE 1895-1896

Géométrie appliquée aux arts. — Les Lundis et Jeudis, à neuf heures du soir. M. A. LAUSSEDAT, professeur; M. CH. BRISSE, professeur suppléant. Le cours ouvrira le Lundi 4 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. — Étude des formes générales du terrain. — Tracé des voies de communication et des travaux d'art. — Calcul des surfaces, des déblais et des remblais. — État 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 Lundi 4 novembre.

La Perspective cavalière et la Charpente. — Assemblages, coupe droite ou biaise, escaliers en bois, etc.

Mécanique appliquée aux arts. — Les Lundis et Jeudis, à sept heures trois quarts du soir. M. J. HIRSCH, professeur. Le cours ouvrira le Lundi 4 novembre.

Machines à vapeur fixes. — Éléments de la théorie mécanique de la chaleur. — Utilisation de la vapeur dans les machines. — Dispositions et proportions générales. — Construction des organes. — Essais, achat, conduite et entretien.

Constructions civiles. — Les Lundis et Jeudis, à neuf heures du soir. M. J. PILLET, professeur, Le cours ouvrira le Lundi 4 novembre.

Eléments d'architecture. — Les murs et les moulures; leur décoration. — Les colonnes, les ordres et les portiques plafonnés. Les arcades, les voûtes et les portiques voûtés. — Les attiques et les combles. — Les escaliers.

Principes de composition des édifices; exemples divers.

Physique appliquée aux arts. — Les Lundis et Jeudis, à neuf heures du soir. M. J. VIOLLE, professeur. Le cours ouvrira le Lundi 4 novembre.

Électricité. — Lois fondamentales des phénomènes électriques et magnétiques. — Instruments de mesure. — Magnétisme terrestre. — Boussoles. — Sources d'électricité. — Machines électriques. — Piles. — Accumulateurs. — Machines dynamo-électriques et magnéto-électriques. — Transformateurs. — Courants polyphasés. — Applications de l'électricité. — Galvanoplastie. — Production et transport de l'énergie. — Télégraphie. — Téléphonie. — Éclairage électrique. — Électricité atmosphérique.

Électricité industrielle. — Les Mercredis et Samedis, à sept heures trois quarts du soir. M. MARCEL DEPREZ, professeur. Le cours ouvrira le Mercredi 6 novembre.

Théorie des machines dynamo-électriques. — Description des types employés dans l'industrie. — Calcul des dimensions d'une machine devant satisfaire à des conditions données. — Des moteurs électriques. — Transmission électrique de la force et ses applications. — Calcul de l'établissement d'une transmission de force. Machines à courant alternatif; leur théorie, leurs applications. — Accessoires des machines dynamo-électriques. Appareils de mesure, conducteurs, canalisations. — Éclairage électrique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Chimie générale dans ses rapports avec l'industrie. — Les Mercredis et Samedis, à neuf heures du soir. M. É. JUNGFLEISCH, professeur. Le cours ouvrira le Mercredi 6 novembre.

Chimie organique. — Définitions et notions générales. — Principes immédiats des êtres vivants; méthodes générales applicables à leur étude. — Classification des composés organiques. — Histoire particulière des substances organiques les plus usitées dans l'industrie : carbures d'hydrogène, alcools, éthers, phénols, aldéhydes, acides, matières azotées; propriétés, réactions, applications; notions analytiques.

Chimie industrielle. — Les Mardis et Vendredis, à neuf heures du soir. M. AIMÉ GIRARD, professeur; M. E. SOREL, professeur suppléant. Le cours ouvrira le Mardi 5 novembre.

Fabrication des chlorures décolorants. — Produits chimiques fertilisants. — Aluns, matières colorantes inorganiques.

Métallurgie et travail des métaux. — Les Mardis et Vendredis, à sept heures trois quarts du soir. M. U. LE VERRIER, professeur. Le cours ouvrira le Mardi 5 novembre.

Étude des procédés métallurgiques. — Procédés de traitement des minerais par voie sèche et par voie humide : grillage, réduction, etc. — Applications de l'électricité à la métallurgie. — Procédés de travail des métaux à chaud et à froid : laminage, martelage, emboutissage, etc.

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 Lundi 4 novembre.

Verrerie. — Des silicates, leur rôle dans la préparation des mélanges vitrifiables. — Classification des verres. — Verre, cristal. — Fours de verrerie. — Procédés mécaniques de soufflage et de coulage. — Verres colorés, émaux. — Mosaïque. — Vitraux.

Céramique. — Des argiles, leurs variétés. — Pâtes céramiques, plasticité. — Classification des poteries. — Terres cuites, faïences, grès, porcelaines. — Façonnage, cuisson, décoration des poteries.

Chimie agricole et analyse chimique. — Les Mercredis et Samedis, à neuf heures du soir. — M. Th. SCHLŒSING, professeur; M. Th. SCHLŒSING fils, professeur suppléant. Le cours ouvrira le Mercredi 6 novembre.

Application de la chimie à l'étude des cultures spéciales. — Alimentation du bétail.

Analyse immédiate appliquée à la détermination des principes les plus répandus dans les plantes. — Analyse gazométrique.

Agriculture. — Les Mardis et Vendredis, à neuf heures du soir. M. L. GRANDEAU, professeur. Le cours ouvrira le mardi 5 novembre.

Alimentation du bétail. — Ration d'élevage, d'engraissement, de lactation, de travail. — Cultures expérimentales du Parc des Princes. — Culture de l'avoine. — Engrais verts.

Travaux agricoles et génie rural. — Les Mercredis et Samedis, à sept heures trois quarts du soir. — M. CH. DE COMBEROUSSE, professeur. Le cours ouvrira le Mercredi 6 novembre.

Des Eaux souterraines et superficielles. — Déboisement et reboisement. — Travail mécanique et chimique de l'eau.

Applications : Drainage. — Curage. — Desséchements; grands travaux de défense et de reconstitution des terres. — Théorie et pratique des irrigations. — Pisciculture.

Filature et tissage. — Les Mardis et Vendredis, à sept heures trois quarts du soir. — M. J. IMBS, professeur. Le cours ouvrira le mardi 5 novembre.

Fibres textiles et fils. — Titrage des fils. — Propriétés comparées des principales fibres textiles. — Soie. — Magnaneries, filatures et moulinages de soie. — Extraction des grandes fibres végétales. — Peignage des longs brins. — Fibres naturelles en masse confuse, laines et cotons. — Cardage et peignage automatiques. — Étirage des rubans fibreux.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

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 5 novembre.

La Consommation des richesses. — Inventaire des richesses. — Épargne et caisses d'épargne. — Dépenses d'éducation. — Consommations personnelles, budget de la famille. — Condition de la vie, luxe. — Emploi du capital. — Consommations reproductives. — Assurance. — Faillite. — Consommation de l'État. — Impôts. — Population.

Économie industrielle et statistique. — Les Mardis et Vendredis, à neuf heures du soir. — M. ANDRÉ LIESSE, professeur. Le cours ouvrira le Mardi 5 novembre.

LA PRODUCTION INDUSTRIELLE ET SES ÉLÉMENTS. — *Les Agents naturels* et leur description : Continents, mers, fleuves, montagnes, climats. — Influence des milieux sur les groupements humains. — Centres industriels. — *L'Homme :* Son travail musculaire et son travail mental. — Son action sur la nature. — Inventions. — Différents types d'entreprises industrielles. — L'industrie houillère. — Statistiques de production.

Droit commercial. — Les Mercredis, à neuf heures du soir. — M. E. ALGLAVE, chargé de cours. Le cours ouvrira le Mercredi 6 novembre.

Des Sociétés. — L'individu et les groupements sociaux. — Comparaison des sociétés commerciales avec les sociétés civiles, les syndicats, les diverses associations. — Importance économique et rôle social des sociétés commerciales. — Les diverses espèces de sociétés commerciales : en nom collectif, en commandite, anonymes, en participation. — Formation et fonctionnement de ces sociétés.

Économie sociale. — Les Samedis, à neuf heures du soir. M. P. BEAUREGARD, chargé de cours. Le cours ouvrira le Samedi 9 novembre.

Modalités du salaire. — Majoration des salaires. — Participation aux bénéfices. — Instruction, moralité, hygiène. — Sociétés coopératives. — Caisses d'épargne.

Le Directeur du Conservatoire national des Arts et Métiers,

A. LAUSSEDAT.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

BIBLIOGRAPHIE

A. VAUTIER. — Les Machines à bois américaines (1).

Il est reconnu que les Américains sont, en matière de machines-outils à travailler les métaux, extrêmement ingénieux et, dans bien des cas, supérieurs à leurs rivaux d'Europe. C'est ainsi qu'on leur doit, en grande partie, le développement si considérable des applications de la fraise. Il en est de même dans le domaine des machines à travailler les bois. Et il n'y a pas à s'en étonner, car les États-Unis et le Canada ne manquent pas de régions forestières de la plus grande importance, exploitées presque depuis l'origine de la colonisation. Cette exploitation se fait par des moyens mécaniques très expéditifs, mais parfois prodigues, sans trop s'inquiéter de la remise en valeur des futaies abattues ; mais le façonnage des bois est, au contraire, pratiqué au moyen de machines très perfectionnées, spécialisées à l'infini, et qui permettent d'opérer mécaniquement et avec une extrême précision bien des travaux qui se font encore chez nous à la main. L'étude des machines à bois américaines est donc des plus intéressantes en elle-même, et parce qu'elles sont encore presque totalement inconnues chez nous de la plupart des ingénieurs.

L'étude que vient de leur consacrer M. Vautier, commissaire rapporteur du comité XV à l'exposition de Chicago, n'est pas un traité de ces machines, dont le développement eût dépassé de beaucoup le cadre d'un rapport, mais une monographie des principaux types exposés et qui lui ont paru les plus dignes d'être signalés par leur valeur et leur originalité.

L'une des caractéristiques les plus remarquables des scies américaines est l'emploi de dents amovibles, faciles à remplacer sans toucher au corps de la scie, qui dure alors presque indéfiniment ; elles ont, en outre, l'avantage de supprimer l'affûtage de la scie. M. Vautier décrit, avec un grand nombre de figures très claires, la plupart des systèmes de dents rapportées usitées aux États-Unis (Dusston Class. Krieger Broke), dont quelques-uns sont parvenus à résoudre avec beaucoup d'ingéniosité ce difficile problème, et dont plusieurs, comme ceux de Vilson et de Mallette, sont disposés de manière à raboter les parois de l'entaille après sa coupe. En outre, certaines formes de dents sont parfois très originales, comme, par exemple, celles de Dean, disposées pour débiter à la fois à l'aller et au retour.

Le rapport de M. Vautier renferme la description d'un grand nombre de machines diverses : mortaiseuses, raboteuses, joigneuses, dresseuses, etc., pour lesquelles je ne puis que renvoyer au texte ; j'insisterai seulement sur le groupe très important des machines à *moulurer* et *sculpter* les bois. Ces machines, qui ont pris un grand développement aux États-Unis, exécutent des panneaux d'une perfection et d'une variété extrêmement remarquables. On trouvera, dans cet ouvrage, la première description complète qui ait été, à notre connaissance, publiée des types les plus curieux de ces machines : Snyder, van Houtten, Goering, dont le mécanisme transformateur extrêmement ingénieux permet de produire au moyen d'une simple came des variétés de courbes de toute espèce, et avec une précision extrême.

(1) Rapport sur l'Exposition de Chicago. 1 vol. in-8° 144 p. et 107 fig. Imprimerie nationale et librairie Baillière et fils, Paris.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Bien que n'ayant pu donner, dans une aussi courte notice, qu'une idée fort incomplète du rapport de M. Vautier, nous espérons en avoir assez dit pour faire comprendre l'intérêt qu'il présente, tant par l'importance et la nouveauté de son sujet que par la manière dont il est traité. G. R.

BOULVIN. — Cours de Mécanique appliquée aux machines, professé à l'École du génie civil de Gand. Théorie des Machines thermiques (1893). **Les Générateurs de vapeur** (1894). **Les Machines à vapeur** (1896). 3 vol. Paris, Bernard.

La nouveauté la plus intéressante du premier volume de M. Boulvin est assurément l'emploi qu'il y fait du *diagramme entropique* pour l'étude du fonctionnement de la vapeur ou des gaz dans le cylindre des machines thermiques. Ce diagramme se construit en portant comme abscisses les valeurs successives de l'entropie de Clausius ou de la fonction thermodynamique de Rankine $\left(\frac{dQ}{T}\right)$, et en ordonnées les valeurs correspondantes de la température absolue T, de sorte que l'aire de ce diagramme figure les variations de la quantité de chaleur Q du gaz ou de la vapeur en jeu en fonction de sa température T. Sous une autre forme, de même que le diagramme ordinaire des *pv* figure les variations du travail ou de l'énergie externe du fluide, le diagramme entropique en représente les variations de l'énergie interne, de sorte qu'ils se complètent l'un l'autre, et que l'on peut tirer de leur association la figuration la plus complète possible du cycle d'une machine thermique. En outre, dans le diagramme entropique, certaines courbes des plus usuelles se ramènent à des formes excessivement simples : les isothermiques ou isentropiques, par exemple, et les adiobatiques y sont des droites respectivement verticales et horizontales ; le cycle de Carnot y est figuré par un rectangle ; de sorte que, tout en ne faisant pas immédiatement image comme le diagramme des *pv*, son emploi n'en est pas moins facile et des plus simples. Certaines propriétés générales des courbes des deux diagrammes, *pv* et l'entropique, permettent d'ailleurs de passer facilement de l'un à l'autre et d'en vérifier mutuellement les points principaux : c'est ainsi que, si des courbes de l'un des diagrammes se coupent ou se touchent en certains points, il en est de même pour leurs transformées aux points correspondants de l'autre. Sans insister plus longuement sur l'emploi du diagramme entropique, ce qui serait impossible sans passer à un véritable exposé de ce système, je me bornerai à dire que M. Boulvin en fait une excellente application à l'étude des propriétés des vapeurs (p. 62, 80) des cycles fermés des machines à air chaud (p. 119), et à ceux des machines à gaz (p. 173) auxquelles l'auteur consacre un espace en rapport avec leur importance toujours croissante dans l'industrie. On retrouve l'emploi du diagramme entropique dans l'étude du cycle théorique réversible des machines à vapeur simples (p. 198) ou combinées (p. 230) ainsi que dans l'examen des principales particularités de leur fonctionnement thermique : espace nuisible (p. 203), compression (p. 206), influence des parois (p. 209, 211, 242, 259, 261), réchauffeurs (p. 213), surchauffe (p. 216), étranglement (p. 219) condensation (p. 225) et aussi au fonctionnement de la chaudière (p. 291) et des machines frigorifiques (p. 301) dont la théorie termine les premiers volumes du cours de M. Boulvin.

Le second volume, *Générateurs à vapeur*, est plutôt d'ordre descriptif. On y rencontre,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

présentée avec ordre et clarté, la description des principaux types de chaudières et de leurs accessoires, illustrée par des figures la plupart schématiques et très claires, donnant, comme il convient à un cours, une idée nette du principe et du fonctionnement de l'appareil, dégagé de ses détails secondaires ou de construction, pour l'étude desquels, parfois très importante il est vrai, l'on doit se reporter de préférence aux monographies spéciales. Je signalerai en particulier les chapitres consacrés à l'étude générale du tirage, des réchauffeurs, de la mesure de l'eau entraînée, où ces questions délicates sont exposées avec une grande clarté.

M. Boulvin a naturellement suivi, dans son troisième et dernier volume, consacré aux *Machines à vapeur*, la même méthode générale que dans le précédent, s'attachant plutôt aux principes qu'aux détails de construction proprement dits. Le chapitre intitulé « Théorie dynamique des moteurs à vapeur », donne des règles pratiques fort simples pour le calcul approximatif de la puissance de ces machines simples et à expansions multiples, et dont l'application peut être grandement facilitée par l'emploi de diagrammes analogues à celui de Hertay (p. 44); on y étudie aussi d'une façon complète, d'après les méthodes graphiques de Massau, l'importante question des forces d'inertie du mécanisme, leur influence sur la fatigue et la régularité des machines, essentielle à connaître, principalement pour l'établissement des machines rapides. Les chapitres consacrés aux mécanismes de distribution en donnent la théorie d'après les méthodes de Zeuner, Dubost, Thalmayer, etc., accompagnée de la description des principaux types à tiroirs, à déclics, à soupapes, etc. Enfin, l'ouvrage se termine par un chapitre consacré au condenseur et à la pompe à air, remarquable par sa clarté.

En résumé, l'œuvre de M. Boulvin, sans prétendre qu'elle puisse faire époque dans la littérature si étendue de la machine à vapeur, n'en fait pas moins honneur à son auteur, et mérite de prendre sa place dans la bibliothèque des ingénieurs désireux de se tenir au courant du progrès des machines thermiques.

G. R.

GARNIER et DAUVERT. — Les Concessions de gaz et d'électricité devant la juridiction administrative. *Recueil d'arrêtés des Conseils de préfecture et d'arrêts du Conseil d'État* (1893-1894) (1).

A mesure que les grandes industries se développent, elles voient s'édifier autour d'elles, parfois à leurs dépens, des législations spéciales : lois, décrets, arrêts, arrêtés de toutes sortes de juridictions, et dont la jurisprudence, surtout s'il s'agit, comme pour les mines, les chemins de fer, le gaz et l'électricité, d'industries d'intérêt public, susceptibles de concessions et de monopoles, prend rapidement un développement et une importance extraordinaires. De là, des difficultés de toute espèce, souvent plus graves et plus périlleuses que celles qu'oppose la nature même des choses, et dont il faut savoir se garer. En ce qui concerne les mines et les chemins de fer, les ouvrages consacrés à leur législation rempliraient toute une bibliothèque, et les compagnies qui les exploitent sont toujours pourvues de conseils compétents; il n'en est pas de même des municipalités et des industriels appelé à s'occuper de gaz ou d'électricité.

(1) 1 Vol. in-8, 530 pp., au bureau du *Journal des usines à gaz*, 65, rue de Provence.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'ouvrage de MM. Garnier et Dauvert est appelé à combler en partie cette lacune par un répertoire facile à consulter des principaux arrêtés des Conseils de préfecture et arrêts du Conseil d'État intervenus en matière de concessions de gaz et d'électricité, décisions déjà excessivement nombreuses et variées, et qui ne tarderont pas à se multiplier en raison de la guerre que se font un peu partout les gaziers et les électriciens. Les tables, au nombre de trois : par ordre chronologique, par villes et départements et par espèces, permettent de se retrouver très rapidement au milieu de ce petit dédale, et cela suffit pour que cet ouvrage rende aux intéressés de grands services, peut-être même, parfois, celui de leur éviter des procès. G. R.

BARBEROT (E.). — Traité de Constructions civiles (1).

Cet ouvrage est comme un intermédiaire entre les traités didactiques proprement dits, trop développés pour être à la portée de tous, et les formulaires ou aide-mémoire, dont le texte, par trop aride et concis, n'est pas toujours exact et clair. Il a pour objet de fournir, non seulement aux professionnels du bâtiment, mais surtout aux nombreuses personnes qui, sans en faire leur métier, ont à s'occuper des constructions, des notions exactes et suffisamment complètes pour leur permettre de se guider sûrement dans la plupart des cas de la pratique. Les dessins, exécutés par l'auteur même, sont très clairs, l'application des formules est presque toujours illustrée par un exemple; c'est le meilleur moyen d'éviter les erreurs aux gens pressés, qui n'ont ni l'habitude de ces formules ni le temps de les approfondir.

L'ouvrage est divisé par corps d'état : maçonnerie, pavage, charpente en bois et métallique, couverture, menuiserie et serrurerie, plomberie, chauffage et ventilation, installation du gaz et de l'électricité... division empirique, mais avantageuse pour un livre sans cesse à consulter, et où la recherche est, en outre, facilitée par des tables bien appropriées.

Il est certain que, de même qu'un code ne remplace pas un légiste, l'ouvrage de M. Barberot ne saurait remplacer l'architecte et le praticien; mais il remplira certainement le but plus modeste et parfaitement réalisable que lui a assigné son auteur; ce qui suffit, croyons-nous, pour lui assurer un légitime succès. G. R.

NIEWENGLOWSKI (G.-H.). — Applications scientifiques de la Photographie. Petit in-8. (*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire.*) Paris, Gauthier-Villars.

L'auteur s'est proposé d'exposer les applications de la photographie aux diverses branches de la Science.

Dans une première partie, l'auteur rappelle les diverses instructions à suivre pour obtenir une reproduction photographique fidèle et durable.

Le lecteur y trouvera une série d'indications et de conseils sur le choix et l'emploi de l'objectif et des plaques sensibles, sur le temps de pose et le développement, sur

(1) Vol. relié in-18, 920 p. et 1554 figures. Paris, Baudry.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'orthochromatisme, sur l'adaptation des divers instruments d'optique à la photographie, etc.

La seconde partie renferme l'exposé des diverses applications scientifiques de la photographie, en dehors de celles relatives à l'astronomie et aux sciences naturelles qui font l'objet de deux autres Aide-Mémoire. L'auteur passe successivement en revue les applications à la *Géométrie*, à la *Mécanique*, à la *Balistique*, à l'*Hydrodynamique*, à l'*Acoustique*, à l'*Optique*, à l'*Électricité*, à la *Météorologie*, à la *Chimie*, aux *Sciences biologiques*, etc.

ROCQUES (X.). — **Analyse des alcools et eaux-de-vie.** Petit in-8°.
(*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire.*)

L'auteur décrit les méthodes d'analyse qualitative et quantitative des alcools et eaux-de-vie. Il donne la place la plus importante à l'étude des impuretés volatiles, dont la détermination permet de classer les alcools, d'apprécier leur degré de pureté et d'établir leur origine.

A ce point de vue, l'analyse des alcools est d'un intérêt général et apporte des données précises dans l'étude des questions si controversées de l'alcoolisme, de la réforme des boissons, etc.

Après avoir montré comment se classent les divers alcools de consommation, et quelle est leur composition, l'auteur étudie l'action des divers réactifs, puis il indique les méthodes générales donnant l'évaluation totale des impuretés; vient ensuite le dosage spécial de chacune de ces impuretés. Le volume se termine par l'étude des divers alcools et eaux-de-vie : alcools d'industrie, cognac, eau-de-vie de vin, marc, rhum, etc.; et par des données analytiques complètes sur chacun de ces spiritueux.

MUNTZ (**M.-A.**), professeur et directeur des laboratoires à l'Institut national agronomique, membre du Conseil supérieur de l'Agriculture. — **Les Vignes. — Recherches expérimentales sur leur culture et leur exploitation.**

Les conditions économiques où l'agriculture se trouve placée à l'époque actuelle, l'ont obligée à entrer dans une voie nouvelle, voie de progrès, où elle est guidée par les travaux des hommes de science. Ceux-ci ont d'abord établi les bases de l'exploitation rationnelle du sol, et montré qu'elle doit reposer sur les deux principes suivants :

1° La connaissance approfondie de la nature et de la composition du sol;

2° Celle des besoins de la plante en principes dits fertilisants, dont les plus importants, et que la terre ne renferme pas toujours en quantité suffisante, sont l'azote, l'acide phosphorique et la potasse.

Les végétaux croissent sur les sols les plus divers, dans lesquels il doivent puiser la nourriture qui leur est nécessaire.

Des régions entières contiennent insuffisamment tous ces éléments ou l'un d'eux,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et cette pénurie ou cette insuffisance condamne le sol à une stérilité plus ou moins complète.

Avantagées, mais beaucoup plus rares, sont celles dont les sols renferment, dans les proportions reconnues convenables à l'alimentation des végétaux, tous les principes fertilisants, et qui, dès lors, sont capables de suffire à tous les besoins des récoltes.

Ces généralités font comprendre que les sols pauvres exigent, pour leur mise en culture, des sacrifices plus ou moins importants, des apports de ces aliments qui leur manquent, sous la forme de substances connues sous le nom d'engrais, que la nature nous offre dans des gisements, ou qui constituent les résidus de l'alimentation et de l'industrie.

Pour l'application judicieuse de ces engrais, la connaissance des besoins des plantes est indispensable.

Toutes les cultures n'ont pas, à l'égard des aliments, les mêmes exigences. Sans connaître ou discuter la raison de leurs préférences, on ne peut que les constater, et donner l'azote à celles qui réclament de préférence cet élément et des phosphates à celles qui absorbent particulièrement l'acide phosphorique.

La culture rationnelle consiste donc à fournir au sol les aliments qui lui manquent, et à telle plante l'élément qui a ses préférences, qui est ce qu'on appelle sa *dominante*.

Ces deux considérations : de la composition du sol et des besoins de la plante sont, on le voit, intimement liées l'une à l'autre ; on doit en tenir compte au même titre, si l'on veut exploiter le sol d'une manière rationnelle.

On connait les exigences de presque toutes les cultures en principes fertilisants.

La vigne est une de celles dont on n'avait pas encore déterminé d'une façon suffisante les besoins.

Cela tient surtout à ce que le problème était des plus complexes.

Peu de cultures sont faites dans des conditions aussi variables de climat, de sol, d'encépagement, de végétation et de rendement; aucune ne fournit des produits aussi différents, comme qualité et comme bouquet.

Le climat du Midi, avec ses températures élevées et son soleil ardent, est bien différent du climat pluvieux de la région du Bordelais, du climat rigoureux de la Champagne. Ici, les intempéries compromettent souvent les récoltes, qui peuvent varier du simple au décuple; là, au contraire, les rendements sont presque toujours constants.

En outre, quelle variabilité entre les alluvions plantureuses des plaines du midi de la France, et les coteaux plus ou moins arides d'autres régions viticoles, schisteux, siliceux ou calcaires.

Quelle analogie pourrait-on établir entre l'encépagement du Midi, constitué par des cépages à grand rendement, à végétation si puissante, plantés à raison de 4 000 pieds par hectare, et celui des régions à vins fins, à cépages plus grêles, dont le nombre de pieds est de 10 000 dans le Bordelais et atteint 60 000 en Champagne?

Toutes ces divergences ont amené des modes de culture appropriés au climat, au sol, à la nature des cépages et aux conditions économiques de la production du vin.

Ici les frais d'exploitation ne dépassent guère 500 à 600 francs par hectare; là, ils atteignent 2 000 francs, et en Champagne, ils approchent 3 000 francs par hectare.

Ce sont les qualités de ces vins qui ont occasionné des variations aussi considérables de prix, qui obligent à restreindre les frais d'exploitation, ou permettent, au contraire, d'atteindre ces chiffres élevés que nous citions plus haut.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans ces conditions si diverses dans lesquelles la vigne est cultivée, le problème de la détermination de ses exigences était donc bien autrement compliqué que s'il s'était agi de connaître les besoins de la culture du blé ; ceux-ci, obtenus sur un certain point, pouvaient, sans inconvénients, être généralisés.

Mais, pour la culture de la vigne, une semblable généralisation était dangereuse, et il fallait expérimenter dans toutes les conditions dans lesquelles la vigne est placée, c'est-à-dire dans les principaux centres viticoles de la France.

C'est ce travail considérable, qui a nécessité plusieurs années d'efforts, que M. Müntz a entrepris, et dont il donne les résultats dans son ouvrage.

Ses recherches ont été poursuivies dans le Midi de la France, dans le Roussillon, la Gironde, la Bourgogne, le Beaujolais, et la Champagne, dans les conditions de la pratique, et au milieu de vastes exploitations, dont quelques-unes renfermaient plusieurs centaines d'hectares.

M. Müntz a été aidé dans ce travail par M. E. Rousseaux, préparateur de chimie à l'Institut agronomique.

Les études ont porté d'abord, dans chacune de ces régions, sur la connaissance de la composition des principaux types de sols dans lesquels les vignes sont cultivées. Les propriétés physiques elles-mêmes, qui caractérisent ces sols, ont une grande importance, principalement leur nature plus ou moins calcaire, leur couleur, leur perméabilité, leur situation topographique, la proportion d'éléments grossiers qu'ils renferment; toutes ces circonstances se font sentir sur la qualité du vin et sur la nature des engrais à leur appliquer. Ainsi, les vins les plus appréciés sont obtenus, en général, sur les terres en coteaux et les plus caillouteuses, tandis que les vins de consommation ordinaire le sont, le plus souvent, dans les alluvions fertiles.

Dans les terrains très perméables du Médoc, comme dans ceux de la Champagne, les engrais assimilables, tels que le nitrate de soude, seraient vite entraînés dans le sous-sol par les pluies, à cause de leur grande solubilité; ils n'ont donc pas ici leur raison d'être; ce sont les engrais organiques, fumiers et composts, d'une décomposition plus lente, qui ont leur place tout indiquée et justifiée.

Le principal objet des recherches de M. Müntz, c'était la détermination des quantités de principes fertilisants exportés par hectare par la vigne, et dont les données doivent servir de guide dans l'application judicieuse des engrais.

Pendant longtemps, les notions les plus vagues et parfois les plus erronées avaient présidé à l'emploi des fumures. On donnait, dans certaines exploitations, des quantités énormes d'acide phosphorique et de potasse, peu ou pas d'azote.

Les recherches de M. Müntz ont montré que l'acide phosphorique était l'élément le moins exporté, et qu'il fallait attribuer aux engrais azotés une part beaucoup plus grande qu'on ne l'avait fait jusqu'alors.

Il n'est pas besoin d'insister beaucoup pour se convaincre de l'importance considérable de ces résultats pour la viticulture.

Ceux-ci varient d'ailleurs suivant les régions : dans le Midi, c'est surtout l'azote qu'il faut apporter par les fumures, car c'est lui qui est exporté en plus forte proportion ; dans les régions septentrionales, en Champagne, par exemple, c'est la potasse. Cette constatation montre encore combien il eût été dangereux de généraliser des données recueillies sur un seul point.

M. Müntz passe, en outre, en revue les conditions dans lesquelles la vigne est cultivée, les conditions économiques de la production, les façons culturales, les frais

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'exploitation, ainsi que les causes qui influent sur la qualité et sur le rendement, les fumures.

La partie qui a trait à la fumure est longuement développée.

Il examine la composition des fumures utilisées dans les principales régions et l'apport des éléments fertilisants qu'elles fournissent par hectare. Il discute ces engrais au point de vue de leur nature et des quantités qu'on en utilise, fait ressortir l'opportunité de leur emploi actuel, les modifications qu'il conviendrait d'y apporter; il insiste sur les essais que les viticulteurs auraient intérêt à entreprendre.

Des recherches sur les procédés de vinification, qui ont une si grande influence sur la qualité et la conservation des vins, sont également relatées avec détail, ainsi que des études sur l'emploi des feuilles et des marcs pour l'alimentation du bétail. M. Müntz appelle l'attention des propriétaires sur les ressources, comme fourrage, qu'ils peuvent en tirer, et des grands services que ces produits peuvent rendre dans des années de disette de fourrage.

Enfin, la fabrication des piquettes de consommation et de distillation a été perfectionnée par M. Müntz d'une façon très notable, qui a permis l'obtention de produits de beaucoup supérieurs à ceux que fournissait leur préparation ordinaire.

Voici d'ailleurs le résumé de la table des matières :

INTRODUCTION.

PREMIÈRE PARTIE. — Les conditions de la production du vin et les exigences de la vigne en principes fertilisants dans le midi de la France. — Chapitre Ier. Vignes françaises conservées par la submersion. — Chapitre II. Vignes françaises plantées dans les sables. — Chapitre III. Vignes de plaines. — Chapitre IV. Vignes de demi-montagne. — Chapitre V. Vignes de montagne.

DEUXIÈME PARTIE. — Les conditions de la production du vin et les exigences de la vigne en principes fertilisants dans le Roussillon. — Chapitre Ier. Vignes situées à l'Aspre. — Chapitre II. Vignes situées à l'Arrosage. — Chapitre III. Vignobles en terrasses.

TROISIÈME PARTIE. — Les conditions de la production du vin et les exigences de la vigne en principes fertilisants dans la Bourgogne. — Chapitre Ier. Vignobles produisant des vins rouges. — Chapitre II. Vignobles produisant des vins blancs.

QUATRIÈME PARTIE. — Les conditions de la production du vin et les exigences de la vigne en principes fertilisants dans le Beaujolais.

CINQUIÈME PARTIE. — Les conditions de la production du vin et les exigences de la vigne en principes fertilisants dans la Champagne.

SIXIÈME PARTIE. — Les conditions de la production du vin et les exigences de la vigne en principes fertilisants dans les vignobles de la Gironde. — Chapitre Ier. Vignobles du Médoc. — Chapitre II. Vignobles de Palus. — Chapitre III. Vignobles des Graves. — Chapitre IV. Vignobles du Saint-Emilionnais et de Pomerol. — Chapitre V. Vignobles de Sainte-Foy. — Chapitre VI. Vignobles du pays de Sauternes.

SEPTIÈME PARTIE. — Considérations sur la culture et la fumure des vignes et sur les conditions économiques de la production du vin. — Chapitre Ier. Les exigences en principes fertilisants dans les diverses régions. — Chapitre II. Quantités de matières fertilisantes exigées par la vigne pour la production d'un hectolitre de vin. — Chapitre III. Causes des variations de la quantité d'éléments fertilisants absorbés par la vigne. — Chapitre IV. Les fumures de la vigne.

HUITIÈME PARTIE. — Études spéciales sur la vigne. — Chapitre Ier. Études sur la vinification. — Chapitre II. L'utilisation des marcs de vendange pour la fabrication des piquettes. L'utilisation des marcs de vendange pour l'alimentation. — Chapitre III. Emploi des feuilles de la vigne pour l'alimentation du bétail. — Chapitre IV. De l'influence de l'effeuillage de la vigne sur la maturation du raisin. — Chapitre V. Influence des pluies tardives sur la vendange.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. BERTHOT. Traité de l'élévation des eaux. 1 vol. Paris, Baudry, in-8°, 380 p. 341 fig.

L'ouvrage de M. Berthot est remarquable par la méthode et la clarté avec laquelle l'auteur a su condenser sous un format restreint un grand nombre de renseignements théoriques et pratiques indispensables aux ingénieurs qui s'occupent de cette branche si importante de la mécanique appliquée : les machines à élever les eaux.

Ces machines sont employées de temps immémorial, et il est extrêmement intéressant de suivre les transformations générales et les développements dont elles ont été l'objet, à mesure que les progrès de la civilisation en exigeaient de plus grands services et mettaient à la disposition de l'homme des moyens plus puissants et plus universels, comme la vapeur et l'électricité. On trouvera à ce sujet, dans l'ouvrage de M. Berthot (p. 21, 26, 96), un grand nombre de renseignements curieux au point de vue historique, et parce qu'ils montrent combien des inventions que l'on croit entièrement modernes ne sont souvent que des mises au point d'anciennes idées abandonnées ou négligées soit comme ne répondant pas à un véritable besoin, soit parce que l'état de la mécanique à cette époque ne permettait pas de les réaliser industriellement.

Je ne puis citer, parmi les nombreuses machines décrites par M. Berthot, que celles qui m'ont paru présenter le plus d'intérêt ou de nouveauté ; telles sont les pompes aérohydraulique de *Legat*, une pompe de ferme allemande (p. 46), remarquable, comme il convient, par sa simplicité et sa rusticité, la pompe univalve d'*Henry*, la pompe à colonne d'eau de *Roux*, la pompe rotative de *Greindl* et celle à trois rouleaux de *Noël*, les pompes centrifuges de *Farcot* et *Dumont* et de *Decœur*, dont ce dernier donne une théorie élégante et nouvelle (p. 125), les appareils de MM. de *Romilly* et *Colligny*, les pompes alimentaires et à eau chaude de *Lentz*, *Carré*, *Collot*, *Chiazzari*, la pompe à circulation de *Mennesson* (1), les *émulseurs*, — d'un emploi si fréquent aux États-Unis, — les *Fire Hydrants* de *Greatchead*, puis enfin les *béliers* de *Bollée*, *Pearsall*, *Bonard*, *Durozoi*, *Decœur*, etc.

Le chapitre consacré aux *pompes à vapeur* est naturellement le plus important du livre ; on y trouvera la description détaillée, souvent accompagnée de résultats d'expériences, d'un grand nombre de types intéressants : *Farcot*, *Watt*, *Richardson*, *Pinette*, *Mazeline*, *Worthington*, *Davey*, *Tangye*... mais, néanmoins, ce chapitre mériterait d'être, dans une prochaine édition de l'ouvrage, un peu plus développé par l'addition d'exemples choisis parmi les grandes distributions d'eau américaines, si différentes des nôtres en tant de détails peu connus chez nous. Citons encore les chapitres consacrés aux pompes à *incendie*, pompes d'*égouts*, pompes à *sables*, pompes *électriques*, *pulsomètres*, *éjecteurs*, etc., pour montrer que l'ouvrage de M. Berthot embrasse bien tout le cadre de son sujet.

G. B.

(1) Rapport de *M. Tresca*. Bulletin de février 1888.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LIVRES ET OUVRAGES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE

EN NOVEMBRE 1895

Les vignes, recherches expérimentales sur leur culture et leur exploitation, par M. A. MUNTZ, 1 vol. in-8, 580 pp. Paris, Berger-Levrault. (Voir p. 1236, du présent *Bulletin.*)

Congrès international des accidents du travail et des assurances sociales, 3e session tenue à Milan du 1er au 6 octobre 1894. *Rapports et procès-verbaux des séances,* 2 vol. in-8, 960 et 570 p. Milan, imprimerie Reggiani.

Du Ministère de l'Instruction publique. — **Bulletin du Comité des travaux historiques et scientifiques.** *Section des Sciences économiques et sociales. Congrès des sociétés savantes* de 1895. 1 vol. in-8, 400 pp., Imprimerie nationale.

L'industrie de la fonte et ses progrès dans la région de la Sarre et de la Moselle, par TH. JUNG, traduction par M. Jordan, 1 broch. in-8, 32 pp. *Extrait du Bulletin du Comité des Forges.*

Traité de l'Élévation des eaux, par M. BERTHOT, 1 vol. in-8, 380 pp., 341 figures. Paris, Baudry. (Voir p. 1240.)

Bulletin de la Société libre d'Émulation du Commerce et de l'Industrie de la Seine-Inférieure. Exercice 1894-1895. 1 vol. in-18, 305 pp. Rouen, imprimerie E. Cagniard.

Du Ministère des Travaux publics. — **Album de statistique graphique** de 1894. 1 vol. in-8, 20 planches. Chemins de fer, navigation intérieure, navigation maritime, mouvement postal et télégraphique.

Du Ministère du Commerce et de l'Agriculture. — **Exposition de Chicago.** Rapports publiés sous la direction de M. Krantz. — *La Laiterie à l'Exposition de Chicago,* par M. LEÉ. — *Les Machines et Instruments agricoles,* par M. RINGELMANN. — *La Sylviculture française,* par M. PETIT. — *La Section hippique,* par M. SAINT-HUMIENS. — *Les Machines à bois américaines,* par M. A. VAUTIER (145 pages et 107 figures) ; Imprimerie nationale. (Voir p. 1232.)

Cours de mécanique appliquée aux machines, professé à l'École du génie civil de Gand, par M. BOULVIN. Théorie des machines thermiques (1893) ; générateurs à vapeur (1894) ; machines à vapeur (1896), 3 vol. in-8, 250 pp. Paris. Bernard. (Voir p. 1233.)

Observations générales au sujet de la note ministérielle du 3 juillet 1893, critiquant la pétition des ingénieurs conseils relative aux modifications à apporter à la loi du 5 juillet 1844 sur les brevets d'invention, par M. ARMENGAUD aîné, une brochure in-8, 60 pp. Chez l'auteur, 21, boulevard Poissonnière.

Modern Copper Smelting (métallurgie du cuivre), par M. E.-D. PETERS, 7e édition, 1 vol. in-8, 642 pp. *The Scientific Publishing Co London and New-York,* 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Jahres Bericht der chemischen Technologie pour 1894. Dr F. Fischer. 1 vol. in-8, 1208 pp. Leipsick, chez Otto-Wigand.

Éléments de comptabilité pratique, par M. J. Périssé. Une brochure in-8, 47 pp. Paris, Baudry.

Analyse des alcools et des eaux-de-vie, par M. X. Rocques, 1 vol. collection Leauté (Gauthier-Villars), Paris. (Voir p. 1236.)

Applications scientifiques de la photographie, par M. G. H. Niewenglowski. 1 vol. collection Leauté (Gauthier-Villars). Paris. (Voir p. 1235.)

L'ancienne Académie des Sciences, par M. E. Maindron. Une brochure in-8, 90 pp. chez Bernard-Vignol, Paris.

Les Constructions civiles, par E. Barberot, 1 vol. in-18, 908 pp., 1500 figures. Paris, Baudry. (Voir p. 1235.)

Théorie de l'électricité, par A. Vaschy. 1 vol. in-8, 335 pp. Paris, Baudry.

De la Smithsonian Institution (Washington). — **Chinook Texte** *et* **Archeologic Investigations** *in* **James and Potomac Valleys**, 2 broch. in-8, 230 et 80 pp.

Du Ministère de l'Instruction publique et des Beaux-Arts. — **Réunion des Sociétés des Beaux-Arts des départements**, du 16 au 30 avril 1895, **19e session**. 1 vol. in-8, 915 p., 44 planches. Paris, Plon et Nourrit.

Essais sur la philosophie des sciences. *Analyse mécanique*, par C. de Freycinet. 1 vol. in-8, 336 pp. Paris, Gauthier-Villars.

Sur l'origine du monde. *Théories cosmogoniques des anciens et des modernes*, par M. H. Faye, membre de l'Institut. 3e édition, 1 vol. in-8, 315 p. Paris, Gauthier-Villars.

Le caoutchouc et la gutta-percha, par MM. Ch. Seligmann, Lamy-Torrilhon et H. Falconnet, 1 vol. in-8, 456 p. Paris, J. Fritsch.

Recueil des publications de la Société havraise d'études diverses, 1894-1895. 4 brochures in-8. Le Havre, imprimerie Micaux.

Description de l'Égypte. *Recueil des observations et des recherches qui ont été faites en Égypte pendant l'expédition de l'armée française*, 2e édition, dédiée au Roi, par C.-L.-F. Panckoucke. Paris, 1820-1828, 25 vol. in-8, 11 atlas grand aigle de 900 planches.

Du Koloniaal Museum, d'Amsterdam. **Nuttige Indische Planten**, 1 vol. grand in-4, 78 p. et 10 planches. Amsterdam, chez J. de Bussy.

Rapport sur le service des champs d'expériences et de démonstration, par L. Magnien, 1 broch. in-18, 8 p. Dijon, imprimerie Carré.

Mémoires de la Société d'Agriculture, Commerce, Sciences et Arts du département de la Marne, année 1894, 1 vol. in-8, 440 p. Châlons-sur-Marne, imprimerie Thouille.

Causeries scientifiques, par H. de Parville, années 1889 et 1890, 2 vol. in-18, 350 p. Paris, Rothschild.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LITTÉRATURE

DES

PÉRIODIQUES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIÉTÉ

Du 15 Octobre au 15 Novembre 1895.

DÉSIGNATIONS ABRÉGÉES DES PUBLICATIONS CITÉES

Ag. . . . Journal de l'Agriculture.
Ac.. . . . Annales de la Construction.
Acp. . . . Annales de Chimie et de Physique.
AM. . . . Annales des Mines.
Ap. . . . Journal d'Agriculture pratique.
APC . . . Annales des Ponts et Chaussées.
At. . . . Annales télégraphiques.
Bam . . . Bulletin technologique des anciens élèves des écoles des arts et métiers.
Btp. . . . Bulletin du ministère des Travaux publics (statistiques).
BmA. . . Bulletin du ministère de l'Agriculture.
Ci. . . . Chronique industrielle.
Co.. . . . Cosmos.
CN. . . . Chimical News (London).
Cs.. . . . Journal of the Society of. Chemical. Industry (London).
CR. . . . Comptes rendus de l'Académie des Sciences.
Dp. . . . Dingler's Polytechnisches Journal.
E. . . . . Engineering.
E'.. . . . The Engineer.
Eam. . . . Engineering and Mining Journal.
EE.. . . . Eclairage Électrique.
El.. . . . Electrician (London).
Elé. . . . L'Électricien.
Ef.. . . . Économiste français.
Es.. . . . Engineers and Shipbuilders in Scotland (Proceedings).
Fi . . . . Journal of the Franklin Institute (Philadelphie).
Gc. . . . Génie civil.
IC. . . . . Ingénieurs civils de France (Bulletin.).
Ie. . . . . Industrie électrique.
Im.. . . . Industrie minérale de Saint-Étienne.
IME.. . . Institutions of Mechanical Engineers (Proceedings).
In. . . . Inventions nouvelles.
Ln. . . . La Nature.
Ms. . . . Moniteur scientifique.
N. . . . Nature (anglais).
Pc. . . . Journal de Pharmacie et de Chimie.
Pm . . . *Portefeuille* économique des *machines*.
Rgc.. . . Revue générale des chemins de fer.
Rgds. . . Revue générale des Sciences.
Ri. . . . Revue industrielle.
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 (Bulletin).
Sfp . . . Société française de photographie (Bulletin).
Si. . . . La Science illustrée.
Sie. . . . Société internationale des Électriciens (Bulletin).
Sg. . . . Bulletin de la Société de géographie.
Sgc . . . Bulletin de la Société de géographie commerciale.
SL. . . . Bulletin de statistique et de législation.
SuE. . . Shahl und Eisen.
USR. . . Consular Reports to the United States Government.
VDI.. . . Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure.
ZOI.. . . Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieure und Architekten. Vereins.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

Agriculture du Rio grande do Sul (Brésil). *Ag.* 2 *Nov.*, 669.
— A l'Exposition d'Anvers. *BmA. Otc.*, 843.
Bétail (Emploi du froment dans l'alimentation du). *Ag.* 26 *Oct.*, 637.
— Projet de loi sur la tuberculose des bêtes bovines. *Ag.*9 *Nov.*, 721.
— Cuisson des aliments pour. *Ag.* 2 *Nov.*, 692.
— Police sanitaire du marché de la Villette. *Ap.* 31 *Oct.*, 636.
Betteraves. A la station de Capelle. *Ap.* 24 *Oct.*, 594.
— (Arracheurs de) au concours de Cambrai. *Ap.* 7 *Nov.*, 31 *Oct.*, 624, 666.
Blé. Influence de la sélection de l'épi et du grain dans une même variété de blé. *Ag.* 19 *Oct.* 616. *Ap.* 14 *Nov.*, 694.
— Chinois et de Bordeaux. *Ap.* 17 *Oct.*, 545.
— Diverses espèces de rouille. *Ap.* 7, 24 *Oct.*, 548, 579.
— Invasion des blés étrangers (lutte contre l'). *Ag.* 2 *Nov.*, 698.
— (Admission temporaire des). *Ag.* 9 *Nov.*, 726.
Châtaigniers. (Maladie des) *BmA. Oct.*, 803.
Chevaux américains. Importation en Europe. *Ag.* 9 *Nov.*, 717.
Domaine de la Manderie (Le). *Ap.* 24 *Oct.*, 583.
Engrais (Législation sur la vente des) (Grandeau.) *Ap.* 17 *Oct.*, 542.
— (Achat des). (Grandeau.) *Ap.* 31 *Oct.*, 7 *Nov.*, 613, 649.
— Opération pratique du procédé Pelouze. *SeP.* 5 *Nov.*, 1186.
— Le crud. d'ammoniaque. *Ag.* 16 *Nov.*, 768.
— La chaux et les bactéries légumineuses. *Ap.* 14 *Nov.*, 689.
Fourrages. Un échec de la vesce velue. *Ag.* 16 *Nov.*, 762.
— Colchiques (Destruction des). *Ag.* 16 *Nov.*, 766.
— Lupin, culture dans le Morbihan. *Ap.* 14 *Nov.*, 687.
Labourage électrique en Allemagne. *UsR. Oct.*, 161.
Lait. Approvisionnement des villes Suisses et Allemandes. *Ap.* 31 *Oct.*, 619.
— Radiateur Salénius (Expériences sur le) à Poligny. *BmA. Oct.*, 816.
Maïs. Ecimage du. *Ap.* 24 *Oct.*, 592.
Orge et houblons. Etat actuel de leur culture en France. *Rgas*, 15 *Nov.*, 958.
Puceron lanigère. (Évolution du). *BmA. Oct.*, 824.
Primeurs. (Culture des) dans les sables d'Algérie. *Ap.* 7 *Nov.*, 656.
Sarrasin nouveau du Japon. *Ag.* 26 *Oct.*, 647.
Sécheurs de foin et de thé. Gibb. *E'.* 9 *Nov.*, 465.
Vers à soie. Sélection artificielle. *Ag.* 26 *Oct.*, 642.
Vigne. Invasion du mildew sur les treilles. *Ln.* 2 *Nov.*, 357.
— Gomme des vins (Nivière et Hubert) *Ms. Nov.*, 770.
— Rôle du calcaire dans la reconstitution des vignobles charentais. *Ap.* 7 *Nov.*, 669.
— Expériences de vinification de M. Kayser. *BmA.* 2 *Oct.*, 882.

CHEMINS DE FER

Accident de la gare Montparnasse. *E.* 1 *Nov.*, 582 *Gc.* 2 *Nov.*, 1.
Chemins de fer russes. *E.* 18 *Oct.*, 490. *E'.* 18 *Oct.*, 390.
— London-South Wales. *E'.* 8 *Nov.*, 459.
— *Métropolitains* de Londres (Histoire du). *E'.* 18 *Oct.*, 377. Nouveaux. *VDI.* 26 *Oct.*, 1277. De Glasgow. *E'.* 25 *Oct.*, 403.
— De Galwaj Clifden. *E.* 25 *Oct.*, 506.
— Indiens et le commerce de l'Inde. *E.* 25 *Oct.*, 515.
— De la Nouvelle-Galles du Sud. *E'.* 25, *Oct.*, 8, 5 *Nov.*, 411, 462, 475.
— Du monde. *Rs.* 26 *Oct.*, 541. *SL. Oct.*, 380.
— Coloniaux (Les). *E.* 1 *Nov.*, 545.
— Anglais (Statistique en) 1893. *Rgc. Oct.*, 169.
— De l'Inde à Ceylan. *Co.* 2 *Nov.*, 420.
— (Exploitation des). *E'.* 8 *Nov.*, 460.
Gares de marchandises. (Nouvelles) en Angleterre. *Gc.* 9 *Nov.*, 21.
Locomotives Anciennes du Great-Western. *E'.* 18, 25 *Oct.*, 387, 408. 1 *Nov.*, 440.
— (Nouvelles du) *Gc.* 9 *Nov.*, 24.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

— Nouvelles pour fortes charges. *Rt.* 25 *Oct.*, 473.
— Tender du chemin de l'État prussien. *Rgc. Oct.*, 179.
— *Compound.* 8 couplées, Webb. *E.* 9 *Nov.*, 571. Mise en train Zusatz. *VDI.* 9 *Nov.*, 1358.
— (Sonnerie de) *Rt.* 10 *Nov.*, 503.
— Du *N.-W. Ry.* avec tiroir à piston Smith. *E'.* 15 *Nov.*, 473.
— Renifflard Smith. *E'.* 15 *Nov.*, 474.
— Express 4 couplées du Lake Shore Michigan. *E'.* 15 *Nov.*, 486.

Signaux. Cloches Hattemer. *Dp.* 1 *Nov.*, 110.
— Block system électrique Cardani. *Industrie*, 10 *Nov.*, 705.

Trains rapides entre Londres et Aberdeen, résultats du concours. *Rgc. Oct.*, 177.
— Aux États-Unis. *E'.* 15 *Nov.*, 484.

Traverses Henry et Stoney. *E.* 25 *Oct.*, 528.
— En fer (Les). *E'.* 25 *Oct.*, 409.
— Heindl. 201. *E'. Nov.* 533.
— *Voie.* Appareil d'enclenchement Barba. *Rgc. Oct.*, 162.

Voitures à voyageurs et chauffage à vapeur des trains des chemins de fer hollandais. *Rgc. Oct.*, 155.

Wagons à ossature métallique de la Compagnie de l'Ouest. *Rgc. Oct.*, 155.
— et voitures à châssis en acier. *Rgc. Oct.*, 180.
— A pétrole India East Coast. *Ry. E'.* 15 *Nov.*, 489.

TRANSPORTS DIVERS

Électricité. *Traction électrique.* (La) Ln. 26 *Oct.*, 351.
— (Dawson). *EE.* 12 *Oct.*, 63. *E.* 25 *Oct.*, 15 *Nov.*, 502. 538. 597.
— Comparée à la vapeur (Duncan). *EE.* 12 *Oct.*, 83.
— Aux États-Unis (*E'*) 1er *Nov.*, 435.
— En montagne. *Elé.* 16 *Nov.* 305.
— Économie des conducteur employés dans la (Burch). *EE.* 19 *Oct.*, 117.

Locomotives électriques. Baltimore Ohio *E'.* 25 *Oct.*, 404. *Ri.* 26 *Oct.*, 423.

Tramways (les) (Maréchal). *Rs.* 2 *Nov.*, 547. (Cadiat). *I'm. Nov.*, 170.
— Section économique des feeders. (Hasson). *EE.* 9 *Nov.*, 267.
— de Leeds. *El.* 18 *Oct.*, 824. Westinghouse, *El.* 8 *Nov.*, 53.
— de Brighton Rottingdean *E'.* 8 *Nov,*, 453. *El.* 8 *Nov.*, 53.
— Accidents de Portsmouth. *EE.* 1er *Nov.*, 8, 10.
— Démarrage (des) *EE.* 2 *Nov,*, 217.
— Synchronisation des moteurs de (Thomson et Rice.) *EE.* 12 *Oct.* 89.
— Électrolyse par les courants des (Smith). *EE.* 19 *Oct.*, 123.
— à accumulateurs. Société du transport de la force. *Rt.* 25 *Oct.*, 462.
— à gaz. *IC. Sept.*, 304.

Voitures. Morris et Salom. *Ln.* 26 Oct., 352.

Funiculaire. Otis. *E'.* 4 *Nov.*, 373.

Tramways (Américains) état financier. *El.* 15 *Nov.*, 84.
— Funiculaire de la Côte Sainte-Marie au Havre. *Gc.* 19 *Oct.*, 390.
— Chauffage par l'électricité. *E'.* 8 *Nov.*, 450.
— Traction mécanique des (Tavernier). *Rt.* 10 *Nov.*, 487.
— Concours de Paris (Projet de). (Pélissier). *EE.* 9 *Nov.*, 241.

Voitures automobiles. Serpollet. *E.* 18, 25 *Oct.*, 471 499.
— Inshaw. *E'* 1er *Nov.*, 424.
— (les) à Tunbridge Wells. *E'* 18 *Oct.*, 389.
— en France. *E'.* 25 *Oct.*, 408.
— Concours. Paris-Bordeaux (Collin). *IC. Sept.*, 282.

CHIMIE ET PHYSIQUE

Acides sulfurique. Fabrication Darling. *Cs.* 31 *Oct.*, 866.
— Chlorhydrique. Action sur le cuivre. (Engel) *CR.* 14 *Oct.*, 528.
— Citrique et tartrique tirés du sucre de canne. *CN.* 15 *Nov.*, 18 *Oct.*, 190, 235.
— Carbonique, précipitation et détermination gravimétrique. *Cn.* 18 *Oct.*, 194 (Gooch et Phelps). Solide (propriétés du Villard et Jarry. *ScP.* 5 *Nov.*. 987.
— Cétonique. Formation synthétique (Burker). *CR.* 28 *Oct.*, 607.
— Détermination calorimétrique de la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

basicité par le bichromate de potasse. *Scp.* 5 *Nov.*, 1186.

Alcools et alcoolisme. (Riche). *Pc.* 1er *Nov.*, 405. Propriétés réductrices aux hautes températures. *ScP.* 5 *Nov.*, 1207.

— Méthylique et éther, phénomènes osmotiques à travers les membranes (Raoult). *Pc.* 1er *Nov.*, 427.

— Alcoolates (les) (Lescœur). *CR.* 11 *Nov.*, 691.

Amidon. l' *N.* 31 *Oct.*, 640. Transformations de (Ost). *Cs.* 31 *Oct.*, 877.

— Dosage de l' (Stone). *Ms. Nov.*, 802.

Analyses des fontes fers et aciers. (Carnot). *Am.* 5 *Oct.*, 357.

— Dosage du soufre dans les matières organiques (Nihoul). *Ru. Août.*, 198.

— Du chlorate de calcium dans les poudres décolorantes. *CN.* 15 *Nov.*, 236. *Cs.* 31 *Oct.*, 886.

— Du soufre et du chlore par le peroxyde de sodium, *id.* 887.

— Des composés azotés des aliments, *id.* 897.

— Du lait par congélation. (Winter). *CR.* 11 *Nov.*, 696.

— Qualitatives par l'électrolyse (Bibliographie). *CN.* 25 *Oct.*, 200.

— de l'émeraude (Lebeau). *CR.* 28 *Oct.*, 601.

— Dosage volumétrique du manganèse. *ScP.* 5 *Nov.*, 1183.

— Titrage des métaux lourds par le sulfure de sodium (Neumann). *CN.*, 1er *Nov.*, 212.

Argent. Point de solidification (Heycock et Neville). *N.* 19 *Oct.*, 596.

Argon. (Ramsay). *Rs.* 2 *Nov.*, 545. *CN.* 8 *Nov.*, 223.

— Réfraction et viscosité (Lord Raleigh. *E.* 18 *Oct.*, 478.

— Dosage (Schlœsing). *CR.* 14, 28 *Oct.*, 525, 604.

— Action du fluor (Moissan). *ScP.* 5 *Nov.*, 973.

Asphaltes. Analyse technique (des) *Fi Nov.*, 383.

Arsenic. Séparation par l'alcool méthylique et l'acide chlorhydrique. *CN.* 18 *Oct.*, 191.

Borure de fer. (Moissan). *ScP.* 5 *Nov.*, 956.

Bitumes. Nature du (Peckham). *Fi. Nov.*, 370.

Brasserie. Four à malt. (Kinder.) *E.* 18 *Oct.* 498.

— Essais sur le pouvoir réducteur des levures pures (Nastukoff). *CR.* 14 *Oct.*, 535.

— Influence des températures de saccharification sur la fermentation de l'isomaltose. Dosage par la méthode physiologique (Munsche). *Ms. Nov.*, 798..

— Les sarcines de la bière (Richard). *Ms. Nov.*, 801.

— Matlose. Pouvoir rotatoire spécifique (Ost). *Cs.* 31 *Oct.*, 878.

Calorimétrie. Construction et étalonnage des appareils thermométriques de l'observatoire de Kew. *N.* 14 *Nov.*, 39.

— Un étalon calorimétrique pratique (Griffith) *E.* 25 *Oct.*, 521.

— Mesures des hautes températures, (Griffith) *E*, 25 *Oct.*, 522.

— Corrections aux thermomètres métastatiques (Scheurer-Kestner) *CR.* 21 *Oct.*, 553.

— Thermophone pour déterminer les températures à distance. *Technology, Quarterly. Juillet.*, 125.

Carbure de glucinium (Henry). *CR.* 28 *Oct.*, 600.

— de calcium (le). (Borchery). *Cs.* 31 *Oct.*, 854.

Cellulose. Fermentation de la (Omelliansky). *CR.* 4 *Nov.*. 663.

Chaux et Ciments. Essais de mortiers de ciments mélangés à différents sables (Cooper). *Fi. Nov.*, 321.

Chromates. Fabrication (Solvay). *Cs.* 31 *Oct.* 865.

— Chromite de chaux cristallisé (Dufau). *CR.* 11 *Nov.*, 689.

Chaleurs latentes de vaporisation. E. 25 *Oct.*, 521.

Chlore. Fabrication (Sadler et Wilson). *Cs.* 31 *Oct.*, 864.
ScP. 5 *Nov.*, 975.

Chlorure de zinc. Dissociation par l'eau (Perrot).

Céramique. Fours à (Dp.) 18 *Oct.*. 54. Brevets divers. *Cs.* 31 *Oct.*, 866.

— Compositions de poteries athéniennes. *ScP.* 5 *Nov.*, 1188.

Céruse. Fabrication électrique. Brown. *Ri.* 26 *Oct.*, 427.

Chlorates. (Réaction colorée spécifique des. (Dénigés). *Pc.* 1er *Nov.*, 400.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

— de soude. Fabrication (Best et Brook). *Cs.* 31 *Oct.*, 865.
Cyanures de lithium, de magnésium et de cuivre. (Varet). *CR.* 28 *Oct.*, 598.
— Recherche des petites quantités de manganate de potassium dans les (Schneider). *ScP.* 5 *Nov.*, 1186.
Diphénylbiphénol. (Synthèse du) (Noges et Ellis). (*Technology Quarterly.*) *Juillet*,, 178.
Équivalents chimiques (Les) Marqfoy. *CR.* 28 *Oct.*, 591.
Explosifs. (Rupture de câbles métalliques par les). *Revue du génie militaire. Oct.*, 350.
Gaz d'éclairage. Carburateur Price. *E.* 18 *Oct.*, 497.
— Gazomètre télescopique à trois levées à Glasgow. *Ac. Nov.*, 162.
— *Acétylène* (Toxicité de l'). (Grehant.) *CR.* 21 *Oct.*, 564, et son emploi. *VDI.* 9 *Nov.*, 1337.
— Les enrichisseurs du (Erwin). *ScP.* 5 *Nov.*, 1187.
— Four à régénérateur Dauber. *Sc.* 31 *Oct.*, 856.
— Gazogène Thwaite. *Cs.* 31 *Oct.*, 856.
— Compteurs Barnes. *E.* 9 *Nov*, 589.
Glucose. Action de l'ammoniaque (Stone). *ScP.* 5 *Nov.*, 1210.
Glucine pure. Préparation par l'émeraude (Lebeau). *CR.* 4 *Nov.*, 641.
Glycérine (Estimation de la). *Co.* 31 *Oct.*, 895.
Graphites (Études sur les) (Moissan). *CR.* 21 *Oct.*, 538-540.
Hélium (Spectre de l') (Runge et Paschen). *E.* 18 *Oct.*, 479; (Palmer et Will). *American Journal of Science. Nov.*, 357-359.
— Gaz permanent (Guillaume). *Ln.* 19 *Oct.*, 322.
Huiles (Stérilisation des). *Ln.* 2 *Nov.*, 363.
— (Vérification des). *Cs.* 31 *Oct.*, 894.
Hydrogène. Fabrication par voie sèche. *Co.* 16 *Nov.*, 489.
Laque et laquage au Japon. Co. 16 *Nov.*, 489.
Loi périodique. Table. *CN.* 25 *Oct.*, 200.
Margarine. Étude bactériologique (Jolles et Winhler). *Pe.* 1er *Nov.*, 425.
Optique. Double réfraction elliptique (Quesneville). *Rs.* 24 *Oct.*, 522.
— Double réfraction (théorie de Mac Cullagh). *N.* 17 *Oct.*, 595.
— Lignes isochromatiques des cristaux à deux axes (Issabey). *Co.* 19 *Oct.*, 370.
— Jumelles télémétriques et stéréoscopiques. *Revue du génie militaire. Oct.*, 350 et 358.
— Photomètre portatif (Preece et Trotter). *El.* 12 *Oct.*, 61.
— Progrès récents (Le Conte). *American Journal of Science. Nov.*, 377.
— Étalon de lumière à l'acétylène (Fessenden). *Ie.* 10 *Nov.*, 476.
Osmose entre l'alcool méthylique et l'éther (Raoult). *Pe.* 1er *Nov.*, 427.
Oxygène. Fabrication (La pointe). *Cs.* 31 *Oct.*, 885.
Papier. Résistance. Influence de l'humidité et de la chaleur (Hertzberg). *Cs.* 31 *Oct.*, 881, 883.
— Nouveau type de lignocellulose (Dalen). *Cs.* 31 *Oct.*, 897.
Pétroles de Galicie. Sa formation (Hofer). *Ru. Août*, 191.
— (Formation artificielle des). *Co.* 26 *Oct.*, 384.
— Schistes (Industrie des huiles de). *E'.* 15 *Nov.*, 471.
Phosphore rouge. Action de quelques gaz chauds (Vandevelde). *ScP.* 5 *Nov.*, 991.
— (Chloroazotures de). *ScP.* 5 *Nov.*, 1177.
Progrès de la chimie (Influence de l'industrie sur les) (Mac Murtrie). *Rs.* 19 *Oct.*, 481.
Quinone nouvelle (Bayrac). *ScP.* 5 *Nov.*, 979.
Sels halogènes doubles. ammonio-cupriques (Wells et Hurlburt). *American Journal of Science. Nov.*, 390.
Sélenium. Réduction de l'acide sélénieux par l'acide chlorhydrique et par le bromure de potassium (Gooch, Evans et Scoville). *American Journal of Science. Nov.*, 400.
Silice. Réduction par le charbon (Moissan). *ScP.* 5 *Nov.*, 972.
Soude. Le mercure et la production électrolytique de la (Andreoli). *Ri.* 19-26 *Oct.*, 4 *Nov.*, 415, 430, 438.
Sulfure de zinc phosphorescent. *Ln.* 2 *Nov.*, 362.
— *de carbone.* Action de la chaleur (Aretowski). *ScP.* 5 *Nov.*, 991.
Spectroscopie (Recherches de) (Stas). *CN.* 18-25 *Oct.*, 1-8 *Nov.*, 188, 203, 215, 226, 239.
— Analyse spectrale directe des composés solides et plus spécialement des minéraux. *ScP.* 5 *Nov.*, 945.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Sucrerie. Purification des jus sucrés par l'électrolyse (Raffinerie Say). *EE.* 12 *Oct.*, 80.
— Progrès en 1895. *Dp.* 25 *Oct.*, 8 *Nov.*, 88, 138.
— Purification des sirops de sucre de canne, etc. *Dp.* 18 *Oct.*, 65.
— La volénite, nouvelle matière sucrée (Bourquelot). *Pc.* 1er *Nov.*, 385.
— Saccharose. Réaction caractéristique (Papasogli). *PC.* 1er *Nov.*, 429.
— Effet des solutions alcalines cupriques sur les sucres. *Co.* 31 *Oct.*, 896.
— Moulins à cannes (Leblanc). *Ri.* 9 *Nov.*, 442.

Tannerie. Tannage électrique. Procédés Worms et Balé (Groth). *Rt.* 25 *Oct.*, 460.
— Dosage du tanin (Manceau). *CR.* 4 *Nov.*, 646.

Teinturerie. Conservation des préparations au β-naphtol sur les tissus de coton (Kurz). *Bulletin de la Société industrielle de Rouen. Juillet*, 406; *MS. Nov.*, 772.
— Distinction des teintures naturelles et artificielles. *Cs.* 31 *Oct.*, 891.
— Indulines, safranines et mauvéines. *Cs.* 31 *Oct.*, 857, 861.
— Les fluorindines. *Cs.* 31 *Oct.*, 857, 859, 860. — Fuchsines, *id.*, 859.
— Indigo. Préparation par l'acide éthylène diantranilique. *Cs.* 31 *Oct.*, 860.
— Appareil à oxyder les teintures à l'indigo (Stewart). *Cs.* 31 *Oct.*, 863.
— Estimation de l'indigotine (Waddell), *id.*, 893.
— Anilines. *Cs.* 31 *Oct.*, 861, 862.

Tensions de vapeur des dissolutions concentrées : Nitrates de lithium et de calcium (Lenebarger). *CN.* 25 *Oct.*, 201; 1er *Nov.*, 213; 8 *Nov.*, 231; 13 *Nov.*, 238.

Thermodynamique. L'entropie. Sa mesure et ses variations (Mouret). *Rgds.* 30 *Oct.*, 909.

Titane. Préparation (Moissan). *ScP.* 5 *Nov.*, 959.

Uranium. Détermination dans les minerais renfermant des acides.

Verre (Emploi du carbonate de baryte dans la préparation du). *Ms. Nov.*, 790.
— Soluble. Fabrication et usage. *Ms. Nov.* 792.
— Procédés de décoration et d'argenture des verres. *Ms. Nov.* 794, 797.
— Progrès de l'industrie du verre. *Dp.* 1er *Nov.*, 108.

Volume spécifique et genèse des éléments (Blanshard). *CN.* 8-15 *Nov.*, 230, 237.

COMMERCE ET ÉCONOMIE POLITIQUE

Accidents de fabrique. Association normande pour les prévenir. Réunion du 26 avril 1895. *Bulletin de la Société industrielle de Rouen. Juillet*, 409.
— Assurances contre : opérations des Compagnies en 1894. *Ef.* 2 *Nov.*, 577.

Agraire (La question) en Angleterre. *Rso.* 16 *Oct.*, 1er-16 *Nov.*, 578, 668, 748.

Assistance et assurance mutuelles des employés de l'État. Ef. 26 *Oct.*, 544.

Bimétallisme. Utilité de son rétablissement. *Bulletin de la Société industrielle de Rouen. Juillet*, 384.

Brevets. Nouvelles jurisprudences des. *VDI.* 26 *Oct.*, 1284.

Commerce extérieur de la France et de l'Angleterre pendant les neuf premiers mois de 1895. *Ef.* 26 *Oct.*, 539.

Coût de la vie. Aujourd'hui et il y a trente ans. *Ef.* 2 *Nov.*, 569.

Caisse d'épargne de Paris. Opérations depuis sa création (1808). *SL. Oct.*, 374.

États-Unis. La concurrence américaine. *E'.* 18 *Oct.*, 390.

Habitations à bon marché. Congrès de Bordeaux. *Gc.* 26 *Oct.* 419; *Ef.* 2 *Nov.*, 571.
— Règlement d'administration publique. *SL. Oct.*, 316.

Income Tax britannique (L'). *Ef.* 16 *Nov.*, 645.

Institutions patronales de la faïencerie de Choisy-le-Roi. *Rso.* 16 *Nov.*, 734.

Outillage moderne (L'). *Ef.* 16 *Nov.*, 637.

Partages d'ascendants (Rôle des) (Hardy). *Rso.* 1er *Nov.*, 646.

Population (Loi de la). *Ef.* 2 *Nov.*, 579.
— Aux bénéfices. *Rso.* 16 *Nov.*, 765.

Russie. Foire de Nijni-Novogorod en 1894. *USR. Oct.*, 189.
— Marché des laines, *id.*, 199.

Statistique (La) et ses méthodes (Cheysson). *Rso.* 1er *Nov.*, 629.

Taxes successorales en Angleterre. SL. Oct., 389.

Travail (Statistiques du). *E.* 9 *Nov.*, 578.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CONSTRUCTIONS ET TRAVAUX PUBLICS

Fondations à l'air comprimé. (Écluses à déblais pour). *Ac. Nov.*, 74.

Massifs en maçonnerie. Conditions de stabilité. *Gc.* 9 *Nov.*, 28.

Pavage en bois dur. *Ln.* 26 *Oct.*, 346.

Ponts. (Superstructure des) de chemins de fer. *E'.* 18, 25 *Oct.*, 394, 416. (Conradi).

— En vieux rails. *Gc.* 2 *Nov.*, 7.

— Sur la Tamise. *E. Oct.* 505. 9 *Nov.*, 562.

— — Le Danube à Curavoda. 291. 1 *Nov.*, 517.

— *de chemins de fer* (*Revue de la construction des*). *VDI.* 19 *Oct.*, 1247.

— — (Construction des). (Zuffer). *ZOI.* 18 *Oct.*, 493.

— Tension dans les poutres en treillis (Thullié). *ZOI*, 25 *Oct.*, 508.

— Calcul des piles métalliques à quatre arbalétriers (Langlois). *IC. Sept.*, 243.

— *Barême* pour faciliter le calcul des ponts métalliques à une ou plusieurs travées (Dupuy et Cuenot). *Ap. Août.*, 117.

Roue. Grande roue Ferris à Londres. *E'.* 25 *Oct.*, 406.

Travaux sous l'eau à grande profondeur. Rt. 10 *Nov.*, 494.

ÉLECTRICITÉ

Accumulateurs (Les) (Earle). *EE.* 12 *Oct.*, 66. A plaques massives. *Co.* 31 *Oct.*, 872.

— Mesure des résistances d'isolement. (Jacob). *El.* 25 *Oct.*, 855.

Aimantation. Propagation dans le fer (Peukert). *EE.* 19 *Oct.*, 132; Ziekler. *Sie. Oct.*,

Câbles armés (Self induction des). *EE.* 2 *Nov.*, 224, 227.

Chauffage et cuisine électriques. Elé. 19 *Oct.*, 248, et au gaz Dowsing. *EE.* 16 *Oct.*, 125.

— Du Vaudeville. *Elé.* 26 *Oct.*, 268.

Champ magnétique d'une bobine rectangulaire. El. 8 *Nov.*, 48.

Commutateur Cowper Coles. *E.* 18 *Oct.*, 497.

Condensateurs (Chargement des). *El.* 25 *Oct.*, 840. et courants alternatifs. *Ie.* 25 *Oct.*, 452.

Constante diélectrique (Mesure de la) *Elé.* 26 *Oct.*, 262.

Corrosions électrolytiques (Protection des tuyaux souterrains contre). *Elé.* 19, 26 *Oct.*, 246, 266.

Courants alternatifs (Causes des différences de phases dans les circuits à). *Elé.* 19 *Oct.*, 251.

Diélectriques (Pertes par les). *El.* 1 *Nov.*, 7.

Disjoncteur automatique Crenteur. *Elé.* 2 *Nov.*, 277.

Dynamos Parker. *E.* 15 *Nov.*, 623.

— de la Société l'Industrie électrique de Genève, de Mordey et de Rowoith. (Boistel). *EE.* 9 *Nov.*, 250.

— Couplage en parallèle des dynamos compound (Pigg). *EE.* 9 *Nov.*, 265.

Alternateurs, détermination de leur force électro-motrice (Broussois). *EE.* 16 *Oct.*, 120.

Moteurs asynchrones à champ tournant. Théorie et calcul (Legrand). *Ru. Août.*, 111.

— A champs tournants. (Fuites magnétiques des). (Blondel). *EE.* 19 *Oct.*, 97, 9 *Nov.*, 193.

— Synchrones et asynchrones à courants alternatifs (Boucherot). *EE.* 2 *Nov.*, 193.

— Diphasés de 4, 5 kilowolts. *Ie.* 10 *Nov.*, 477.

— Polyphasés (Coefficient de dispersion des). (Blondel). *EE.* 9 *Nov.*, 268.

Échauffement des fils par les oscillations électriques (Klemencig). *El.* 17 *Oct.*, 812.

Éclairage. Régulateur Siemens. *E.* 1 *Nov.*, 559.

— Au théâtre. *Elé.* 2 *Nov.*, 273; d'Edimbourg. *E.* 7 *Nov.*, 573. *El.* 9 *Nov.*, 57; de Chicago, prix de revient. *Ri.* 9 *Nov.*, 447. Prix de la lumière et de la force motrice par installations isolées ou centrales. Zickler. *Sie. Oct.*, 388.

Lampes à arc. New. Immler. Brockie. *E.* 18. *Oct.*, 497. Kennedy. *E.* 9 *Nov.*, 589. Ross. Hepworth, pour projections. *El.* 18 *Oct.*, 822. Higham. *E.* 25 *Oct.*, 527. Barrière. *Elé.* 26 *Oct.*, 257. Jandus. *E.* 1 *Nov.*, 549. *El.* 1 *Nov.*, 11. Foster. *E.* 15 *Nov.*, 623.

— L'éclairage à arc (S. P. Thompson). *SA.* 25 *Oct.*, 943. 19 *Nov.*, 961, 980.

— L'arc électrique (Ayrton). *El.* 8 *Nov.*, 36.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

— Force contre-électro-motrice de l'arc. *EE.* 9 *Nov.*, 265.

Électrification et désélectrification de l'air et des autres gaz (Lord Kelvin). *N.* 17 *Oct.*, 608.

Électrochimie. Conservation de l'énergie dans l'électrolyse (Janet). *EE.* 12 *Oct.*, 49.

— Électrolyseur désinfecteur Hermite. *EE.* 12 *Oct.*, 80.

— Diaphragmes électrolyseurs Comboul. *EE.* 12 *Oct.*, 80.

— Électrolyse par courants alternatifs (Cooper). *El.* 25 *Oct.*, 842.

— Préparation du fer pur par électrolyse. *El.* 25 *Oct.*, 843.

— Électro-déposition du zinc sur le fer. *Cs.* 31 *Oct.*, 874.

— Fabrication électrique du titane et du carbure de titane (Moissan). *EE.* 9 *Nov.*, 262.

— Fabrication électrique du zinc, procédé Siemens et Halske. *EE.* 9 *Nov.*, 262.

Hystérésis. Sa mesure dans les tôles de fer. *Elé.* 9 *Nov.*, 294.

— Et la température. Expériences de Laws et Warren.

Mesures. Galvanomètre-Vibratoire. (Recherches sur le) (Rubens). *EE.* 12 *Oct.*, 94. extra sensible (Weiss). *EE.* 19 *Oct.*, 110.

— Détermination des valeurs instantanées des forces électro-motrices périodiques. *Elé.* 19 *Oct.*, 247.

— Compteur Harries et Riemann. *Elé.* 19 *Oct.*, 253. Barley. *E.* 1er *Nov.*, 559.

— Unités magnétiques. *El.* 25 *Oct.*, 854.

— Absolue des résistances. *EE.* 2 *Nov.*, 208.

Ondes électriques. (Vitesses des). *EE.* 2 *Nov.* 231.

Oscillations électriques de faible longueur (Liredef). *Ie.* 25 *Oct.*, 449.

Perméabilité du fer et induction magnétique. EE. 2 *Nov.*, 228.

Photophonographe (Le). *Co*, 2 *Nov.*, 424.

Piles Clark portative. *El.* 25 *Oct.*, 845.

— Boynton. *Elé.* 2 *Nov.*, 276.

— (Études sur la) (Godwin) *Technology-Quarterly. Juillet*, 166.

Rhéostats liquides. *El.* 8 *Nov.*, 52.

Rayons électriques (Double réfraction des). (Lebedew). *El.* 15 *Nov.*, 92.

Soudure électrique des métaux (Zerener). *Gc.* 19 *Oct.*, 400.

Stations centrales de Paris. État actuel (Laffargue). *Ie.* 10 *Nov.*, 482; *EE.* 9 *Nov.*, 272.

— Avec moteurs à gaz. *El.* 25 *Oct.*, 852.

— Du Great Northern. Ry. à Holloway. *E'.* 18 *Oct.*, 383.

— De Nice. *Industria.* 20 *Oct.*, 661.

— D'Édimbourg. *E.* 1er 15 *Nov.*, 531, 619; *El.* 15 *Nov.*, 15.

— De Plymouth. Rapport de Fleming. *El.* 18 *Oct.*,'823.

— De l'Ardières. *Elé.* 19 *Oct.*, 241.

— Société d'éclairage et de force motrice à Paris. *Ri.* 4 *Nov.*, 434.

— *Distribution* Royce et Claremont. *E.* 25 *Oct.*, 527. (Calcul d'une conduite de). *Ie.* 10 *Nov.*, 473.

— Les installations hydro-électriques (Bade). *E.* 1er-15 *Nov.*, 530, 591.

Télégraphie. Emploi dans la guerre du Tchitral. *EE.* 12 *Oct.*, 70; *E.* 25 *Oct.*, 525.

— Multiple Pupin. *EE.* 19 *Oct.*, 116.

— A bandes perforées (Delany). *EE.* 2 *Nov.*, 213.

— Relais télégraphique (Maréchal). *EE.* 9 *Nov.*, 263.

Téléphonie (La). (Bennett). *E.* 25 *Oct.*, 526.

— Municipale (Bennett). *El.* 15 *Nov.*, 79.

— Téléphone Deckert. *El.* 25 *Oct.*. 845. Baradat. *EE.* 2 *Nov.*, 198.

Théorie électro-dynamique (Heaviside). *El.* 18 *Oct.*, 805.

Transformateurs Milles et Woods, Ferranti, Scheweller. *EE.* 9 *Nov.*, 247.

— (Choix des). *EE.* 2 *Nov.*, 215.

— A phases (Braley). *EE.* 8 *Nov.*, 43.

— Influence de la nature de la courbe des forces électro-motrices sur la perte des (Feldmann). *El*, 18 *Oct.*, 809.

— Prédétermination de la chute de potentiel. *Elé.* 9 *Nov.*, 294.

Unités électriques et magnétiques. *EE.* 20 *Nov.*, 201, 260.

Transmission à longue distance. Orégon City. *E'.* 9 *Nov.*, 447.

— Dans les ateliers Siemens. *El.* 15 *Nov.*, 74.

Usines de la Cie Westinghouse à Pittsburg. *Ie.* 10 *Nov.*, 478.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

GÉOGRAPHIE

Abyssinie. Ef. 26 *Oct.*, 2 *Nov.*, 546, 547.
Gambie (Haute). *Tour du Monde.* 2 *Nov.*
Maroc. Itinéraire de Fez à Oudjda (de la Martinière). *Bulletin de Géographie historique*, 1895, n° 1, p. 19.
Niger (Lacs du). *Sgc.* 15 *Oct.*, 848. — Voyage du lieutenant Miron. *Sg.* XVI p. 330 342.
Sicile. Tour du Monde. 2 *Nov.*
Tombouctou. R. Bluzet. *Sg.* XVI 374.
Du Tonkin au Yunnam. (Prince d'Orléans). *Sg.* XVI, p. 389.

GUERRE

Attaque des plaques cémentées par les projectiles munis de coiffes (Baclé), *Gc.* 9 *Nov.*, 25.
Canons nouveaux. Marine et terre. *E'.* 15 *Nov.*, 471.
Fusil Mauser. E. 15 *Nov.*, 623.
Industrie armurière à Liège. *Rso.* 16 *Oct.*, 599. *Du matériel de guerre* aux États-Unis. *E.* 15 *Nov.*, 609.
Obus Borchart. E. 25 *Oct.*, 537.
Russie. Organisation défensive. *Revue du génie militaire* (Libbrocht). *Oct.*, 310.
Trajectoire de 20 *kilomètres. Rt.* 10 *Nov.*, 500.

HYDRAULIQUE

Barrage de Bouzey. Ci. 10 *Nov.*, 607.
Cours d'eau (Régime et conservation des). (Ronna). *Ap.* 24 *Oct.*, 14 *Nov.*, 586, 698.
Débit d'un orifice circulaire en mince paroi. *Ru. Août*, 154.
Distribution d'eau (Progrès des). *VDI. Nov.*, 1305.
— Américaines. *VDI.* 19 *Oct.*, 1250.
— de Scutari et Kadi-Koi. *Gc.* 26 *Oct.*, 411.
— de Bellaigues, *Ln.* 9 *Nov.*, 380.
Eaux de Londres. E. 18, 25 *Oct.*, 485, 514. *E'.* 25 *Oct.*, 411.
Enregistreur de débit pour déversoir Glenfield. *E.* 25 *Oct*, 508.
— *du niveau de l'eau* des réservoirs. *Ri.* 9 *Nov.*, 444.
Installations hydro-électriques. Bade. *E.* 1er 15 *Nov.*, 530, 591.
Irrigations en Égypte depuis la conquête anglaise. *E'. Nov.*, 427.
Niagara (Utilisation du). *Ln.* 26 *Oct.*, 9 *Nov.*, 343, 371. *E'.* 8 *Nov.*, 560.
Moteurs Piers. *E.* 5 *Nov.*, 589.
Pompes à triple expansion des Docks de Glasgow. *E.* 18 *Oct.*, 484.
— A vapeur directes. *VDI.* 2 *Nov.*, 1309; Wardale. *E.* 15 *Nov.*, 623.
— La vélopompe. *Ci.* 10 *Nov.* 603.
Usine hydraulique de Gorak. E. 9 *Nov.*, 509.
Ressaut (Théorie du). (Ritter) *VDI* 9 *Nov.*, 1348.
Réservoirs d'eau. Calcul des parois (Boramé). *Bam. Oct.*, 923.
Turbine axiale Garnier. *Ri.* 2 *Nov.*, 434. — (Les) et leurs applications à l'électricité. *Industria*, 3 *Nov.*, 691.

HYGIÈNE

Assainissement des villes dans les colonies, *Ri*, 9 *Nov.*, 448.
Eaux de Londres (Crookes et Dewar). *CN.* 25 *Oct.*, 205.
— Filtration Howatson. *Ri.* 9 *Nov.*, 441; Davidson. *E.* 15 *Nov.*, 624.
— (*Purification des*). *E.* 15 *Nov.*, 610.
Égouts de Richmond. *E'.* 1 *Nov.*, 426.
— D'Amsterdam (de Koning). *IC. Sept.*, 302. Élevateur Adams. *E.* 9 *Nov.*, 572;
Ordures ménagères. Combustion dans le four Horsfall. *Gc.* 26 *Oct.*, 415.
Surpeuplement (*Le*) *et l'hygiène. Ln.* 26 *Oct.*, 348.

MARINE, NAVIGATION

Bouées et balises. Dp. 18 *Oct.*, 49.
Canal de Corinthe. E. 1er, 15 *Nov.*, 529, 593.
Canal de Kiel. Ln. 2 *Nov.*, 359.
Constructions navales sur les lacs Américains. *E'.* 25 *Oct.*, 401.
— (Matières ininflammables pour) *Rme. Nov.*, 359.
— Machine à calfater les ponts (Ramage). *E.* 15 *Nov.*, 614.
Doublage en cuivre des navires en fer. Co. 19 *Oct.*, 361. *Ri.*, 26 *Oct.* 425.
Gouvernails et servo-moteurs (Girard). *Bam.*; Machine de Maclachlan. *E'.* 1er *Nov.*, 424, 433.
Machines marines. Installation dans les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

navires à hélices. *E'.* 18 *Oct.*, 8 *Nov.*, 379, 448.
— à triple expansion de la *Silvania* et de la *Carintia*. *E'.* 1er *Nov.*, 540.
— du navire *Queen of the North*, oscillantes à roues. *E'.* 1 *Nov.*, 426.
— du cuirassé *Sultan*. *Gc.* 4 *Nov.*, 5.

Marine de guerre. Manœuvres navales françaises. *E.* 18 *Oct.*, 487.
— Le nouveau *Centurion*. *E'.* 1er *Nov.*, 437.
— Essais des membrures, résistance aux projectiles. *E'.* 18 *Oct.*, 393.
— Cheminées des navires de guerre. *E'. Nov.*, 435.
— *Cuirassé anglais Victorious*. *E.* 25 *Oct.*, 517. *E'.* 25 *Oct.*, 14; *Majestic*. *E.* 25 *Oct.*, 15. *Rmc. Nov.*, 363; *Magnificent*, *id.* 364; *Venus* et *Minerva*, *Vindictive*. *Rmc. Nov.* 365.
— *Croiseur* argentin *Buenos Ayres*. *E.* 9 *Nov.*, 567; Américain *Minneapolis*. *E.* 15 *Nov.*, 600.
— *Contre-torpilleurs* anglais (Les nouveaux). *Gc.* 26 *Oct.*, 408. *E. Nov.*, 579. Russe *Sokol*. *E. Nov*, 539. *Rmc. Nov.*, 368.
— Attaches des plaques de blindage harveyées. *E'.* 8 *Nov.*, 464.

Navigation fluviale. La rivière Panelt. *E'.* 1er *Nov.*, 438.
— Bateau à vapeur pour inspecter les canaux. *E'.* 8 *Nov.*, 451.
— Touage électrique. *El.* 15 *Nov.*, 88.

Paquebot *Saint-Louis* de l'American Line. *Gc.* 19 *Sept.*, 397.
— Cunard, *Sylvania* et *Carinthia*. *E.* 1er *Nov.*, 539.

Yatchs (Courses de). *E.* 18 *Oct.*, 488.
Pêches maritimes (Diverses). *Rmc. Nov.*, 385.

Ports de Harwich. *E.* 15 *Nov.*, 620.
— Docks de Glasgow. *E.* 18 *Oct.*, 474.
— de Barcelone. *E.* 18 *Oct.*, 481.
— d'Ipsivich et Harwich. *E'.* 25 *Oct.*, 401.
— Cale de radoub de Walsend sur Tyne. *Gc.* 19 *Oct.*, 399.
— Orientation des ports à marée (de Coëne), *Bulletin de la Société industrielle de Rouen. Juillet*, 358.

Propulseurs employés dans la marine (Girard). *Bam.* 12 *Oct.*, 861.
Signaux de sûreté à la mer. *Dp.* 18, 25 *Oct.*, 49, 73. 1er, 8 *Nov.*, 97, 121.
— Feux de route. *Rmc. Nov.*, 861.

MÉCANIQUE

Courroies et Câbles (Transmissions par). *E. Nov.*, 535.
Ateliers de Soho. Foundry. *E'* 1er *Nov.*, 426.
Carborundum (Le) aux Niagara Falls. *El*, 15 *Nov.*, 87.

Chaudières courtes (résistance des) Spence. *E* IV *Oct.*, 489, 493.
— (Rendement des). *ER.* 9, 15 *Nov.*, 551, 582, 613.
— *Tubulées* (Les) (Normand) *E.*, 18 *Oct.*; Dans la marine, *E.*, 25 *Oct.* 517, 9 *Nov.*, 592. Dans la marine française (Robinson). *E.* 1er, 9, 15 *Nov.*, 554, 587, 617; Normand et Ilgaudy. *E.* 1er *Nov.*, 541. (Belleville). (Vaporisation des) *E.* 9 *Nov.*, 571. *E'* 9 *Nov.* 454: *Express* Blechynden. *E'* 25 *Oct.*, 406.
— *Marines*. Gilbert. *E.* 25 *Oct.*, 528.
— *Tubes de niveau d'eau* (Les). (G. Lavergne) *Gc.* 2 *Nov.*, 11. Preston. *E.* 9 *Nov.*, 590; Schwietzke, *E.* 15 *Nov.*, 624.
— *Essais de* vingt-deux *installations* (Donkin). *EE.* 12 *Oct.*, 70. *E.* 1er *Nov.*, 551.
— *Registres divers*. *Dp.* 8 *Nov.*, 131; *cheminées*, *id.* 135.
— *Purgeur automatique* Grouvelle. *Gc.* 26 *Oct.*, 416.
— *Alimentation*. Épurateurs Howatsson. *Ri.* 19 *Oct.*, 413. *Injecteurs* Hopkinson. *Ri.* 19 *Oct.*, 415; *réchauffeurs* Green. *E.* 25 *Oct.*, 528; Wright. *E'.* 15 *Nov.*, 487; *circulateur* Morison. *E.* 15 *Nov.*, 603.
— *Séparateurs d'huile* Baker. *E.* 1er *Nov.*, 559; Wright *E'*, 15 *Nov.*, 487.
— *Foyers* à pétrole (Vinsonneau). *Bam. Oct.*, 915. Essais sur la flotte allemande. *Rmc. Nov.*, 370; à *tirage forcé* (Ronay). *Ci.* 3 *Nov.*, 599; à *poussier* Unger. *Cs.* 31 *Oct.*, 857; Schwartzkoff. *Rt.* 10 *Nov.*, 495; à *tôle ondulée*. Lewiss. *E.* 15 *Nov.*, 614.

Comparateur enregistreur automatique Hartmann. *Rgds.* 30 *Oct.*, 945.
Compresseurs d'air nouveaux. *Dp.* 25 *Oct.*,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1er *Nov.*, 79, 104. Seymour. *E.* 15 *Nov.*, 623.
Dragues du canal de la Baltique. *E'.* 25 *Oct.*, 15.
Essoreuse automobile Taverdon. *Ci.* 27 *Oct.*, 582.
Frettes (Procédé pour resserrer les) (Raffard). *Bam. Oct.*. 956.
Froid (Conservation des viandes par le). *Industria.* 20 *Oct.*, 658.
— Abattoirs de Saint-Louis. *Rt.* 27 *Oct.*, 437.
— Les machines frigorifiques à acide carbonique (Hesketh). *E.* 1er *Nov.*, 555.
Horlogerie. Horloge électro-magnétique Prokhoroff. *Elé. Nov.*, 209.
Laboratoire de mécanique à l'Université de Liège. Dwelshanvers. *Ru. Août*, 153.
Levage. Grues hydrauliques du port de Glasgow. *E.* 18 *Oct.*, 473.
— Grues roulantes électriques pour les chantiers de navires. *El.* 18 *Oct.*, 807. *E'* 25 *Oct.*, 402.
— Grue électrique Sandycroft. *El.* 25 *Oct.*, 845.
— Grue locomotive à vapeur Brown. *Ri.* 9 *Nov.* 443.,
— Monte-charges électriques d'Oerlikon. *Rt.* 35 *Oct.*, 467.
— Appareils employés pour la construction du viaduc de Park Avenue, New-York. *Gc.* 19 *Oct.*, 396.
— Transbordeur de charbons Boyesen *E.* 18 *Oct.*, 498; Temperley. *E.* 15 *Nov.*, 601.
— Poulie Randall. *E.* 25 *Oct.*, 527.
— Ascenseurs Otis pour le Manhattam Building. *E'. Nov.*, 478.
Machines-outils à forger hydrauliques. *SuE.* 1er *Nov.*, 994.
— Étau limeur Shanks. *E.* 18 *Oct.*, 493.
— Pour vélocipèdes. *Dp.* 1er 8 *Nov.*, 100, 126.
— A commande électrique d'Oerlikon. *Ri.* 25 *Oct.*, 465.
— Fraiseuse universelle Huré. *Pm. Nov.*, 162; perceuse de la London Lathe Tool Co. *E.* 15 *Nov.*, 615.
— *Tour* (Histoire du) *E'.* 14 *Oct.*, 391.
A plateau de Soho. *E'.* 18 *Oct.*, 393.
— Clef Jacquemet et Duguet. *E.* 15 *Nov.*, 623.
— Perceuse radiale Asquith. *E.* 25 *Oct.*, 509.
— Scies à métaux. *VDI.* 9 *Nov.*, 1341.
— Raineuses pour arbres Lake. *E.* 9 *Nov.*, 590.
— *Laminoir* à clous Williams. *E.* 25 *Oct.*, 527. à coussinets roulants Mossberg. *Rc.* 4 *Nov.*, 433.
— Tourne-goujons Fox. *E.* 1er *Nov.*, 559.
— Tréfileuse Allard-Latour. *Ln.* 2 *Nov.*, 365, *Rt.* 10 *Nov.*, 500.
A bois. Scierie de Price Walker. *E.* 18 *Oct.*, 481.
— A fabriquer les bras des poteaux télégraphiques Pickles. *E.* 1er *Nov.*, 441.
— A saboter les traverses Robinson *E.* 9 *Nov.*, 565.
Mécanismes (Défauts de construction des). *E.* 25 *Oct.*, 513.
Moteurs à vapeur. *Compound* tandem Corliss. (Taylor et Chalten). *E.* 18 *Oct.*, 496. Simple effet tandem pilon rapide Peache. *E.* 25 *Oct.*, 520. A réservoir intermédiaire surchauffé. *VDI.* 25 *Oct.*, 1292.
— Ancienne machine de Newcomen à Bristol. *E.* 25 *Oct.*, 505.
— Rotative Vilmes. *E.* 15 *Nov.*, 624.
— *Turbine* Laval. *Ln.* 20 *Oct.*, 9 *Nov.*, 339, 371.
Distribution à tiroirs équilibrés Hopkinson. *E.* 9 *Nov.*, 590; Cambridge. *E.* 15 *Nov.*, 624; à grilles Makintosh et Seymour. *E.* 15 *Nov.*, 599; Rotatifs Sulzer. *Rt.* 25 *Oct.*, 471, Hargreaves. *E.* 9 *Nov.*, 590.
— Exactitude des mécanismes de. *E.* 9 *Nov.*, 595.
Régulateurs (Théorie des) (O. Schneider). *VDI.* 19, 25 *Oct.*, 1256, 1288.
— Direct Robinson. *E.* 1er *Nov.*, 560.
à gaz. Les *El.* 1er *Nov.*, 5, et les moteurs électriques à Brighton. *C*, 8 *Nov.*, 46. — pour stations électriques. *El.* 25 *Oct.*, 852.
— Dans les mines. *Eam.* 2 *Nov.*, 414; pour les chemins de fer secondaires. *El.* 15 *Nov.*, 82.
— Dayton. *Eam.* 25 *Oct.*, 398.
— Otto, Théorie graphique (Ancona). *Société d'encouragement de Berlin, Oct.*, 333.
A benzine Lutzky. *Rc.* 20 *Oct.*, 421.
A pétrole Pollok et White. *E.* 18 *Oct.*, 497.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Poulies. Graissage des Cranstone. *E.* 25 *Oct.* 527.

Résistance des matériaux. Congrès d'unification des méthodes d'essai. Zurich. *ZOI.* 11 *Oct.*, 488.

Robinetterie. Robinet valve Kendall. *Ri.* 19 *Oct.*, 416; Woolhouse. *E.* 25 *Oct.*, 528.

Textiles. Les fibres commerciales. (Morris). *SA.* 18 *Oct.*, 929.

— La soie indigène en Afrique. *Ln.* 26 *Oct.*, 342.

— Curseurs pour métiers à filer. *Dp.* 25. 83. Navette Riley. *E.* 15 *Nov.*, 624.

— Jacquard Fielding. *E.* 1er *Nov.*, 560.

— *Ramie.* Machines à filer. *USR. Oct.*, 172.

— Lavage des laines (Politz). *Cs.* 31 *Oct.*, 863.

Vis. Pas de la British Association pour les petites vis. *E.* 18 *Oct.*, 496.

MÉTALLURGIE

Alliages (les), *E.* 9 *Nov.*, 580.

Fer et acier. Réduction des oxydes de fer par l'oxyde de carbone. *CN.* 1er *Nov.*, 211.

— Le spectre de la flamme du Bessemer et la trempe de l'acier. *E.* 9 *Nov.*, 585.

— Aciérie de la Glasgow Iron and Stecl Co Wishaw. *SuE.* 1er *Nov.*, 1002.

— Acier au nickel. *Rt.* 10 *Nov.*, 491.

— Dureté des aciers (Ledebur). *SuE.* 15 *Oct.*, 943.

— *Plaques de blindage.* (Carburation des) (Stubbs). *E.* 18 *Oct.*, 498. Harvey. Fabrication aux États-Unis (Baclé). *Gc.* 2 *Nov.*, 7.

— Travail du fer et de l'acier, état actuel (Demenge). *Rgds.* 30 *Oct.*, 870, 917.

— Transbordeur électrique pour fours Martin. *SuE.* 15 *Oct.*, 940.

— Fontes, désulfuration Saniter. *Ru. Août*, 187.

— Fonderie moderne (la). *E.* 9 *Nov.*, 561.

— Avenir de la fabrication de l'acier dans l'Inde. *E'* 1er *Nov.*, 427.

Cuivre. Raffinage électrique dans l'Amérique du Nord. *El.* 25 *Oct.*, 856.

Galvanisation des fils métalliques. (Berkenhoff). *E.* 25 *Oct.*, 527.

Métallurgie (progrès de la) (Schabel) *VDI*, 2 *Nov.*, 1321 (zinc, or, argent, cuivre, plomb).

Or. Exploitations par le Cyanure (Butters et Smart). *Eam.* 2 *Nov.*, 417.

— Trummel de chloruration de 10 tonnes. *Eam.* 19 *Oct.*, 370.

— Progrès dans le traitement des minerais (Merle). *Ms. Nov.* 790.

— Procédés divers. *Eam.* 19-26 *Oct.*, 371, 397.

— Concentration des minerais. *N.* 7 *Nov.*, 16.

— Chloruration (Crookes). *Cs.* 30 *Oct.*, 87.

Russie. Production des usines métallurgiques en 1893-1894. *Ru. Août*, 194.

Plomb. Collecteur de fumées de Brown et Camp. *Eam.* 19 *Oct.*, 373.

Zinc. Traitement des minerais (Hart). *ScP.* 5 *Nov.*, 1185.

— pur. préparation Mylius. *ScP.* 5 *Nov.*, 1170.

— Production électrolytique Siemens. *Cs.* 31 *Oct.*, 875.

MINES

Aérage. Installation d'un ventilateur Guibal à Sacré-Madame. *Ru. Sept.*, 211.

Borax. Dépôts de la Californie. *Si.* 16 *Nov.*, 389.

Épuisement. Pompe de mines Brown. *E.* 18 *Oct.*, 498.

— Pompe souterraine au puits du Viaduc à Gagnières. *Pm. Nov.*, 166.

Extraction. Taquets de réception des cages (Godeaux). *Ru. Sept.*, 243.

Fer. Mines du lac Supérieur. *Eam.*, 26 *Oct.*, 394.

Grisou. Loi de périodicité. *Co.* 9-16 *Nov.*, 467, 501.

Houillères. L'industrie des (anglaises). *E'.* 18 *Oct.*, 389.

— Les remblais et les feux aux houillères de Dombrowa. *Gc.* 19-26 *Oct.*, 394, 405.

— Lavoir à charbons Francou. *Ru. Août*, 166.

— Fabrication des briquettes (Colquhoun). *Eam.* 12 *Oct.*, 347.

— Lavoir de charbons de Powel Duffryn. *Ri.* 4 *Nov.*, 435.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nouvelle-Calédonie. Richesses minérales. *Sgc.* 15 *Oct.*, 875.

Poussières. Explosions aux États-Unis dans une mine de grahamite. *Ru. Août*, 180.

Roulage. Poulies de plans inclinés automoteurs (Vanhassel). *Ru. Sept.*, 232.

Russie. Industrie minérale en 1874, bassin du Donetz. *Ru. Août*, 196. *Sept.*, 293.

PHOTOGRAPHIE

Photographie sur cuir. Ln. 2 *Nov.*, 363.

— Progrès récents de la (Eder et Valenta). *Gc.* 19 *Oct.*, 401.

Action des couleurs sur la sensibilisation des plaques au gélatino-bromure (Bothamley). *CN.* 18 *Oct.*, 187.

Influence de la gélatine sur la décomposition des sels (Gaedicke), *Sfp.* 1er *Oct.*, 459.

La feuille comme plaque photographique (Errera). *Sfp.* 1er *Oct.*, 460.

Fabrication des plaques Lumière. *Ln.* 16 *Nov.*, 391.

Virages aux ferrocyanures. *Sfp.* 1er *Oct.*, 466.

Amélioration des clichés défectueux. *Sfp.* 1er *Oct.*, 477.

Chambre Joute. *Si.* 26 *Oct.*, 347.

Cyclographe topographique Damoizeau. *Ci.* 20 *Oct.*, 577.

Photographie des couleurs. Idées nouvelles sur la (Brunker), *Sfp.* 15 *Oct.*, 496.

— Nouveau procédé. *Ln.* 16 *Nov.*, 394.

Le Gérant : Gustave Richard.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

94e ANNÉE. Quatrième Série, Tome X. DÉCEMBRE 1895

BULLETIN

DE

LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

ARTS ÉCONOMIQUES

RAPPORT présenté par M. MASCART au nom du *Comité des Arts Économiques* sur le *Thermomètre et l'hygromètre* de M. CORET.

M. Auguste Coret a présenté à la Société la description d'une série d'appareils destinés à indiquer par le mouvement d'une aiguille sur un cadran les variations de température ou l'état hygrométrique de l'air.

Le principe commun à ces appareils consiste à résoudre pour ainsi dire le problème inverse des pendules compensateurs.

Pour la température, des tubes concentriques, formés alternativement de deux espèces de métaux, sont disposés de manière que la différence des dilatations des groupes consécutifs de deux métaux s'ajoute successivement; la tige centrale se déplace en raison de cette somme d'effets, et ses mouvements sont transmis par un rouage à l'aiguille indicatrice.

Pour l'état hygrométrique, l'un des systèmes de tube, H et L (fig. 1) est en corne ou en toute autre matière extensible par absorption de l'humidité atmosphérique, et dont la dilatation thermique est compensée par celle des tubes métalliques alternés A et G. Dans ces conditions, l'indication de l'instrument est uniquement réglée par l'extension hygrométrique, et ne dépend pas de la température.

Il est regrettable que l'absence de modèles réalisés ne permette pas d'apprécier par expérience la valeur de ces instruments. L'idée est ingénieuse, sans présenter toutefois un grand caractère de nouveauté, et nous a paru mériter d'être signalée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le Comité des Arts économiques nous propose de remercier M. Coret

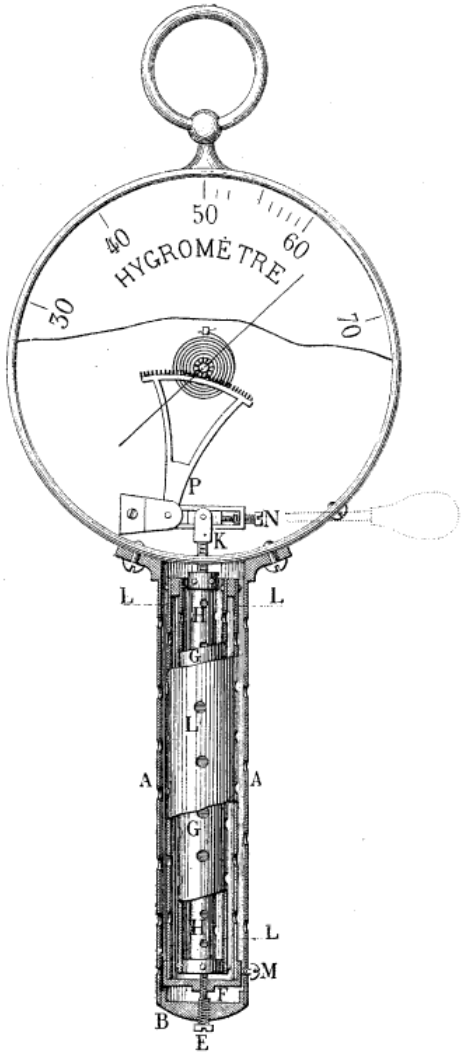


Fig. 1. — Projet d'hygromètre Coret.

A, tube en laiton perforé, fixé au bouchon B, qui porte, par la vis de réglage E, à plateau F, un tube de corne L, portant lui-même, à sa partie supérieure, un deuxième système de tubes, l'un en laiton G, l'autre en corne, H, commandant l'aiguille de l'hygromètre par le mécanisme KP, à réglage N. M, vis empêchant F de tourner.

de sa communication, et d'ordonner l'insertion de la présente note au *Bulletin*.

Lu et approuvé en séance, le 13 *décembre* 1895.

Signé : MASCART, *rapporteur*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MÉTALLURGIE

RAPPORT fait au nom du *Comité des Arts Chimiques*, par M. S. JORDAN, sur le livre intitulé « MANUEL THÉORIQUE ET PRATIQUE DE LA MÉTALLURGIE DU FER », *par* M. A. LEDEBUR, *traduction par* MM. DE LANGLADE ET VALTON (1).

M. A. Ledebur, conseiller des Mines et professeur de l'Académie royale des Mines de Freiberg, en Saxe, n'est pas un inconnu pour la Société d'Encouragement. Nos bulletins ont reproduit plusieurs fois des mémoires de lui, traduits par M. Osmond notamment. Il est l'auteur de plusieurs ouvrages de plus longue haleine, parus en Allemagne, et très estimés des métallurgistes que n'arrête pas leur publication en langue étrangère ; par exemple :

L'élaboration des métaux par les moyens mécaniques, manuel de technologie mécanico-métallurgique. Brunswick, 1877.

Les fourneaux pour les procédés métallurgiques. Freiberg, 1878.

La fonte de fer. 3e édition, Leipzig, 1891.

Les chauffages au gaz pour la métallurgie. Leipzig, 1891.

Manuel de la fonderie en fer ou en acier. 2e édition, Weimar, 1892.

Son livre le plus important est le *Manuel de la métallurgie du fer*, dont une première édition parut en 1884, et dont la seconde édition, revue et augmentée, vient de paraître en 1894. Cet ouvrage, non seulement est le plus récemment publié qui donne un tableau complet de la sidérurgie moderne, mais encore il est, à l'avis de votre rapporteur, avis partagé du reste par des confrères en métallurgie des plus autorisés, le manuel théorique et pratique le plus instructif, le plus didactique qui ait encore été écrit sur cette branche importante de l'industrie.

Deux ingénieurs français, anciens élèves de l'École des Mines de Paris, MM. de Langlade et Valton, ont eu l'heureuse idée de placer l'ouvrage du professeur Ledebur à la disposition des lecteurs de langue française en se partageant en quelque sorte la tâche. M. de Langlade s'est réservé la traduction, et M. Valton s'est chargé de rédiger des annotations, auxquelles sa longue expérience comme chef de service des hauts fournaux et aciéries de Terrenoire, sans parler d'autres titres, donne une autorité et un intérêt particuliers.

(1) 2 vol. in-8. Paris, Baudry, 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le livre débute par une *Introduction à la métallurgie au fer*, dans laquelle, après des généralités historiques et statistiques, on trouve des chapitres consacrés aux phénomènes de la production et de la transmission de la chaleur, aux divers combustibles solides et gazeux, à la construction des fourneaux, comprenant l'étude des matériaux réfractaires, aux laitiers et scories, aux minerais de fer et à leurs préparations préalables au traitement métallurgique, et qui se termine par l'exposé des propriétés du fer et de ses états d'associations avec divers métalloïdes et métaux. Dans l'étude des phénomènes, comme dans celle des divers combustibles, M. Ledebur n'a pas négligé le côté thermochimique des réactions, combustions ou réductions. Il donne aussi une description critique des divers systèmes de gazogènes, complétée par M. Valton pour ce qui concerne les gazogènes au bois séché employés dans l'Oural. On peut seulement regretter que l'auteur n'ait point compris dans son cadre les combustibles liquides (naphtes et pétroles) qui alimentent d'importantes usines dans la région de la Russie avoisinant le Caucase et la mer Caspienne, et qui jouent aussi un rôle important dans la sidérurgie américaine, malgré l'emploi étendu, dans la même région, des gaz naturels que fournissent en abondance de nombreux puits et sondages. Le chapitre relatif aux fourneaux comprend, entre autres, une étude raisonnée des fours à gaz Siemens et analogues qui, complétée dans une autre partie du livre par celle plus détaillée des fours Martin-Siemens, forme un ensemble des plus utiles pour le praticien, qui se félicitera aussi de trouver à la suite l'exposé des connaissances actuelles sur les divers matériaux réfractaires, acides, basiques et autres. M. Ledebur, en effet, prouve, dans cette introduction, comme dans les autres parties de son livre, qu'il est au courant, non seulement des travaux des divers savants allemands et étrangers, mais encore des faits pratiques de la sidérurgie moderne.

Il est à peine besoin de dire que, dans cette partie, on retrouve l'exposé des idées de l'auteur sur les divers états du carbone dans son association avec le fer et sur leurs transformations (déjà connues de la Société d'Encouragement par une traduction de M. Osmond) avec quelques éléments de micrographie.

La partie qui suit l'introduction est intitulée *la fonte et sa fabrication*. Elle débute par l'exposé des diverses propriétés des fontes grises et blanches, du ferrosilicium et du ferromanganèse, pour se continuer par l'étude de la construction des hauts fourneaux et de leurs accessoires (appareils de chargement et de prise de gaz, soufflerie, appareils à air chaud, conduites et dis-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tribution de vent, monte-charges, etc.). On trouve, soit dans le texte original de M. Ledebur, soit dans les notes accompagnées aussi de gravures de M. Valton, des détails fort complets sur les derniers perfectionnements introduits dans les usines à fonte. Tout au plus, peut-on regretter que l'auteur n'ait pas consacré plus d'espace aux machines soufflantes et aux appareils élévateurs des charges qui sont, il est vrai, plus du domaine du mécanicien que de celui du métallurgiste. Dans l'important chapitre qui suit, *la fusion au haut fourneau*, M. Ledebur étudie théoriquement et pratiquement la marche de cet appareil dans ses diverses allures, sa conduite en vue d'obtenir une fonte déterminée d'avance, les modifications tenant à l'emploi des divers combustibles, etc. et, dans un chapitre suivant, *les produits accessoires des hauts fourneaux* (gaz, laitiers, poussières de gaz, etc.) et leurs *emplois*, en faisant preuve d'une connaissance du sujet que de nombreux voyages et séjours dans les usines peuvent seuls donner à un professeur. Le dernier chapitre de cette partie est consacré surtout à la *deuxième fusion de la fonte*, c'est-à-dire à la fonderie au creuset, au four à reverbère, au cubilot, en laissant de côté la moulerie, traitée en détail dans un autre ouvrage du même auteur : il se termine par l'exposé et la discussion des divers procédés plus ou moins récents inventés pour l'épuration des fontes, principalement la déphosphoration et la désulfuration, comme les procédés Bell et Krupp pour la première, le cubilot Rollet et le mélangeur pour la seconde. M. Ledebur ne parle point du procédé Saniter basé sur l'emploi du chlorure de calcium, d'invention postérieure, et que les lecteurs de notre Bulletin connaissent par la *Revue des progrès de la métallurgie du fer* de M. E. de Billy, parue dans le fascicule de septembre dernier.

La troisième et dernière partie, qui traite *du fer malléable et de sa fabrication*, est la plus étendue, comme le justifient largement la variété et l'importance des sujets qui y sont traités. Elle commence par un important chapitre consacré à la *classification, aux propriétés et aux essais des fers et des aciers*, et dans lequel on trouve, exposées méthodiquement, toutes les connaissances actuelles relativement à l'influence des métalloïdes et métaux étrangers, du travail mécanique, de la température, de la trempe, du recuit etc. sur les propriétés mécaniques des fers et aciers. Après cet exposé général, vient un chapitre consacré aux appareils mécaniques des forges et aciéries (marteaux, presses, laminoirs, appareils de cinglage) dans lequel, si les détails de construction relatifs aux marteaux-pilons et aux presses hydrauliques à forger sont un peu sommaires, la question des laminoirs et du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

laminage est traitée plus complètement et fort méthodiquement, et comprend un exposé simple et clair de la théorie du laminage, avec des détails et des exemples relatifs au tracé des cannelures.

Pour exposer la fabrication des fers et des aciers, M. Ledebur a rédigé deux chapitres : le premier consacré aux procédés par soudage, le second aux procédés par fusion. Après quelques pages relatives aux anciens procédés de fabrication du fer directement avec le minerai et aux essais plus récents de quelques métallurgistes américains, il décrit et explique l'affinage de la fonte au bas foyer, avant d'en arriver à un exposé complet descriptif, théorique et pratique du puddlage dans les fours fixes et dans les fours rotatifs : les nouveaux systèmes de fours à puddler au gaz de Springer et de Pietzka, le four rotatif Bouvard du Creuzot sont décrits et figurés : la théorie du puddlage est exposée et illustrée au moyen de graphiques montrant la marche de l'affinage dans le four à puddler pour fer à nerf, fer à grain et acier, d'après le mode que votre Rapporteur a vu employer pour la première fois en 1879 à Londres, par M. E.-W. Richards, dans la séance historique de l'Iron and Steel Institute, où MM. Thomas et Gilchrist exposèrent leur procédé pneumatique basique, graphiques dans lesquels les abscisses représentent les durées et les ordonnées les percentages des divers éléments autres que le fer (carbone, silicium, manganèse, soufre, phosphore).

Le chapitre qui suit consacre 185 pages à la *fabrication des fers et aciers par fusion*, alors que le précédent, relatif aux procédés par soudage, n'en comprend que 75 : la comparaison de ces deux chiffres donne bien une idée de l'importance relative actuelle de l'industrie des fers puddlés, qui se rétrécit de plus en plus, et de celle des aciers fondus, qui prend de jour en jour une extension plus grande, à mesure que se développe la connaissance des modes de travail et d'emplois appropriés à ces métaux relativement nouveaux. Ce chapitre est peut-être le plus intéressant, parce qu'il traite méthodiquement et complètement un sujet qui ne l'a été encore dans aucun des traités de métallurgie publiés dans notre pays ou à l'étranger. Il débute par l'étude des propriétés des aciers fondus, en examinant les questions de la liquation, de la ségrégation, des soufflures et cavités des lingots, des divers modes de coulée (directe en source, sous pression, etc.), des lingotières et des moules pour l'acier, et en traitant sommairement des appareils employés pour la coulée (grues et poches). Puis, après quelques pages consacrées aux essais de fabrication d'aciers fondus directement avec les minerais ou par fusion au cubilot, M. Ledebur s'occupe de la falsification de l'acier au creuset, indus-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

trie dont l'importance se maintient encore pour l'obtention de produits fins, en y comprenant la production des moulages *Mitis*, de l'acier à outils Uchatins. Il en arrive ensuite à la grande question de l'*affinage par le vent* dans des convertisseurs acides (Bessemer) ou basiques (Thomas et Gilchrist) qui est magistralement traitée, avec accompagnement de nombreux détails sur les appareils (convertisseurs, etc.) et de plusieurs graphiques d'opération correspondant à diverses allures de l'affinage pneumatique. Après celui-ci, vient le *procédé Martin*, pour la fabrication de l'acier fondu sur sole : après un cours historique, l'auteur décrit un certain nombre de fours Martin acides et basiques de construction moderne, parmi lesquels plusieurs, entre autres le four oscillant Campbell, sont présentés par M. Valton, en même temps que le mode d'établissement des soles neutres en fer chromé, inventé par lui et M. Remaury : l'établissement des fours Martin a singulièrement progressé en effet depuis le premier construit à Sireuil, en 1865, par M. P.-E. Martin : on en trouve des variétés presque aussi nombreuses que celles des hauts fourneaux, basées soit sur des nécessités d'allure, soit sur des questions de résistance au feu des matériaux, soit sur des perfectionnements du chauffage au gaz : fours acides et basiques, neutres, à deux ou à quatre régénérateurs, fours Pernot, Batho, Schoenauelder, etc. Le mode de travail affecte aussi de nombreuses variantes : travail au riblon, travail au minerai, travail mixte, avec ou sans déphosphoration, sans parler même des essais faits avec des briquettes fonte et minerai ou minerai et réductif; MM. Ledebur et Valton l'exposent, grâce à leurs expériences personnelles, en toute connaissance du sujet.

Le livre se termine par trois chapitres d'une importance métallurgique moindre. La fabrication des fontes malléables avec *affinage par aimantation oxydante* et celle du fer cémenté *par cémentation carburante* sont exposées avec autant de détail que le comportent ces industries relativement restreintes. Le dernier chapitre est relatif à l'*élaboration complémentaire des fers et aciers* bruts, dont la production soit par soudage, soit par fusion, a fait l'objet des chapitres précédents : les fours à chauffer, à souder, à réchauffer sont d'abord décrits, puis viennent un certain nombre d'exemples comme la fabrication de l'acier corroyé, des fers et aciers en barres gros et petits, de la verge de tréfilerie, de la machine, des rails, des tôles, des plaques de blindage, et, en dernier lieu, quelques pages consacrées aux appareils de parachèvement, au finissage, comme les cisailles et les scies circulaires à chaud et à froid. Certains praticiens reprocheront peut-être à l'auteur de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

n'avoir pas consacré à ce dernier chapitre plus d'espace et plus de gravures ; mais il peut leur répondre qu'il a exposé en somme complètement les points importants de la plupart des fabrications de la grosse métallurgie, et que des détails plus complets sur des élaborations mécaniques sortaient de son programme, d'autant plus qu'il a publié un ouvrage spécial sur ce sujet.

Le livre de M. le professeur Ledebur est accompagné de plus de 350 gravures, pour la plupart à l'échelle, et chaque chapitre est suivi d'une bibliographie qui indique aux lecteurs les ouvrages qu'ils peuvent consulter pour plus de détails sur tels ou tels points. Ces bibliographies, qui comprennent des livres ou des mémoires parus dans toutes les langues, et qui ont été d'abord mis à profit par l'auteur lui-même, prouvent que M. Ledebur est au courant des travaux de tous ses collègues, professeurs et confrères métallurgistes, et qu'il n'a pas hésité à les utiliser quand il l'a trouvé utile à son but pédagogique. Tous se féliciteront, comme votre Rapporteur, d'avoir un collègue qui a pu entreprendre et mener aussi heureusement à bonne fin un ouvrage si important, qui doit certainement rendre de grands services aux métallurgistes de tous les pays. Comme le disait votre rapporteur en commençant, il estime que le livre du professeur Ledebur est le meilleur traité de la métallurgie du fer qui ait encore été écrit, il vous propose de remercier son traducteur et son annotateur, MM. de Langlade et Valton, de sa présentation à notre Société, et de décider l'insertion du présent rapport au *Bulletin*.

Lu et approuvé en séance le 13 *décembre* 1895.

Signé : S. Jordan, *rapporteur*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS MÉCANIQUES

NOTE SUR L'ORGANISATION D'UN SERVICE DE TRANSPORT DES DÉPÊCHES ENTRE L'HÔTEL DES POSTES ET LES GARES DES GRANDS RÉSEAUX, PAR **M. H. Rouart,** *Membre du Conseil.*

Le but que nous nous sommes proposé est d'étudier le transport des dépêches de l'Hôtel des Postes de Paris aux différentes gares de chemins de fer, par des moyens mécaniques.

Ces gares sont respectivement situées aux distances suivantes de l'Hôtel des Postes.

Gare d'Orléans, 3 200 mètres. Gare de Lyon, 3 500 mètres. Gare Saint-Lazare, 3 000 mètres Gare de l'Est, 2 000 mètres. Gare du Nord, 2 200 mètres.

Nous avons admis, en principe, que l'expédition de 1 000 kilogrammes de dépêches devait être faite en cinq minutes, à la gare la plus éloignée.

L'énoncé seul de notre proposition fait pressentir tout le temps qu'on gagnera dans le service du transbordement des dépêches, et les avantages à en retirer pour le public parisien dans l'expédition de sa correspondance avec la province et l'étranger.

Comme il arrive généralement dans les choses rationnelles, un tel bienfait, qui pourrait se payer fort cher, sera une source d'économie pour le budget de l'administration des postes, car on substituera à l'emploi de moteurs animés celui des moteurs mécaniques.

Après une étude approfondie, nous avons cru devoir nous arrêter à l'emploi, comme véhicule, de l'air comprimé.

Nous nous sommes attachés à donner des moyens très simples, sachant par une longue expérience que les résultats prestigieux, obtenus au moyen de la complication, sont chose absolument décevante.

Nous supposerons donc des lignes tubulaires de $0^m,40$ de diamètre, reliant les différentes gares à l'Hôtel des Postes.

Dans ces tubes, nous ferons circuler des chariots portant les dépêches.

Leur mouvement sera obtenu par la pression d'un propulseur directement actionné par l'air comprimé.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les chariots sont montés sur roues, de manière à substituer le frottement de roulement au frottement de glissement, et à dépenser le moins de force possible.

Ce principe posé, nous allons détailler successivement les différents organes à mettre en œuvre pour obtenir le but proposé.

Les lignes tubulaires seront établies comme suit :

Une ligne de 3 200 mètres ira à la gare d'Orléans.

Une ligne de 300 mètres, de la gare d'Orléans à la gare de Lyon.

Une ligne de 3 000 mètres, à la gare Saint-Lazare.

Une ligne de 2 000 mètres, à la gare de l'Est.

Enfin, une ligne de 300 mètres de la gare de l'Est à la gare du Nord.

Ce qui constituera un ensemble d'environ 9 000 mètres de lignes tubulaires qui seront placées sous le sol.

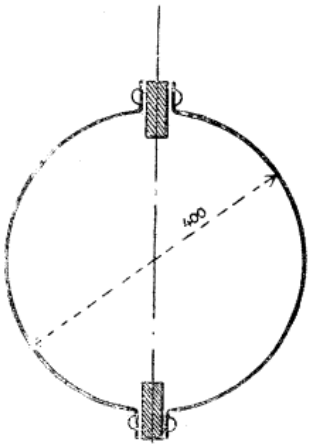


Fig. 1.

Nous avons dit que nous comptions faire circuler dans ces lignes des chariots porteurs de dépêches roulant sur rails.

Ces rails seront placés haut et bas du tube formant la ligne de manière que les roues des chariots puissent avoir le plus grand diamètre possible. Les roues se trouveront, par ce fait, situées dans l'axe même du chariot, et les paquets de dépêches seront placés dans des filets, de chaque côté des roues.

La ligne se composera de tubes le plus longs possible. Ces tubes seront formés par deux tôles de fer cintrées dans toute leur longueur suivant un demi-cercle de $0^m,40$ de diamètre, terminées par deux pinces de 3 centimètres. Leur section transversale est représentée dans le croquis n° 1.

Les tôles s'assembleront par leur pince sur deux barres de fer plat; elles y seront rivées.

On aura ainsi constitué le tube de la ligne et les rails de roulement.

Les tubes seront réunis les uns aux autres par des brides.

Les parties cintrées seront préparées d'avance et se riveront sur des rails cintrées, aussi d'avance, de même rayon.

Pour fixer les idées, nous allons faire porter nos études sur la ligne allant de l'Hôtel des Postes à la gare d'Orléans, qui présentera le plus long parcours d'un seul jet.

La ligne tubulaire est définie. Décrivons maintenant les chariots porteurs de dépêches.

Ces chariots se composeront de deux roues de $0^m,40$ de diamètre, placées

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans un même plan vertical, de manière que leurs axes supposés parallèles soient à 0m,60 l'un de l'autre.

Les axes sont reliés par des tringles articulées, sur lesquelles viennent s'assujettir, de chaque côté des roues, des filets ayant 1 mètre de longueur et une forme qui leur permet d'être contenus tout entiers dans un cylindre de 0m,38 de diamètre. Chacun de ces chariots pourra contenir environ 100 kilogrammes de dépêches.

Un train composé de 10 chariots transportera donc 1 000 kilogrammes de dépêches en circulant librement dans la ligne

Les articulations permettront de passer dans les courbes.

Si nous supposons que le train mette 5 minutes à se rendre à la gare d'Orléans, nous aurons à accomplir 3 200 mètres en 300 secondes, ce qui correspond à une vitesse de 10m,66, en chiffres ronds 11 mètres. Chaque roue, développant 1m,256, fera 8 à 9 tours par seconde, soit 540 tours à la minute ; vitesse très acceptable.

Les roues seront constituées sensiblement comme des roues de vélocipèdes ; elles seront munies de roulements à billes, de manière à réduire les frottements au minimum.

Le poids d'un semblable chariot sera certainement inférieur à 40 kilogrammes. Il pèsera donc, avec sa charge, environ 140 kilogrammes.

Un train de 10 chariots pèsera 1 400 kilogrammes.

Tous les chariots seront munis, à hauteur de l'axe des roues, de tampons élastiques, par l'intermédiaire desquels ils se pousseront l'un l'autre.

Le train marchera par l'action d'un propulseur, composé d'une roue semblable à celle des chariots, portant sur son axe un cadre équilibré, muni à l'avant de tampons, poussant tous les chariots du train.

En arrière du propulseur et s'appuyant sur son cadre central, sera fixé un disque métallique circulaire très léger, dont les bords seront garnis de lamelles de cuir mince, ou autre matière flexible.

Ces lamelles seront disposées comme les lèvres d'un piston en cuir embouti, de manière que la pression qui s'exercera derrière le chariot tende à les appliquer pendant la marche contre les parois du tube formant la ligne. Les lamelles seront également disposées de manière à frotter le long des rails supérieurs et inférieurs.

Quelles que soient la nature du piston propulseur et sa disposition, on devra prendre de grandes précautions pour réduire au minimum le frottement nécessaire.

Ce que nous avons indiqué montre la constitution d'un train et sa manière de circuler.

Comme nous l'avons dit en commençant, et comme nous y sommes préparés

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

par les descriptions qui précèdent, nous mettons en œuvre l'air comprimé.

Voyons donc de quelle puissance nous devons disposer.

Nous aurons à vaincre :

1° Le frottement des chariots chargés sur les rails.

2° Le frottement de l'air dans les tuyaux.

3° Le frottement du cuir du propulseur contre les parois.

4° Le frottement des joues des roues contre les rails supérieurs.

Étudions successivement chacune de ces résistances :

1° FROTTEMENT DES CHARIOTS SUR LES RAILS

Nous avons dit qu'un train se composerait de 10 chariots, pesant chacun, avec leur chargement, 140 kilogrammes. Le poids total est réparti sur 20 roues.

Chacune de ces roues porte donc 70 kilogrammes.

Le travail dû au frottement est

$$P = f \frac{Q}{r}$$

f coefficient de frottement $= 0{,}05$.

Q poids de la roue chargée $=$ 70 kilogrammes.

r rayon de la roue $= 0^{m},40$.

donc $P = 17{,}50$, soit pour les 20 roues 350 kilogrammes.

Nous avons à ajouter le frottement de la roue du propulseur, supposons 360 kilogrammes.

Cherchons quelle est la pression nécessaire pour produire cette poussée.

La surface du tube est de 1 250 centimètres carrés, représentant pour une atmosphère différentielle 1 250 kilogrammes, donc la pression traduite en hauteur d'eau sera

$$10 \times \frac{360}{1\,250} = 2^{m},88$$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2° FROTTEMENT DE L'AIR DANS LES TUYAUX

La perte de charge est donnée par la formule

$$H = K\,L\,\frac{d}{D}\,(a\,v + b\,v^2)\ \text{(Devillez)}$$

H, pression en hauteur d'eau en mètres.
K, coefficient = 0,0052
L, longueur de la conduite en mètres.
$d = \dfrac{1,5 \times 3,273}{293} = 1,4$, poids du mètre cube d'air.
a, coefficient = 0,000075,
b, coefficient = 0,000280,
v, la vitesse = 11 mètres.

La première remarque que l'on peut faire en examinant cette formule, c'est que le frottement est proportionnel à la longueur de la conduite.

Or, nous avons une longueur de 3 200 mètres. Si l'on effectuait les calculs dans ces conditions, on trouverait que la perte de charge est de $2^m,03$.

Pour diminuer le travail mécanique, nous divisons la colonne en quatre parties égales de 800 mètres chacune, par des évents, dont nous indiquerons plus loin les dispositions.

Ces évents laissent s'écouler librement l'air jusqu'à ce que le train arrive à leur hauteur, puis se ferment à cet instant.

Entre l'origine de la conduite et le premier évent, la perte de charge est représentée par

$$H = 0,0052 \times 800 \times \frac{1,4}{0,40}\,(0,000075 \times 11 + 0,00028 \times 121)$$

soit 0,50

Du premier au second évent, la perte de charge est de 1 mètre.

Du second au troisième, la perte de charge est de $1^m,50$.

Du troisième au quatrième, elle est de 2 mètres.

De ce chef, il faudra donc pouvoir produire une pression de 2 mètres, mais on n'aura comme travail total que celui correspondant à la somme du travail partiel dans les tronçons.

C'est ce que nous chiffrerons ultérieurement.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

3° FROTTEMENT DU CUIR DU PROPULSEUR CONTRE LES PAROIS

Reuleaux indique pour la valeur de ce frottement

$$f = \frac{\pi D}{4} \times p$$

$\pi = 3{,}14$

D, diamètre en millimètres $= 400$.

B, pression par millimètre carré $=$

Supposons une pression différentielle de $0^{at},4$.

La pression par millimètre carré sera de $0^{kil},004$,

Donc

$$f = \frac{3{,}14 \times 400 \times 0{,}004}{4} = 1^{kil},256$$

qui correspond à la pression exercée par une hauteur d'eau de 0,01, mais par prudence et comme les engins ne sont pas graissés, nous pourrons admettre 0,25 de hauteur d'eau.

4° FROTTEMENT DES ROUES DE CHARIOTS SUR LE RAIL SUPÉRIEUR

Le frottement à provenir de ce chef est produit :

1° Par le manque d'équilibre entre le poids des dépêches réparties de chaque côté du chariot.

2° Par l'effet de la force centrifuge dans les courbes.

1° Manque d'équilibre.

On pèsera les dépêches de manière que le poids à mettre de chaque côté du chariot soit environ de 50 kilogrammes. Pour cet objet, on amènera les dépêches dans un couloir muni d'une trappe équilibrée, fractionnant convenablement les paquets.

Admettons néanmoins qu'il y ait un écart de 5 kilogrammes entre les deux côtés de la charge, ce qui serait excessif.

Reportons-nous à la figure 3 ci-contre.

Le point d'application de la force de 5 kilogrammes sera au centre de gravité (o) du système, point qui dans la pratique est évidemment variable ; supposons-le à $0^{m},05$ à droite du centre et à $0^{m},02$ au-dessous.

Le frottement se fera au point A, sommet de la roue motrice, en joignant ao ; on voit de suite que la composante du manque d'équilibre et du frottement

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sera *os*, dont la valeur n'est qu'environ le tiers du poids total formant le manque d'équilibre, soit donc environ $1^{kil},500$ donnant un frottement de glissement de $0^{kil},600$ dont le travail est insignifiant.

2° Effet de la force centrifuge.

Rendons-nous compte de l'effet produit par la force centrifuge. Pour cela, supposons une courbe d'un rayon de 20 mètres qui parferait un angle de 90°, sur une longueur d'environ 30 mètres.

La force centrifuge produite sur un chariot a pour expression (fig. 2)

$$F = \frac{P\ v^2}{g\ r}$$

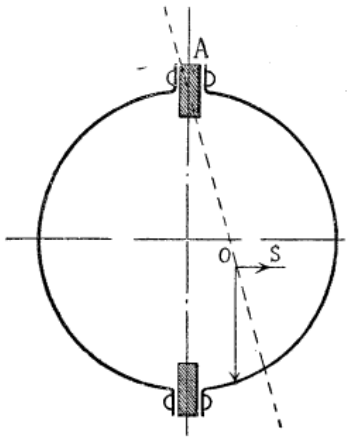


Fig. 2.

P le poids d'un chariot chargé 140 kilogram.

v = 11 mètres,

g = 9,81,

r = 20,

$$\text{donc } F = \frac{140 \times 121}{9{,}81 \times 20} = 86{,}3.$$

Il y aura donc sur chaque roue 43 kilogrammes, ce qui donnerait pour le frottement de glissement environ 17 kilogrammes par roue..

Cet effort serait important et il y aurait grand intérêt à le diminuer.

Pour cet objet, on a recours au frottement de roulement. C'est-à-dire que la jante de la roue portera un certain nombre de billes.

Dans ces conditions, le frottement deviendra $43 \times 0{,}05$ par chaque roue, soit pour les 20 roues, 44 kilogrammes correspondant à une hauteur d'eau, dans ce travail accidentel, de $0^{m},35$.

En résumé,

On a besoin pour le roulement du train d'une pression correspondant à une hauteur d'eau de $2^{m},88$;

Pour vaincre la résistance au mouvement de l'air dans les lignes 2,00;

Par le frottement du propulseur 0,024;

Par le frottement des roues contre le rail supérieur 0,35;

Soit un total de $5^{m},25$,

c'est-à-dire que généralement la pression correspondra à 4,90 et accidentellement à 5,25 dans les courbes.

Avec ces données, déterminons le travail mécanique nécessaire à la solution de la question.

Avant de passer à cette détermination, nous indiquerons comment seront

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

construits les évents, permettant de réduire le travail résistant de l'air dans les tuyaux.

Au point voulu, le diamètre de la conduite sera porté à $0^m,50$, sur une longueur d'environ 40 centimètres. Les rails conducteurs des chariots se continueront dans cet intervalle, de manière à permettre au chariot de franchir sans encombre cet intervalle.

Le raccordement de $0^m,50$ sera fait par une boîte de fonte reliée hermétiquement aux tuyaux de la conduite. Elle portera, sur tout son pourtour, une série de fenêtres dont la section sera supérieure à celle de la conduite. Devant toutes ces ouvertures, intérieurement et extérieurement, se trouveront des lamelles de caoutchouc.

Pendant le foulement, les lamelles intérieures sont mobiles et démasquent les évents, les lamelles extérieures fléchissent sous l'action d'une légère surpression; mais le propulseur ayant franchi l'espace ainsi réservé, les lamelles intérieures sont appliquées par la pression contre l'enveloppe en fonte, rendent l'écoulement de l'air impossible et le travail se continue, comme si toute la ligne n'était pas interrompue.

Si on opère par le vide, les lamelles intérieures restent inertes, les lamelles extérieures sont au contraire collées par la pression atmosphérique et font obturation.

Nous entendons évidemment ne donner ici qu'un aperçu des moyens à employer pour la construction des évents; l'étude définitive fixera seule leur construction.

Ceci expliqué, revenons au calcul du travail mécanique développé.

Commençons par déterminer le nombre de mètres cubes d'air à comprimer et à quelle pression.

Le mètre courant de conduite représente 125 litres. Nous aurons d'abord à remplir 800 mètres de conduite, soit donc

100 mètres cubes à comprimer à $2^m,88 + 0^m,50 + 0^m.024$, soit $3^m,40$;
Puis 100 mètres cubes à comprimer à 3,90;
Puis 100 mètres cubes à comprimer à 4,40;
Puis 100 mètres cubes à comprimer à 4,90.

Or, si nous prenons la formule de Devillez, qui donne, pour le travail de la compression de 1 mètre cube d'air, 23 793 Log. N — 10,333 (1 — V) dans laquelle,

V est le volume à N atmosphère,
N le nombre d'atmosphères.

Nous trouvons par la compression de 1 mètre cube :

Dans le premier tronçon, 400 kilogrammètres;
Dans le second tronçon, 499 kilogrammètres;
Dans le troisième tronçon, 607 kilogrammètres;
Dans le quatrième tronçon, 722 kilogrammètres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le travail d'introduction dans le réservoir ou la ligne sera représenté

Dans le premier tronçon, par 2614 kilogrammètres;
Dans le deuxième tronçon, par 2893 kilogrammètres;
Dans le troisième tronçon, par 3151 kilogrammètres;
Dans le quatrième tronçon, par 3399 kilogrammètres;

Ce qui donnera pour le travail total :

Premier tronçon,	3014	kilogrammètres;
Deuxième tronçon,	3392	kilogrammètres;
Troisième tronçon,	3758	kilogrammètres;
Quatrième tronçon,	4114	kilogrammètres;
Total,	14275	kilogrammètres.

Au total, pour 1 mètre cube pris dans chaque tronçon, 14,275 kilogrammètres. Chaque tronçon contient 100 mètres cubes, donc pour les quatre tronçons nous aurons 1 427500 kilogrammètres.

Ce travail s'effectuera en 300 secondes, ce qui donnera pour le travail en chevaux-vapeur,

$$\frac{1\,427\,500}{300 \times 75} = 66 \text{ chevaux.}$$

Le travail total de la ligne d'Orléans sera donc obtenu avec un effort variant depuis 25 chevaux jusqu'à 66.

Le travail pour aller à la gare Saint-Lazare sera sensiblement le même que pour aller à la gare d'Orléans, puisqu'il y a 3000 mètres au lieu de 3200; il faudra donc compter encore 66 chevaux-vapeur.

Pour la ligne de l'Est, nous aurons 2000 mètres. Nous diviserons la ligne en trois parties ayant chacune moins de 700 mètres; nous effectuerons le trajet en trois minutes, ce qui donnera une vitesse de 7 mètres au plus.

La formule de la perte de charge devient, dans son expression maxima,

$$H = 0{,}0052 \times 2{,}000 \times \frac{1{,}4}{0{,}40}(0{,}000075 \times 7 + 0{,}00028 \times 49),$$

correspondant à $0^m{,}50$.

La pression totale nécessaire sera donc 2,88 + 0,50, soit 3,40. D'où l'on déduit que le travail à effectuer sera, par mètre cube, de 448 kilogrammètres pour la compression, et de 2613 kilogrammètres pour l'introduction dans la ligne, au total 3051 kilogrammètres. Ce qui se traduira en chevaux-vapeur, pour les 200 mètres cubes de la ligne, par

$$\frac{200 \times 3\,051}{180 \times 75} = 45 \text{ chevaux.}$$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

De sorte qu'avec une machine de 180 chevaux, on pourra facilement effectuer le travail total.

Il nous reste à étudier ce qui se passera aux deux postes de la gare d'Orléans et de l'Est qui serviront de transition pour les gares de Lyon et du Nord.

On devra disposer un système de changement de voie qui permettra d'arrêter le train dans les postes, ou de le faire circuler plus loin, suivant les indications qui seront fournies par la transmission télégraphique ou le téléphone.

L'adjonction des 300 mètres supplémentaires à parcourir par le train donnera lieu à un accroissement de travail, mais comme nous avons prévu des machines largement puissantes et que la surcharge sera petite, c'est de peu d'importance.

On peut se demander si la vitesse d'écoulement de l'air à l'entrée du tube-ligne est suffisamment grande aux pressions auxquelles nous opérons, pour donner à nos trains la vitesse que nous désirons obtenir.

Nous avons vu que nous marchons avec un écoulement dû à une hauteur d'eau minima de $3^m,40$, et comme, à la fin de la course, on aura perdu par les frottements 2,00, l'écoulement se fera avec une charge encore supérieure à $1^m,40$.

Or, on a.

$$V = \sqrt{2g\frac{P-p}{d}}$$

$$P - p = 1,400$$

$$d = \frac{1,257 \times 1,140}{1 + 0,00368\, t}$$

supposons $t = 20°$,

$$V = \sqrt{2 \times 9,81 \ \frac{1400}{1,33}} = 147 \text{ mètres.}$$

Valeur théorique, il est vrai, mais énormément supérieure à celle dont nous avons besoin. Nous devrons donc régler la vitesse pour ne pas accélérer sans nécessité la marche des trains. Ce résultat s'obtiendra très facilement.

Quand les trains arriveront à destination, ils devront avoir une vitesse nulle.

Pour avoir ce résultat, il suffira de ménager, près et en avant de la station, à une distance convenable, une issue à l'air comprimé, de manière qu'il ne puisse plus actionner le train. Au même moment, on fera télégraphiquement arrêter l'écoulement d'air comprimé à l'Hôtel des Postes.

Les rails sur lesquels arriveront les chariots seront en outre disposés dans la salle de réception, un peu en contre-pente.

On peut se demander à quelle distance sera placé l'évent.

La puissance vive du train $\frac{M V^2}{2}$ doit être équilibrée par le travail du frottement des chariots sur les rails. Soit X le chemin parcouru par le train; nous

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

savons que le frottement est de 350 kilos et aussi que le train pèse 1400 kilos. La vitesse 11 mètres.

On aura donc l'équation.

$$350 \times X = \frac{1,400}{2 \times 9,81} \times 121$$

$$\text{d'où } X = \frac{1,400 \times 121}{2 \times 9,81 \times 350} = 25 \text{ mètres.}$$

On devra dont placer l'évent à environ une vingtaine de mètres de l'arrivée en surélevant légèrement le rail. Cette surélévation peut du reste être modifiable à volonté.

Nous avons vu dans l'établissement des lignes que la pression dont on a besoin pour la marche du train est variable avec la position du train. Elle variera en outre dans les courbes, dans les montées.

Cette variation de puissance s'obtient d'elle-même en plaçant la soupape de sortie de l'air de l'appareil compresseur dans l'enceinte de la conduite, car elle ne pourra s'ouvrir qu'au moment où la pression du compresseur dominera un peu celle de la ligne.

En outre, on la munira d'un ressort d'opposition qui détruira son poids et créera une légère surpression.

Entre la ligne et le compresseur d'air, nous interposerons un réservoir d'une capacité convenable pour éviter les à-coups.

Ayant ainsi déterminé toutes les conditions de marche du système, nous allons étudier les dimensions du compresseur moteur.

D'après ce que nous avons vu, la ligne a un volume de 125 litres au mètre et la plus grande vitesse des wagons est de 11 mètres à la seconde.

Nous aurons donc à produire par seconde 1375 litres d'air comprimé. Si nous supposons que le compresseur soit à double effet et fasse cent coups à la minute, le volume de chaque cylindre devra être de 412 litres, ce qui correspond à un diamètre d'environ $0^m,65$ pour une course de $1^m,30$.

Nous pouvons avoir à faire fonctionner à la fois trois lignes : Orléans-Lyon, Ouest, Est-Nord.

Les deux premières ont un volume sensiblement identique, la troisième est plus faible; mais il vaudrait mieux avoir trois compresseurs identiques, dont l'un pourra marcher plus lentement.

Nous ne dirons rien de la disposition particulière des compresseurs, ni de la machine à vapeur, tout cela rentre dans des données trop connues pour être examiné ici.

Bien entendu, les appareils devront être disposés pour faire le vide, puisqu'un vide d'une demi-atmosphère suffira parfaitement à la marche d'un train;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que les dépêches seront ramenées des gares par le vide, de même qu'elles y ont été expédiées par la pression.

En résumé, nous venons de définir les moyens d'expédier, par l'air comprimé, les dépêches à toutes les grandes têtes des cinq lignes de chemins de fer, de manière que l'expédition de 1 000 kilogrammes de dépêches se fasse en cinq minutes pour la gare la plus éloignée.

Il reste à se rendre compte de la dépense d'installation d'un semblable système et de la dépense journalière de fonctionnement et aussi de trouver l'économie qui en résultera sur le système actuellement en usage.

Les dépenses d'installation comprendront l'établissement d'un tube-ligne mesurant environ 9 000 mètres. Le prix de cette ligne peut être évalué à environ 540 000 francs.

La machinerie des postes représenterait environ 200 000 francs.

Le matériel roulant serait, en chiffres ronds de 70 000 francs.

De sorte que le total de la dépense peut être évalué, dans une approximation grossière, mais qui paraît supérieure à la réalité, de 800 à 850 000 francs.

Cette dépense une fois faite, combien coûtera le fonctionnement journalier du système?

PERSONNEL

POSTE CENTRAL

Un chef mécanicien.	10 francs
Un chauffeur.	8 —
Trois manipulateurs de dépêches à 6 francs . .	18 —

POSTES INTERMÉDIAIRES

(*L'un allant de la gare de Lyon à la gare d'Orléans, l'autre de la gare du Nord à la gare de l'Est.*

Dans chacun d'eux un agent à 8 francs, soit pour les deux.	16 francs
Trois sous-agents à 8 fr. dans les gares de Lyon, Nord et Ouest.	24 francs
Ensemble personnel.	76 —
Charbon correspondant à une force continue de 100 chevaux-vapeur, soit environ par jour.. .	40 francs
Au total.	116 —

Soit en chiffres ronds 130 francs qui comprendront les dépenses en huiles, chiffons et autres menus objets.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Soit pour l'année environ 50 000 francs.

Dans la comparaison à faire du système proposé avec ce qui se pratique actuellement, il importe d'insister sur les énormes avantages que présenterait un tel système au point de vue de la rapidité de l'expédition des dépêches et de la sécurité de leur transport. Les habitants de Paris tireraient de ces précieuses qualités un bénéfice qu'il est impossible de chiffrer, mais dont l'importance paraît évidente.

On peut néanmoins chercher à faire une comparaison pour les dépenses.

Nous avons dans Paris 70 bureaux qui transportent au poste central la presque totalité des 125 tonnes de dépêches à expédier par jour. Ces 70 bureaux sont répartis sur la surface de Paris, qui représente grossièrement un ovale ayant 10 kilomètres dans un de ses axes et 8 kilomètres sur l'autre.

L'Hôtel des Postes est placé presque au centre de cet ovale. Le bureau le plus éloigné peut être à 5 kilomètres, le plus près à 500 mètres. Ce qui représenterait comme distance moyenne 2 750 mètres. Mais comme il y a concentration près de l'Hôtel des Postes, on peut admettre que la distance moyenne est de 2 000 mètres, ce qui représente, pour la somme des distances des 70 bureaux, 140 kilomètres.

Or chaque bureau a à transporter le 1/70e des 125 tonnes qui circulent dans Paris, soit donc pour chacun d'eux 1 tonne 8.

De sorte que le travail mécanique du transport au poste central représentera $1{,}8 \times 140 = 252$ tonnes kilométriques.

D'autre part, le transport aux gares représente 347 tonnes kilométriques.

Supposons que ces deux termes sont égaux dans la dépense totale de 1 152 000 francs prévue au budget pour la circulation des dépêches dans Paris. Il se trouvera donc que 575 000 francs sont affectés pour le service que nous voulons remplacer, chiffre qui représente dix fois le prix de transport mécanique, qui est, comme nous l'avons dit, de 50 000.

On peut donc être certain d'amortir en deux ans les frais d'installation du système présenté par nous, ce qui doit éveiller tout particulièrement l'attention des administration et pouvoir publics à une époque où les dépenses courantes inutiles doivent être impitoyablement supprimées.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS CHIMIQUES

REVUE DE L'INDUSTRIE DES CHAUX ET DES CIMENTS

PAR **M. E. Candlot**

La fabrication des chaux et des ciments n'a fait de réels progrès que depuis une quinzaine d'années. Créée vers 1820, à la suite des recherches justement célèbres de Vicat, cette industrie fut pendant longtemps très prospère; les fabricants ne pouvant suffire à toutes les demandes, et, soucieux de conserver à leurs produits des prix élevés, ils gardaient soigneusement secrets leurs procédés de fabrication; la direction des usines était confiée à de simples contremaîtres, guidés uniquement par la routine. Dans ces conditions, aucune amélioration n'était possible. Peu à peu, cependant, les usines se multipliaient, et la période des grands travaux touchant à sa fin, la surproduction finit par se produire; l'avilissement des prix en était la conséquence forcée, et il fallut bien enfin s'occuper d'abaisser les prix de revient. Les exigences des cahiers des charges des fournitures aux administrations devenaient aussi plus grandes, et, tout en livrant ses produits à des prix beaucoup plus bas, le fabricant devait soigner davantage la qualité. Pendant ce temps, d'ailleurs, la fabrication du ciment prenait à l'étranger, en Allemagne surtout, un développement considérable; sous la direction de techniciens expérimentés, s'inspirant des recherches scientifiques, les usines s'amélioraient rapidement, les appareils et les procédés devenaient de plus en plus perfectionnés. Les fabricants français trouvèrent à l'étranger des exemples à suivre, et, dès que la nécessité s'en fit sentir, ils surent se mettre bientôt au niveau de leurs concurrents. Cependant, c'est encore en Allemagne que nous trouverons, en grande partie, les perfectionnements les plus intéressants dont nous aurons à parler.

Dans la fabrication des *chaux hydrauliques*, on n'a, pour ainsi dire, aucune innovation à signaler depuis que cette industrie a été créée. Les opérations sont, d'ailleurs, réduites à un petit nombre, et sont aussi simples que possible; les pierres, telles qu'elles sont extraites de la carrière, sont cuites dans des fours continus ou coulants; les morceaux bien cuits sont éteints, puis, par un blutage, on sépare la poudre fine des matières qui n'ont pas pu s'éteindre. Les fours généralement employés ont une forme ovoïde; ils ont 10 à 15 mètres de hauteur; le combustible est de l'anthracite ou du coke.

Pendant longtemps, la chaux fut livrée en pierre, telle qu'elle sortait des fours; les pierres étaient éteintes au chantier, au moment de l'emploi. C'est M. de Villeneuve, ingénieur des mines, qui, le premier, vers 1848, réalisa le blu-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tage à l'usine et introduisit dans la pratique des constructions l'emploi de la chaux livrée en poudre dans des sacs plombés. On peut dire que c'est le progrès le plus considérable que l'on ait à constater dans l'industrie des chaux hydrauliques.

L'utilisation des grappiers a marqué une nouvelle phase dans la fabrication de la chaux, mais elle a eu surtout pour résultat de donner aux fabricants de plus grands bénéfices sans améliorer la qualité des produits. A la suite du blutage, on obtient un résidu qui, pendant très longtemps, fut considéré comme inerte et sans valeur. Vers 1865, M. Jurow, à Viricu-le-Grand, et M. Pavin de Lafarge, au Teil, eurent l'idée de broyer finement ce résidu ; ils obtinrent un produit qui faisait prise plus rapidement que la chaux, et dont le durcissement était, dans certains cas, comparable à celui des ciments. La plupart des fabricants vendent ces grappiers moulus finement sous le nom de ciment de grappiers, ou de ciment Portland; quelques-uns estiment qu'il est préférable d'augmenter l'hydraulicité de la chaux en lui réincorporant les grappiers moulus.

Des améliorations ont été apportées dans les fabriques de chaux, principalement en ce qui concerne les dispositions des diverses parties des usines, la diminution de la main-d'œuvre, etc.; mais ce sont là des transformations qui n'ont rien de spécial à cette industrie.

Les usines où l'on fabrique les ciments naturels, et qui se trouvent dans la région de Vassy, de Grenoble et de Marseille, ont aussi subi peu de changements depuis leur origine; ce sont toujours les mêmes fours qui sont employés, et on ne trouve de nouveau, dans quelques-unes d'entre elles, que divers appareils de broyage, dont nous aurons à parler plus loin.

C'est dans les fabriques de ciment Portland que l'on trouve les procédés les plus perfectionnés et la plus grande variété d'appareils; nous les décrirons en suivant la marche de la fabrication, et en nous en tenant à ceux qui ont été employés et qui ont donné des résultats intéressants.

I

PRÉPARATION DES MATIÈRES

Voie humide. — Dans la fabrication par voie humide, les matières premières, craie et argile, sont malaxées avec une grande quantité d'eau et réduites en bouillie claire; après vérification du dosage, on laisse reposer la pâte, on la décante, et, finalement, on la dessèche complètement à l'aide de séchoirs spéciaux.

Le délayage se fait toujours à l'aide de herses armées de dents en acier tournant dans des bassins circulaires; la pâte s'échappe par un trop-plein garni de toiles métalliques; on retire de temps en temps les matières qui n'ont pas pu se

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

délayer. Les bassins de dosage, dans lesquels se rend la pâte au sortir des délayeurs, sont constitués par de grandes cuves de 100 à 150 mètres cubes de capacité ; un ou deux arbres verticaux, portant à diverses hauteurs des palettes en bois et tournant à 20 à 30 tours par minute, déterminent un brassage énergique de tout le contenu des bassins, et lui donnent une parfaite homogénéité. C'est dans ces bassins que sont prélevés les échantillons dont l'analyse est faite rapidement, ce qui permet de corriger la composition si cela est nécessaire. Disons, en passant, que ces bassins de dosage sont usités seulement dans les usines françaises ; ils leur donnent une supériorité considérable sur les usines étrangères, en assurant à leurs produits une régularité de composition, qu'il est pour ainsi dire impossible d'obtenir sans cela.

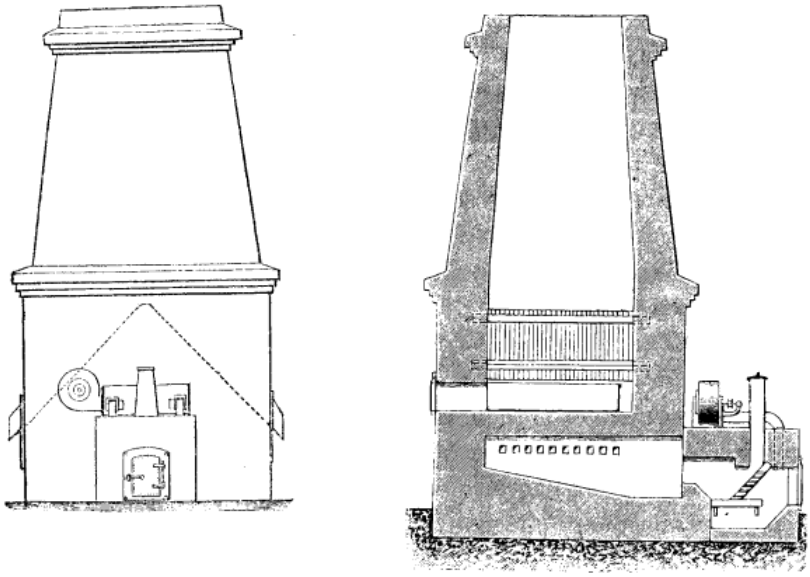


Fig. 1. — Four séchoir pour matières premières avec gazogène. Élévation et coupe verticale.

Voie sèche. — Dans la préparation des matières par voie sèche, la craie et l'argile, ou les calcaires à différents dosages, sont broyés finement ; nous parlerons des appareils de broyage plus loin, à propos de la mouture du ciment. Il faut tout d'abord dessécher complètement ces matières avant de les broyer ; divers systèmes de fours sont employés dans ce but. Les plus simples sont constitués par des aires sous lesquelles passent des gaz chauds ou la vapeur d'échappement des machines ; ou bien ce sont des fours verticaux analogues aux fours à chaux, et à la partie inférieure desquels se trouvent des foyers disposés pour brûler des combustibles à longue flamme ou des gazogènes (fig. 1). Le four Schmidt

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

est un perfectionnement à ce genre de fours (fig. 2). La chaleur est produite par un gazogène; les gaz chauds arrivent au centre du four, et débouchent dans un cône percé latéralement d'une grande quantité de trous; ces gaz doivent traverser la couche de pierres, qui se renouvelle constamment et régulièrement, pour se rendre à la cheminée ou au ventilateur. Les matières sont introduites en haut du four par une chaîne à godets; la marche de ce séchoir est continue, et elle doit être très économique comme main-d'œuvre et comme combustible.

MM. Quillot frères, à Frangey, utilisent un séchoir dont M. Debray, ingénieur

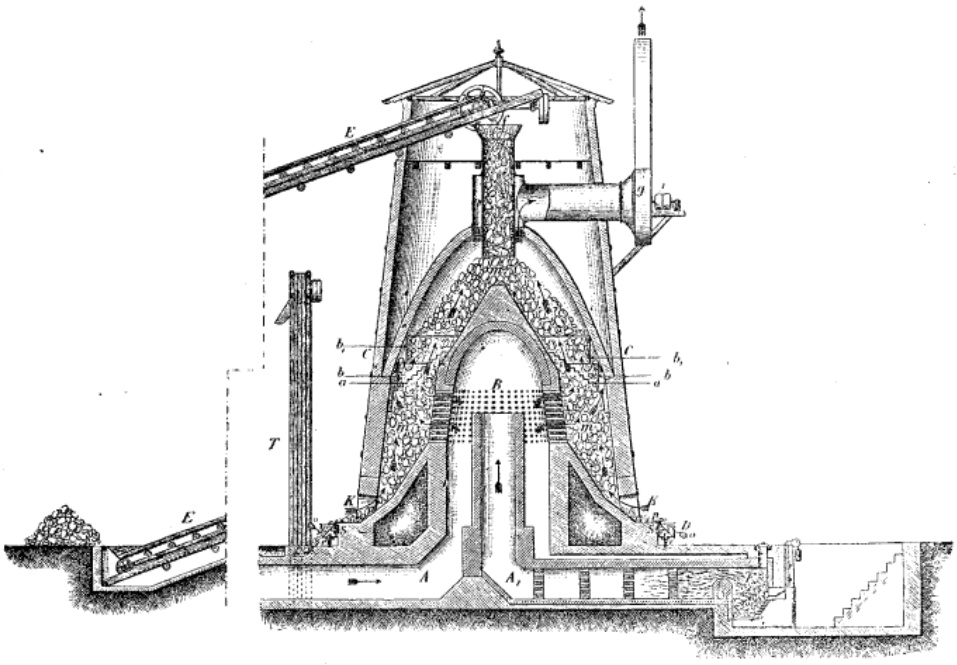


Fig. 2. — Séchoir continu Schmidt pour matières premières.

A, canal d'arrivée de l'air froid. — A', canal d'arrivée des gaz du gazogène. — B, chambre de mélange des gaz avec l'air. — C, enveloppe extérieure du four. — E, chaîne à godets amenant la matière à sécher. — F, gazogène. — K, orifices de sortie des matières sèches. — T, chaîne à godets remontant les matières sèches au moulin. — *g*, aspirateur. — *m*, matières à sécher.

en chef des ponts et chaussées, a donné la description suivante : « Chaque étuve se compose d'une cheminée voûtée, de 2 mètres de large sur 15 mètres de long, séparée en deux étages par un plancher en tôle. Ce plancher, sur lequel la marne fine est étalée, est incliné à 36°, de manière que celle-ci puisse glisser d'une façon régulière, facilement réglable. On la fait couler par une porte placée au bas du plancher dès qu'elle est suffisamment sèche. Sous la tôle, l'étage inférieur constitue une chambre à fumée communiquant avec deux foyers à coke constamment entretenus en bon feu. On règle le tirage de ces fours en chargeant plus

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ou moins leur orifice supérieur et en vidant avec plus ou moins d'activité les deux étages de chaque four. »

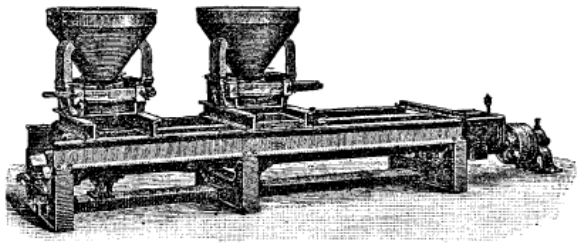


Fig. 3. — Mélangeur *Jochum*.

Enfin, on emploie également des séchoirs à canaux horizontaux, dont nous aurons à parler plus loin.

Le mélange des matières réduites en poudre ne se fait pas évidemment aussi facilement que par voie humide, et il faut, pour obtenir un résultat satisfaisant, employer des précautions toutes spéciales. Parfois les matières sont simplement étalées par couches minces dans des silos; en les reprenant par tranches verti-

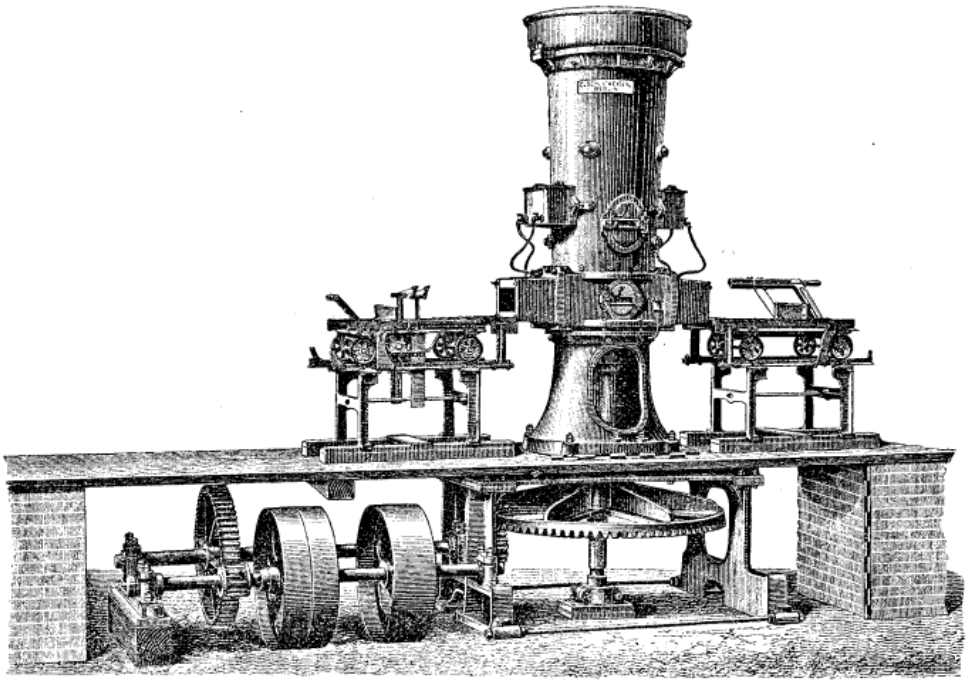


Fig. 4. — Malaxeur vertical avec filières pour briques en pâte molle.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cales, on mélange toutes les couches, et on obtient une homogénéité suffisante; mais ce mode d'opérer ne s'applique qu'aux matières dont la composition varie relativement peu. Quand on doit mélanger de l'argile et de la craie pure, il faut employer un moyen plus parfait; le mélangeur le plus répandu dans les usines de ciment est l'appareil de Jochum (fig. 3). Il se compose essentiellement de deux entonnoirs, l'un pour la craie, l'autre pour l'argile; ces entonnoirs sont fermés à la base par un plateau animé d'un mouvement de rotation, et qui peut être abaissé plus ou moins à l'aide d'une vis; on peut faire varier ainsi très exactement l'écoulement de la matière; celle-ci tombe dans un malaxeur qui mélange intimement les poudres en les entraînant vers les machines à briques.

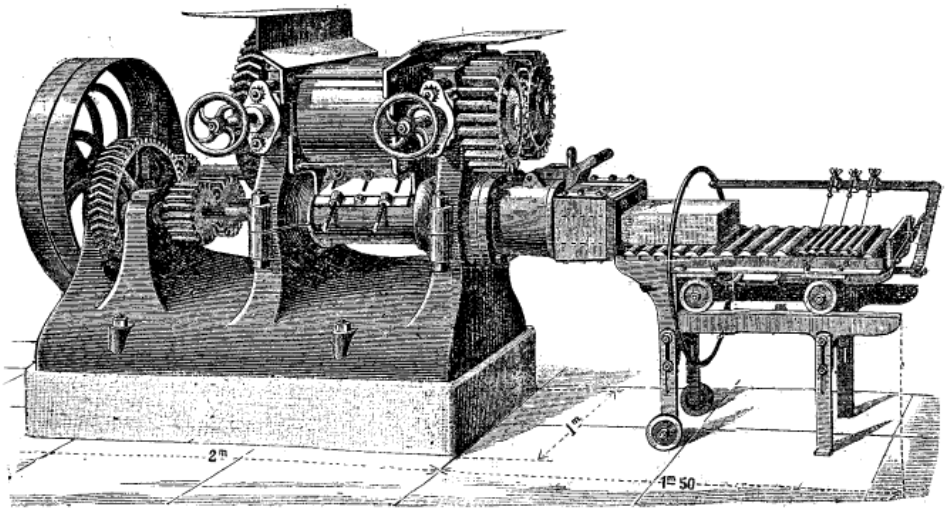


Fig. 5. — Machine à briques en pâte molle à cylindres, hélices et filière.

Les matières premières traitées par voie sèche sont moulées sous forme de briques tantôt en pâte molle, tantôt en pâte dure. Dans le premier cas, on se sert de malaxeurs verticaux analogues à ceux que l'on emploie pour le mortier (fig. 4). La pâte sort par une filière, et on la découpe alors par tranches égales. On emploie aussi des machines horizontales, dans lesquelles des hélices malaxent la pâte et la chassent en la faisant passer par une filière (fig. 5). Les briques moulées de cette façon contiennent de 20 à 25 p. 100 d'eau.

Quand on moule la poudre en briques dures, on l'humecte avec 8 à 10 p. 100 d'eau seulement; les presses sont généralement à friction ou à chocs; la presse de Dorsten, qui est très fréquemment employée, se compose de lourds pilons qui sont soulevés par des cames (fig. 6). Les machines les plus parfaites produisent 2 000 à 2 200 briques dures à l'heure; les mouleuses horizontales en pâte

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

molle n'ont pas un rendement beaucoup plus élevé, mais les malaxeurs verticaux peuvent produire de 4 000 à 6 000 briques à l'heure.

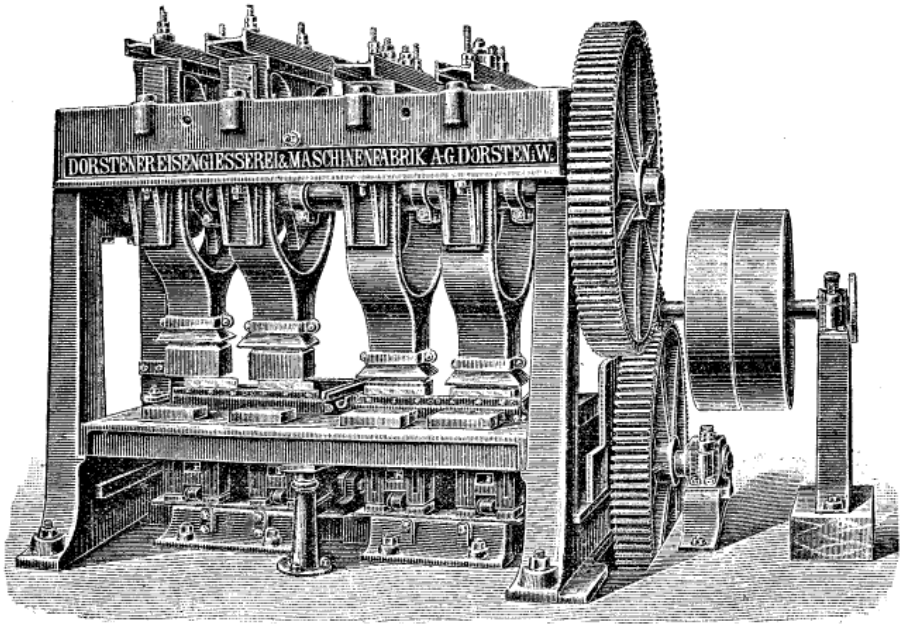


Fig. 6. — Presse pour briques en pâte dure *Dorsten*.

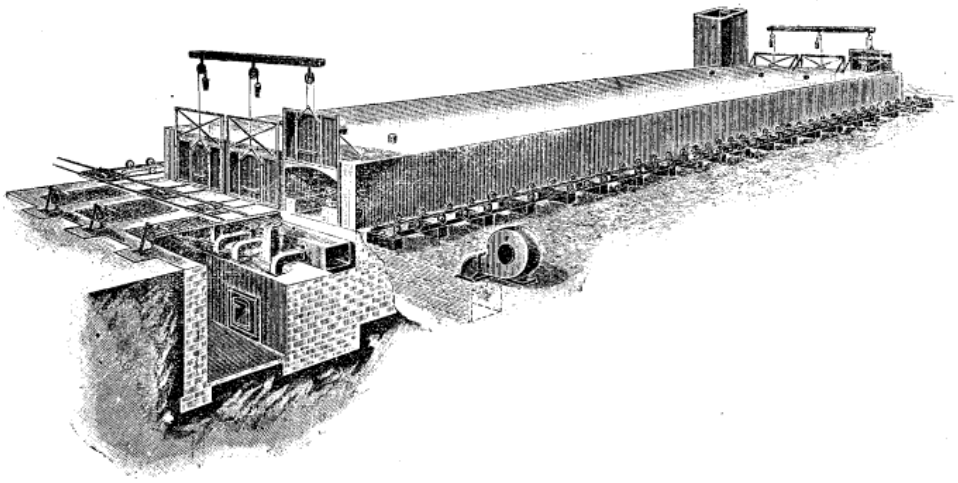


Fig. 7. — Séchoir à canaux *Fellner* et *Ziegler* pour briques et matières premières.

Séchage. — La pâte obtenue par voie humide est déposée dans de grands bassins, où elle reste plusieurs mois, puis on la dessèche complètement sur des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fours à coke. Ces séchoirs ne sont autres que de vastes surfaces chauffées en dessous par la chaleur provenant de foyers dans lesquels on brûle du charbon comme dans les foyers de chaudières, ou bien qui sont utilisés pour produire du coke. Les gaz chauds passent dans une série de canaux recouverts de plaques en terre réfractaire ou en fonte, et c'est sur ces plaques que l'on étale la pâte à sécher.

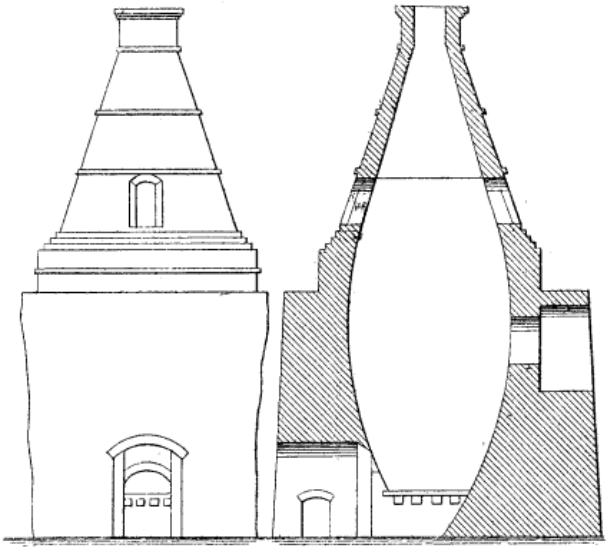


Fig. 8. — Fours intermittents anglais.

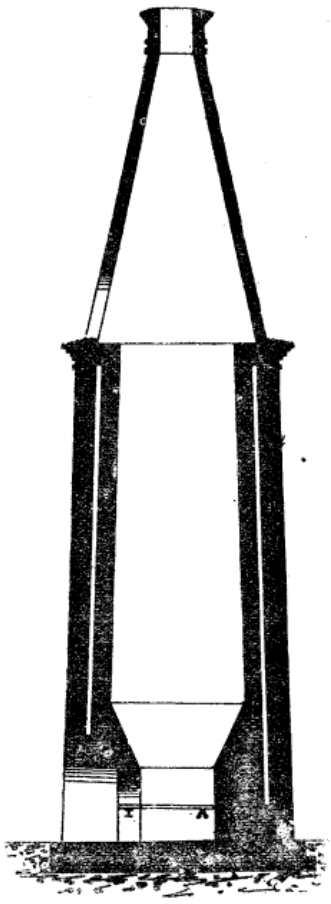


Fig. 9. — Four allemand

Le séchage des briques s'opérait autrefois à peu près exclusivement à l'aide des séchoirs avec fours à coke. On y renonce de plus en plus pour adopter les séchoirs à canaux de Fellner et Ziégler. Ces séchoirs se composent de longs canaux, dans lesquels circulent des wagonnets chargés de briques ; à l'une des extrémités, les gaz chauds provenant d'un gazogène ou de foyers pénètrent dans les canaux et les parcourent pour ressortir à l'autre extrémité ; les wagonnets marchent en sens inverse des gaz, les briques se trouvent ainsi desséchés progressivement. Ces séchoirs demandent très peu de combustible ; on estime à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

30 kilos la quantité de charbon nécessaire pour sécher la pâte correspondant à une tonne de ciment. Mais la dépense de premier établissement est élevée, et

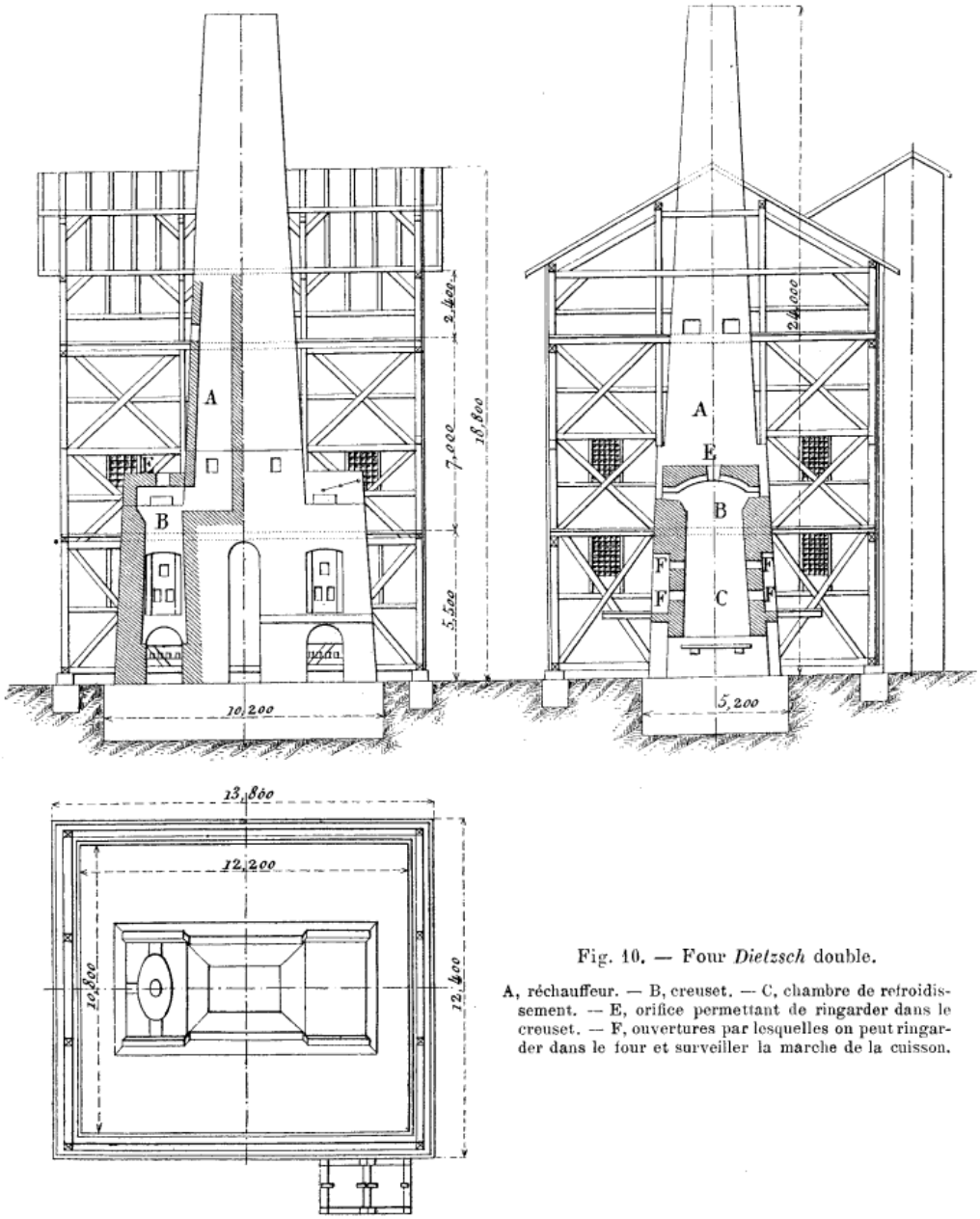


Fig. 10. — Four *Dietzsch* double.

A, réchauffeur. — B, creuset. — C, chambre de refroidissement. — E, orifice permettant de ringarder dans le creuset. — F, ouvertures par lesquelles on peut ringarder dans le four et surveiller la marche de la cuisson.

l'entretien est coûteux. Les wagonnets ont été remplacés par des trucs qui roulent sur des galets fixes en fonte disposés sur toute la longueur des canaux;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ces trucs sont reçus à la sortie du séchoir sur une autre voie munie des mêmes galets et ils sont transportés ainsi jusqu'aux fours (fig. 7).

II

Fours. — Les fours employés dans les fabriques de ciment peuvent être divisés en deux classes; dans les uns on opère la cuisson sans utiliser autrement

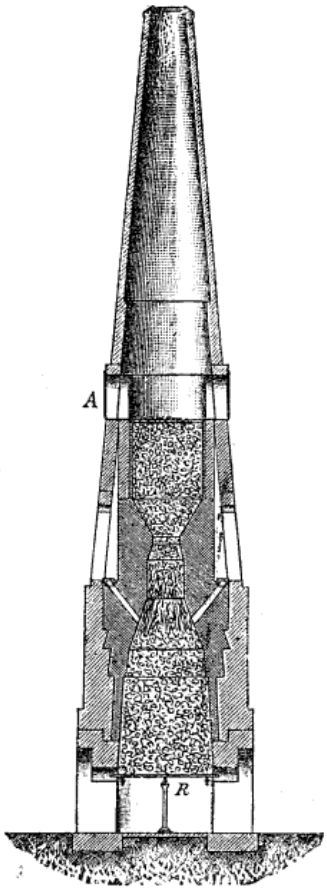


Fig. 11. — Four *Scohffer* pour la cuisson continue des ciments.

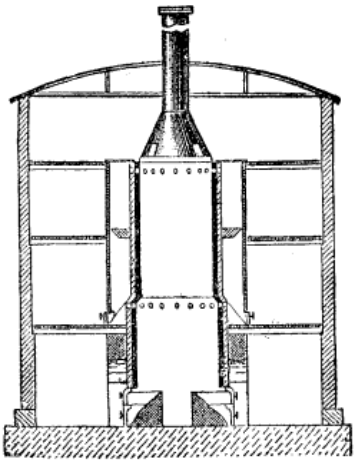


Fig. 12. — Four continu *Hauenschild*, à paroi mince utilisant l'air chaud circulant autour de cette paroi pour sécher les matières premières ou des briques.

les produits de la combustion; dans les autres on emploie la chaleur perdue au séchage des pâtes.

Dans la première classe, les fours ordinaires à marche intermittente ont été pendant longtemps les seuls employés. Ces fours étaient analogues aux fours à chaux, mais ils étaient surmontés d'une cheminée assez élevée pour déterminer un tirage énergique. Nous reproduisons deux types de fours intermittents, l'un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

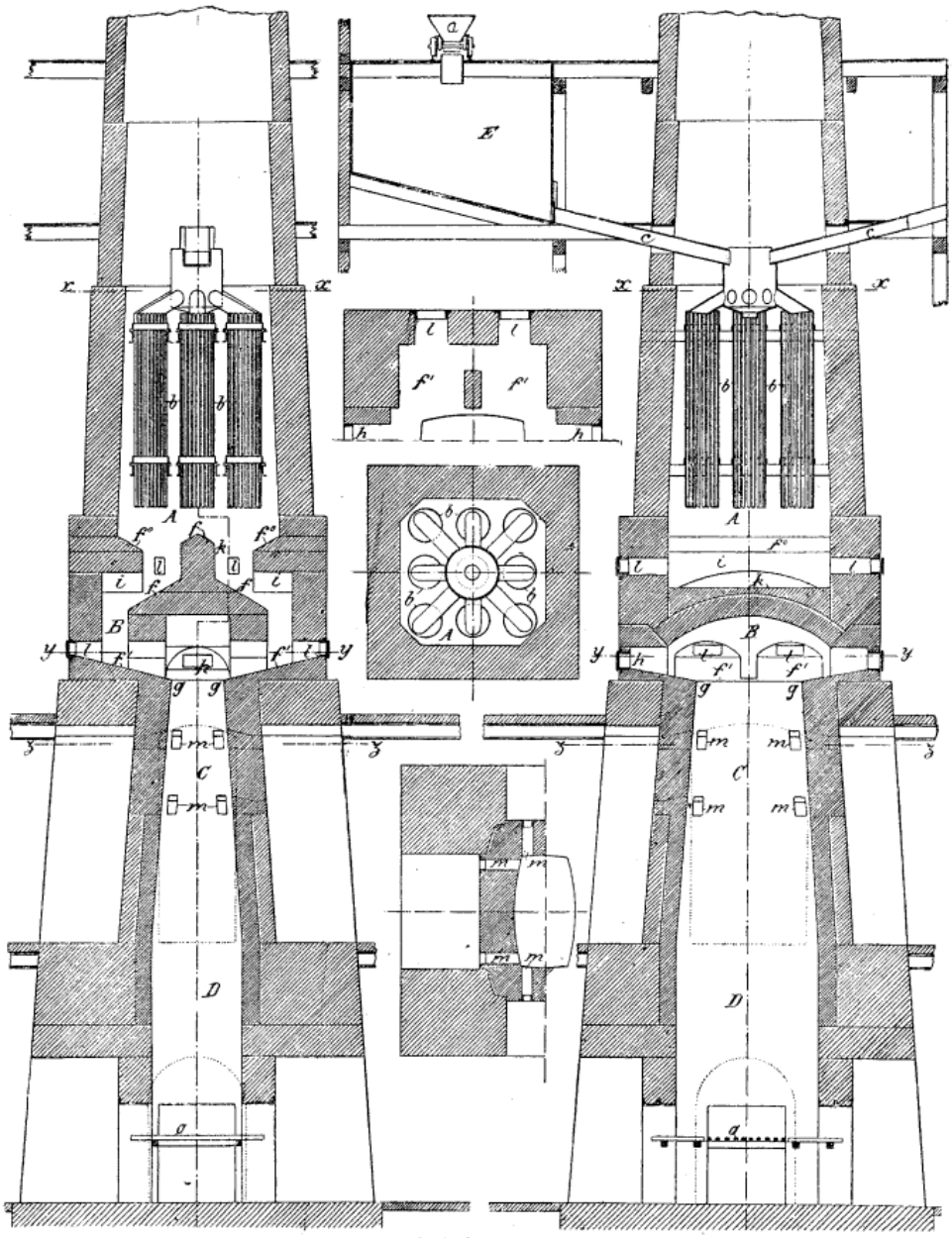


Fig. 13. — Four continu système Brentano. — Coupes verticales orthogonales, coupes horizontales *x x*, *y y* et *z z*.

A, réchauffeur. — B, canaux par lesquels les boulets s'écoulent du réchauffeur dans le creuset. — C, creuset. — D, chambre de refroidissement. — E, trémie contenant les boulets. — *a*, wagonnets amenant les boulets. — *b*, cylindres dans lesquels s'écoulent les boulets. — *f*, plans inclinés facilitant la descente des boulets. — *h*, orifices de chargement de combustible. — G, trous de piquage pour le réchauffeur. — *m*, trous de piquage pour le creuset. — *o*, grille.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

(fig. 8) existe surtout dans les usines anglaises, l'autre est employé en Allemagne (fig. 9).

Les fours intermittents ont été remplacés presque partout, en Allemagne, par des fours continus, système Dietzsch. La marche continue des fours à ciment a toujours préoccupé les fabricants, et de nombreuses tentatives ont été faites dans cette voie. La plus grande difficulté à vaincre était d'obtenir la descente régulière des matières dans le four; la pâte, en effet, doit subir un commencement de vitrification; les morceaux se soudent entre eux, et s'attachent contre les parois

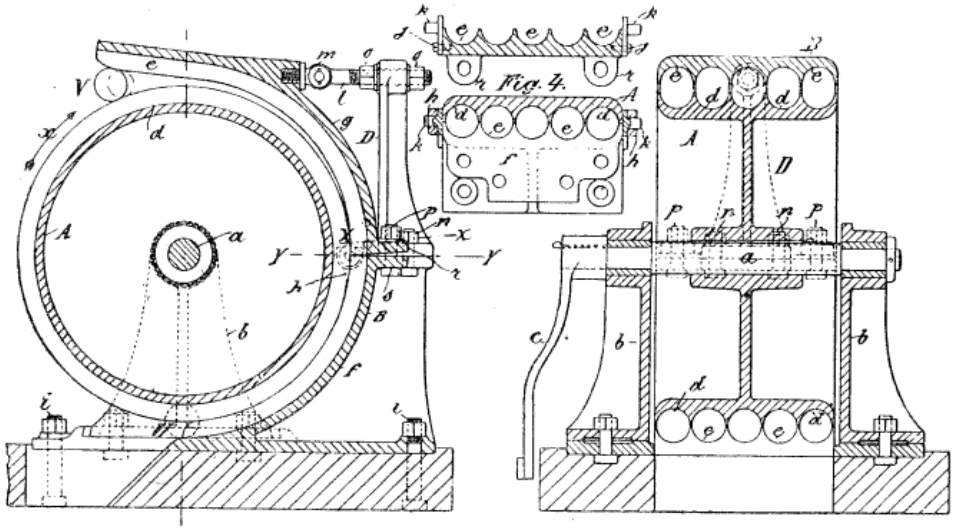


Fig. 14. — Machine à mouler la pâte en boules, système Brentano.

L'appareil est composé de deux parties : l'une, A, tourne autour de l'axe *a*; c'est une sorte de tambour à gorges *d*. La partie fixe enveloppe le tambour sur la moitié de sa circonférence; elle porte également des gorges *e*, coïncidant avec les gorges *d*; à la partie supérieure, les gorges *e* sont plus profondes, de manière à permettre l'introduction de la pâte molle; celle-ci est entraînée par le mouvement de rotation, et se trouve ainsi moulée en forme de boules. — V, sortie des boules. — D. *m*, *l*, *o*, dispositif permettant de régler le serrage de la partie fixe contre le tambour.

du four, ce qui empêche celui-ci de se vider pour faire place à de nouvelles charges. Voici comment on a réalisé la marche continue dans quelques systèmes de fours actuellement employés.

Le four Dietzsch est le plus répandu des fours continus pour la cuisson du ciment; il en existe un grand nombre en Allemagne, en Suisse et en Russie. Ce four, désigné aussi sous le nom de *four à étages*, se compose de deux parties, l'une est le four proprement dit, dans lequel s'opère la cuisson; la seconde, placée au-dessus et à quelque distance et réunie à la première par un large conduit voûté, est une cheminée dont la partie inférieure sert de réchauffeur (fig. 10). La pâte sèche est introduite dans le réchauffeur; elle remplit la chambre A et vient se répandre jusqu'au bord du creuset B. Les gaz chauds sortant du four

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

traversent la pâte contenue dans le réchauffeur pour se rendre à la cheminée et la portent à une température telle que l'acide carbonique est déjà presque complètement expulsé. On prend à ce moment la pâte avec de longues pelles, et on la jette dans le four; en même temps, on ajoute le combustible nécessaire, et la cuisson s'opère en B dans la partie que l'on appelle le creuset. A mesure que l'on retire en bas du four des matières cuites, il se produit un vide dans le creuset, et l'on fait une nouvelle charge de matières. La cuisson s'opère sur une hauteur de 2 à 3 mètres; le ciment cuit se refroidit ensuite peu à peu en C, et arrive complètement froid sur la grille. Le contenu du four étant mis fréquemment en mouvement, les roches n'ont pas le temps de s'attacher aux parois, et la descente se produit régulièrement; cependant, il arrive quelquefois des collages; on peut alors détacher les roches en ringardant par le dessus de la voûte E ou par les ouver-

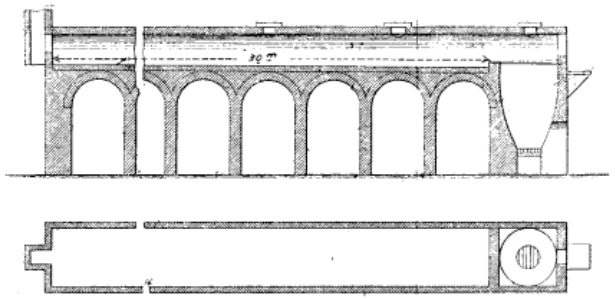


Fig. 15. — Four-séchoir Johnson (1er type).

tures F, pratiquées sur les côtés du four. On utilise, pour la cuisson, du charbon gras ou demi-gras, et la quantité employée varie de 150 à 200 kilos de combustible par tonne de ciment cuit. Les charges se font généralement toutes les demi-heures suivant l'état du feu. Ces fours demandent une attention très soutenue de la part des cuiseurs, et la conduite en est souvent assez pénible. Néanmoins ils donnent des résultats satisfaisants, et leur emploi se généralise de plus en plus.

Les fours à étages sont toujours construits deux par deux, comme l'indique la figure 10. La section de la cheminée et du réchauffeur est rectangulaire, mais celle du creuset est elliptique; le diamètre du grand axe est de $1^m,80$; celui du petit axe, de $1^m,10$.

Pour que la marche des fours continus soit bonne, il est nécessaire que l'air arrive en excès dans le creuset; aussi, la grille doit-elle être aussi large que possible; il faut que les gaz sortant du four contiennent au moins 2 p. 100 d'oxygène; on attache, en Allemagne, une très grande importance à cette condition. M. Mayer avait disposé un appareil permettant de doser rapidement l'oxygène dans les gaz

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des fours; il a depuis simplifié cet essai en employant le spectroscope; il a remarqué, en effet, que, si l'on examine la flamme au spectroscope, la raie jaune du sodium apparaît quand l'allure est réductrice et disparaît quand elle est oxydante. On ne fait de nouvelles charges de combustible que si l'on a constaté la présence de l'oxygène, et ce point est considéré comme essentiel. Dans le même but, on a aussi installé des souffleries qui envoient dans le four un excès d'air, et on a réalisé ainsi une économie de combustible.

Le four Schaffer (fig. 11) est une modification du four Dietzsch; dans ce système, la cheminée et le réchauffeur surmontent directement le four, les matières à cuire sont introduites à une certaine hauteur dans la cheminée, en A. Le four proprement dit a une forme conique très prononcée; la grille est très large; dans la partie supérieure du cône, sont disposés, sur les côtés, des orifices

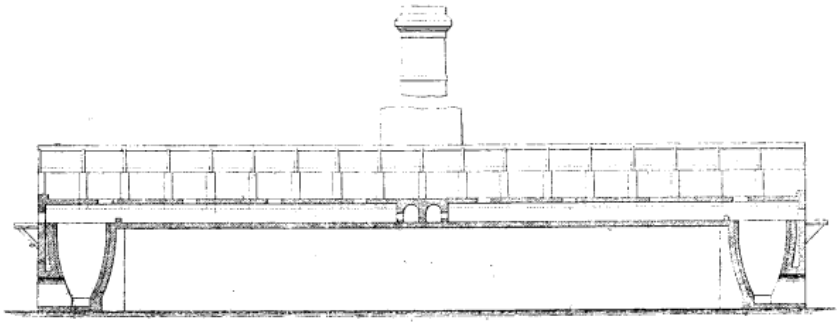


Fig. 16. — Four-séchoir Fanchon avec séchoir inférieur et supérieur.

par lesquels on introduit le combustible. La marche est à peu près la même que celle du four Dietzsch, mais elle est plus simple, puisqu'il n'est pas nécessaire de prendre la matière dans le réchauffeur pour la jeter dans le creuset. Les résultats n'en paraissent pas cependant, jusqu'à présent, aussi satisfaisants. Ce four est surtout employé en Danemark.

Le four Hauenschild (fig. 12) est aussi un four continu; il a l'aspect d'un four ordinaire, mais il est complètement cylindrique; son diamètre est plus grand que celui des fours Dietzsch; pour empêcher le collage des roches de ciment contre la chemise, on donne à celle-ci une très faible épaisseur; c'est une enveloppe en ciment avec ossature métallique ou en tôle revêtue du côté du four de briques réfractaires; grâce à ce peu d'épaisseur, les briques ne peuvent pas atteindre une température très élevée, et le ciment en fusion ne s'y attache pas. Il existe d'ailleurs une deuxième enveloppe, et l'espace compris entre celle-ci et la paroi du four est utilisé de diverses manières, soit pour échauffer de l'air qui sera utilisé plus loin au séchage, soit à dessécher les matières que l'on introduit en haut pour les extraire par le bas. La marche du four est lente; les briques

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et le combustible sont introduits directement par des portes ménagées dans la cheminée. En raison de son grand diamètre, ce four peut, paraît-il, produire 20 tonnes par jour en dépensant seulement 200 kilos de combustible par tonne de ciment cuit.

Enfin, nous dirons quelques mots du four Brentano (fig. 13) qui présente certaines dispositions originales. La pâte doit être tout d'abord moulée en forme de boules, ce que l'on obtient au moyen de l'appareil reproduit figure 14. Ces boules sont versées dans des trémies situées à la partie supérieure du four; de là, elles se rendent par des tuyaux dans le réchauffeur du four, qui, d'ailleurs, a l'aspect d'un four Dietzsch. Pour permettre au tirage de s'effectuer plus facilement, les boules ne se répandent pas simplement dans la cheminée, mais elles descendent dans

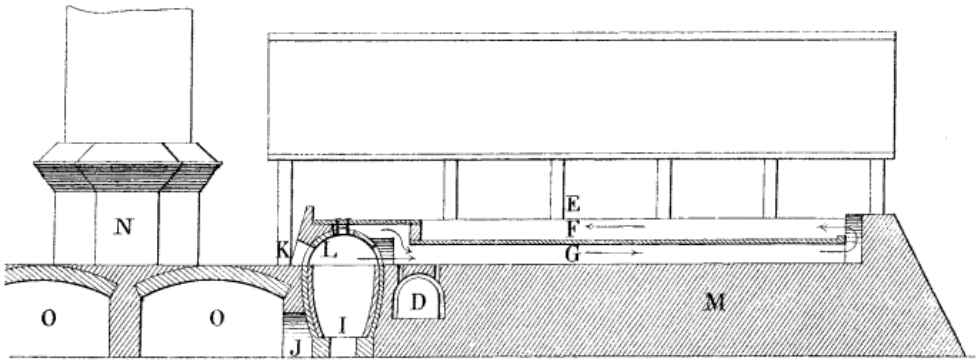


Fig. 17. — Four White.

E, plate-forme supérieure, sur laquelle on étale la pâte à sécher. — F, canal dans lequel passent les gaz, et au fond duquel on place une couche de pâte à sécher. — G, canal d'écoulement des gaz. — H, orifice de dégagement des gaz. — I, cuve du four où s'opère la cuisson. — J, porte de défournement. — K, porte de chargement. — L, voûte du four. — M, massif des fours. — N, cheminée.

une série de tubes constitués par des barres reliées entre elles par des cercles; les boules peuvent ainsi subir l'action de la chaleur sans gêner en rien le tirage. Le fonctionnement du four est le même que celui du four à étages ou du four Schofer.

Fours-séchoirs. — Les premiers fours-séchoirs ont été construits en Angleterre par M. Johnson; la disposition qu'il avait adoptée consistait à remplacer les dômes des fours ordinaires par une voûte, et à diriger les gaz dans un grand canal horizontal de 20 mètres de longueur environ (fig. 15); la pâte était coulée dans le fond de ce canal, et elle se trouvait séchée par le passage des gaz se rendant à la cheminée.

Diverses modifications ont été apportées à ces fours, notamment par M. Famchon, en 1875; on a utilisé non seulement le fond du canal, mais l'extrados de la voûte (fig. 16). MM. White frères ont réalisé une autre disposition. Dans la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

chambre de séchage, il existe une série de canaux recouverts de plaques en fonte sur lesquelles on étale la pâte à sécher ; les gaz passent d'abord dans ces canaux, puis ils reviennent à la cheminée qui se trouve du côté des fours, la pâte est ainsi chauffée par-dessous et par-dessus (fig. 17). Enfin, sur les plaques de fonte, qui recouvrent tout le séchoir et qui sont amovibles, on étale aussi de la pâte qui se trouve séchée par les gaz retournant à la cheminée.

La combinaison du séchage avec les fours continus présentait un grand intérêt, et n'a pas été moins étudiée. Il y a une quinzaine d'années, M. Gibbons employait un four continu, et, de part et d'autre de la cuve, étaient disposées des chambres de séchage (fig. 18). On mettait tantôt l'une tantôt l'autre en communi-

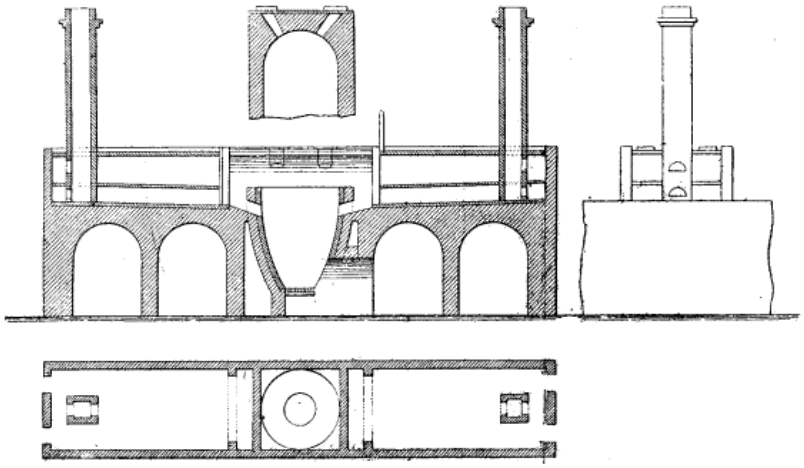


Fig. 18. — Four séchoir à marche continue *Gibbons*.

cation avec le four, et on pouvait ainsi sécher continuellement sans arrêter la cuisson (1). Plus tard, M. Du Pasquier prit un premier brevet pour un four continu avec séchoir (fig. 19); dans un deuxième brevet, il modifiait le séchoir et le remplaçait par des chambres dans lesquelles on disposait les briques à sécher ; quand on voulait retirer les briques, on isolait la chambre au moyen d'un registre, et on envoyait les gaz soit à la cheminée, soit dans un autre four pour activer la cuisson. Des trous de piquage placés sur le dessus de la voûte du four et latéralement permettent de ringarder et de détacher les roches; le combustible est introduit par un orifice situé dans la voûte et dans l'axe du four; un plateau ferme cet orifice, il peut être abaissé quand on fait une charge; on lui imprime alors un mouvement de rotation qui distribue également le combustible sur toute la surface du four (fig. 20).

(1) *Scott and Redgrave, Bernays and Granton Portland cement* London 25 Great George street, Westminster S. W., 1880.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

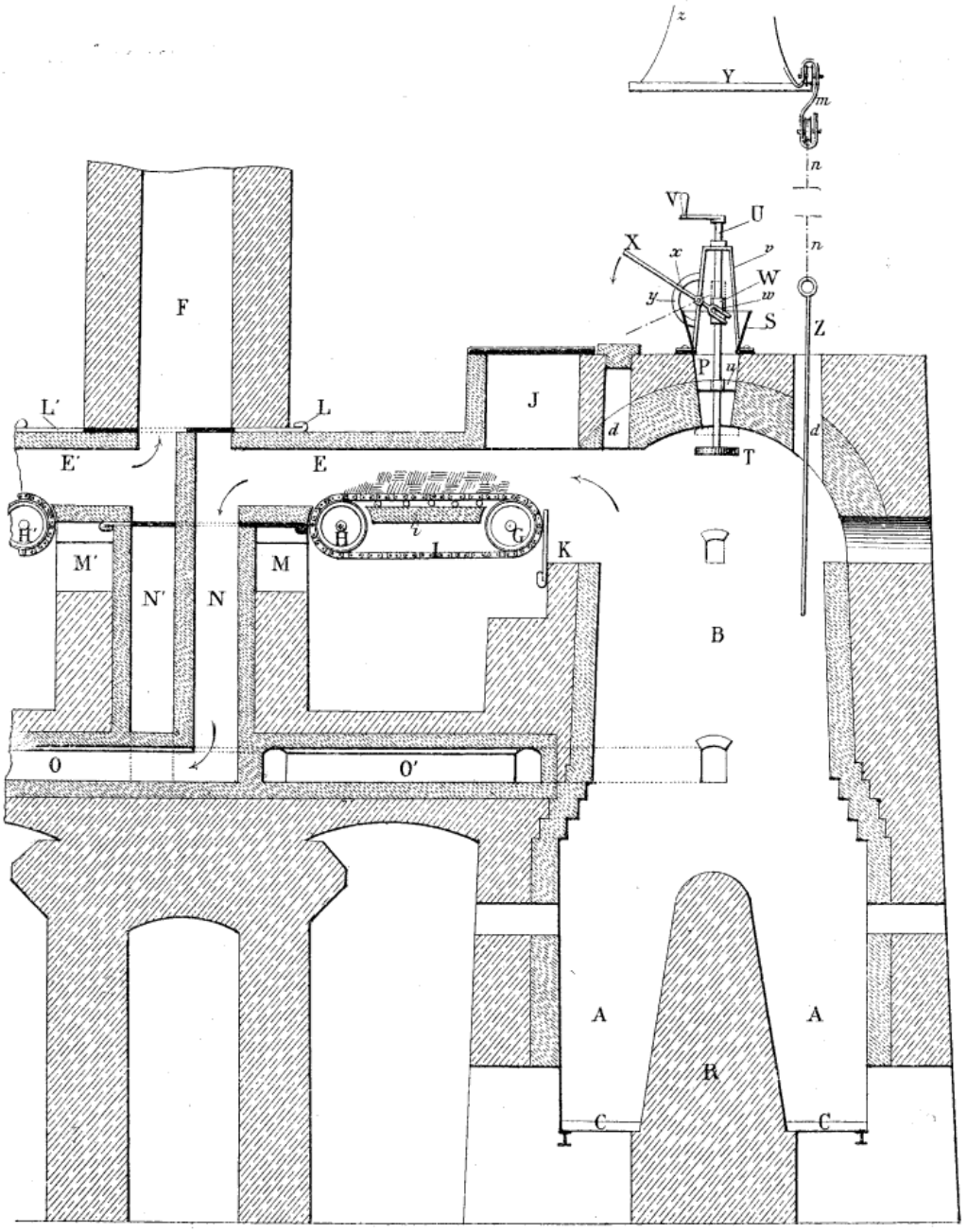


Fig. 19. — Four continu avec séchoir de Kavalewski et Du Pasquier.

A, chambre de refroidissement. — B, creuset. — C, grille. — E, canal d'échappement des gaz et séchoir. — G, H, I, chaîne sans fin entraînant les briques. — J, ouverture pour l'introduction des briques. — K, écran préservant le mécanisme. — L, registre. — M, porte établissant la communication entre le réchauffeur E et le second four, les gaz passent alors par les conduits N et O. — P, orifice de chargement. — R, cône réglant la descente du ciment cuit. — S, U, W, X, appareil permettant de distribuer le combustible dans le four. — Z, ringard. — Y, cercle portant un chariot *m* pour la manœuvre du ringard.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

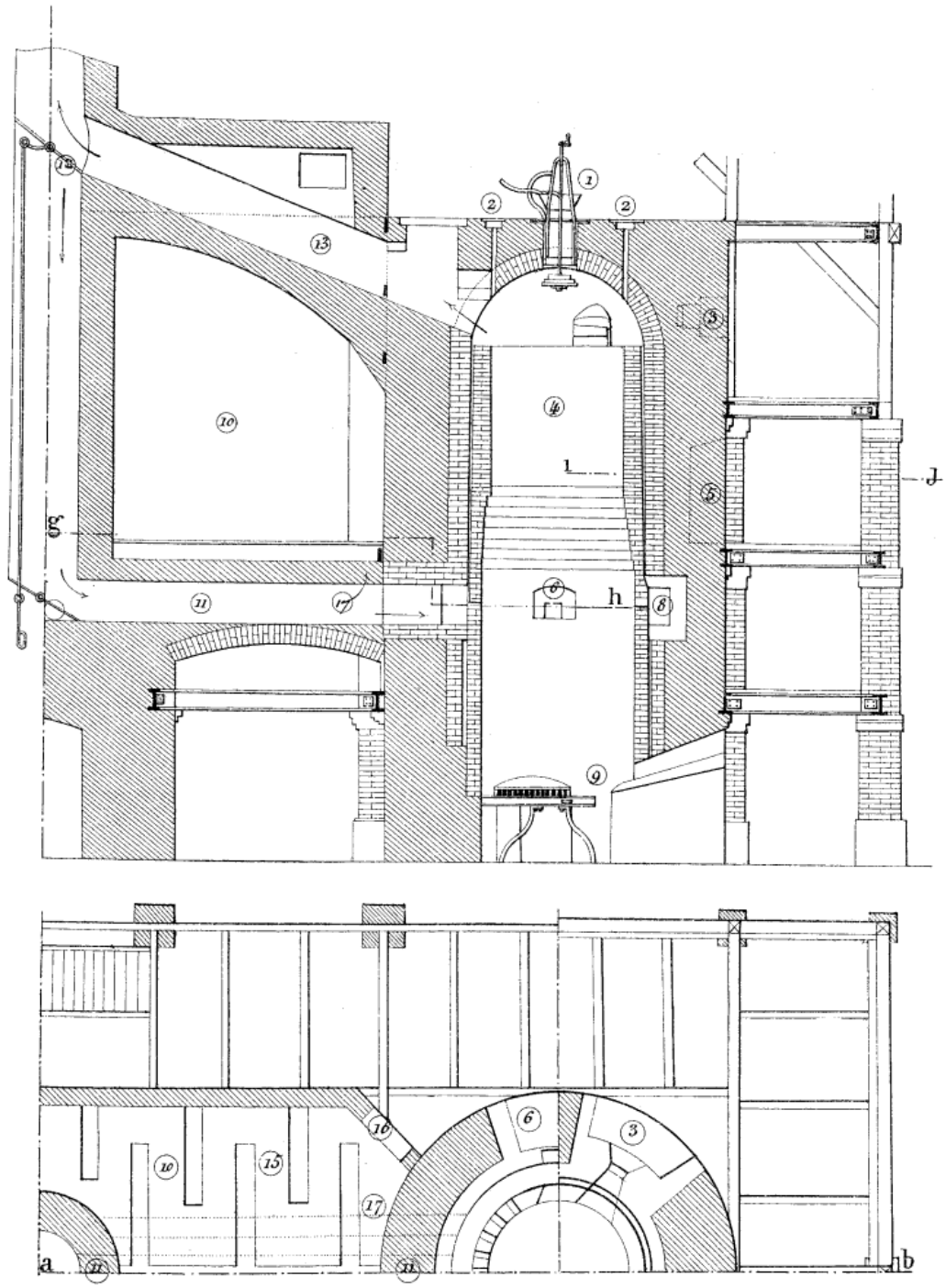


Fig. 20. — Four continu avec séchoir pour la cuisson du ciment Portland, système Du Pasquier.

1, orifice du chargement. — 2, trous de piquage. — 3, portes de chargement. — 4, creuset. — 5, 6, regards. — 7, chambre de refroidissement. — 8, canalisation pour l'introduction des gaz chauds venant du second four. — 9, grille. — 10, séchoir pour la pâte. — 11, canal amenant les gaz chauds du second four au séchoir ou sous la deuxième zone de fusion du premier four. — 12, registres. — 13, canal d'échappement des gaz. — 14, trou d'homme. — 15, portes de chargement du séchoir. — 16, portes de déchargement du séchoir. — 17, orifice d'entrée des gaz chauds dans les séchoirs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

A Ruddersdorf, près de Berlin, on construisit en 1889 des fours à cuve, à marche continue, dont les gaz sont utilisés au séchage des briques disposées dans une série de chambres que l'on peut mettre ou non en communication avec

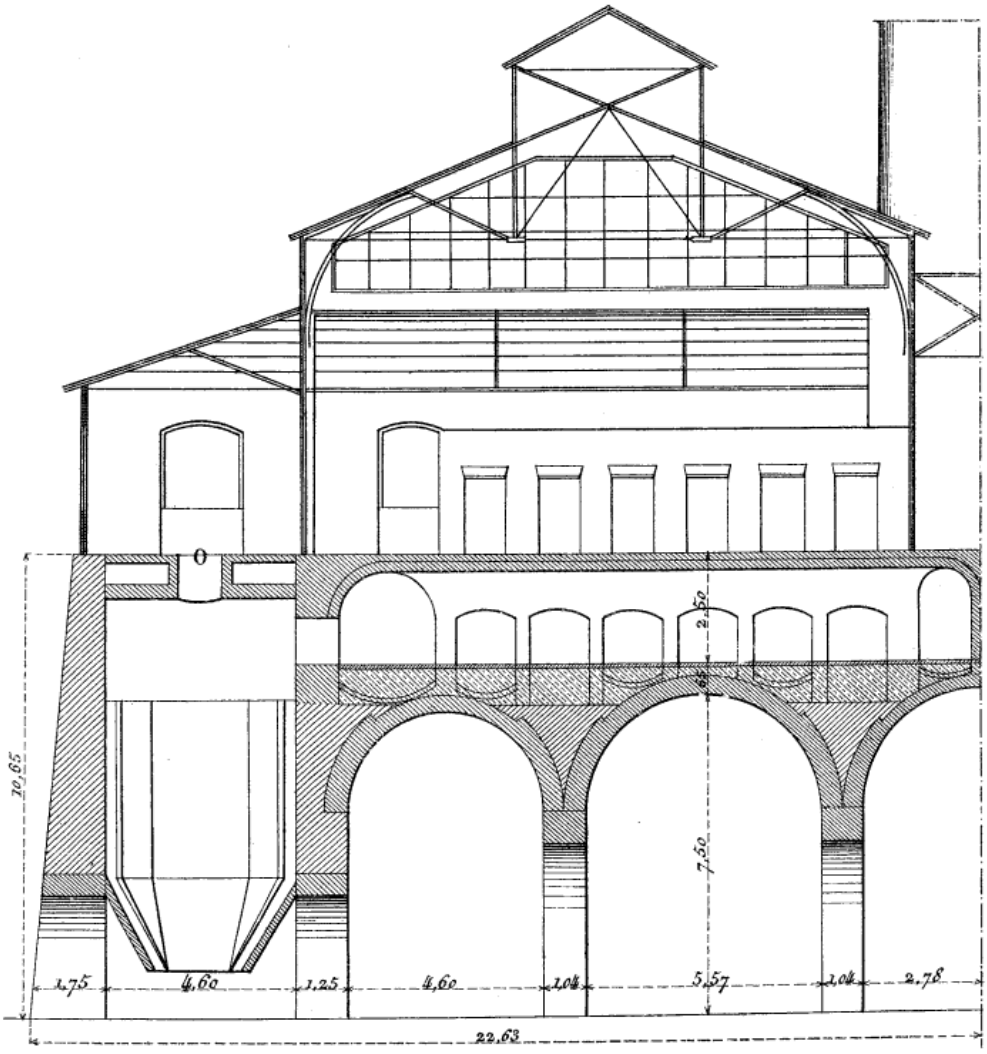


Fig. 21. — Four continu de Ruddersdorf, avec séchoirs inférieurs et supérieurs.
O, trémie de chargement.

le four. Le chargement des fours se fait par une ouverture circulaire placée dans l'axe du four (fig. 21).

Nous pourrions citer encore un autre système de four employé depuis plusieurs années, et qui consiste dans l'utilisation des gaz des fours au séchage dans des canaux de Fellner et Ziegler.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Plusieurs autres dispositions ont été imaginées pour combiner les fours continus avec le séchage, et on peut prévoir que ce système sera de plus en plus employé dans l'avenir, surtout dans les usines travaillant par voie humide. Les conditions essentielles que doivent remplir de pareils fours sont la simplicité de construction et de manœuvre et l'utilisation aussi complète que possible de la chaleur développée par la cuisson.

Le four Hoffmann, ou four tournant, que l'on trouve dans un grand nombre d'usines en Allemagne, est aussi un four continu. Quand les briques sont comprimées à sec, il n'est pas nécessaire de les sécher, et on peut les introduire telles quelles dans le four. Mais plusieurs fabricants préfèrent les briques préparées en pâte molle; il faut alors les dessécher préalablement. On a utilisé dans ce but la chaleur de rayonnement du four de la façon suivante. Le four est entouré d'un plancher qui est situé au niveau supérieur et déborde de 3 à 4 mètres. Sur ce plancher, sont disposées des étagères sur lesquelles on place les briques à

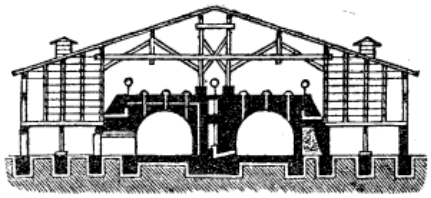


Fig. 22. — Four *Hoffmann* avec séchoir utilisant la chaleur perdue du four.

sécher; enfin, tout le four est couvert d'une toiture bien close; des ouvertures placées convenablement forcent l'air chaud qui s'élève du four à traverser les étagères chargées de briques pour s'échapper au dehors. Ce passage d'air chaud suffit pour dessécher complètement les briques, qui ne contiennent d'ailleurs que 20 p. 100 d'eau environ (fig. 22). Plusieurs autres dispositions basées sur le même principe ont été imaginées pour le séchage des briques par l'air chaud.

Il existe, depuis quelques années, aux États-Unis, des fabriques de ciment Portland qui se servent, pour la cuisson, d'un four rotatif dont le fonctionnement serait, paraît-il, très satisfaisant (fig. 23). Ce four se compose essentiellement d'un cylindre de 10 mètres de long et $1^{m},50$ de diamètre intérieur; il est légèrement incliné. Ce cylindre est en tôle; il est garni à l'intérieur de briques réfractaires; il tourne sur des galets, à raison de une révolution par minute, environ; la matière à cuire est introduite en poudre à la partie supérieure, elle est entraînée par le mouvement de rotation et descend lentement; à l'autre extrémité, un jet de pétrole lancé par un ajutage spécial produit une température très élevée, suffisante pour vitrifier le ciment qui arrive, déjà privé d'acide carbonique, dans la région du coup de feu. Finalement, le ciment cuit sort du cylindre et tombe

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans un autre tube tournant; il se trouve entraîné automatiquement et se refroidit peu à peu. D'après M. Giron, à qui nous devons des renseignements sur ce four, et qui a été l'un des premiers à l'utiliser aux États-Unis, la cuisson durerait à peine une demi-heure avec ce procédé; le ciment serait cuit très uniformément. L'économie de main-d'œuvre est évidemment très considérable; deux hommes suffisant pour la marche du four, qui peut produire 20 à 30 tonnes par jour. Des essais faits avec des gazogènes n'auraient pas réussi, et la cuisson au pétrole donne seule de bons résultats.

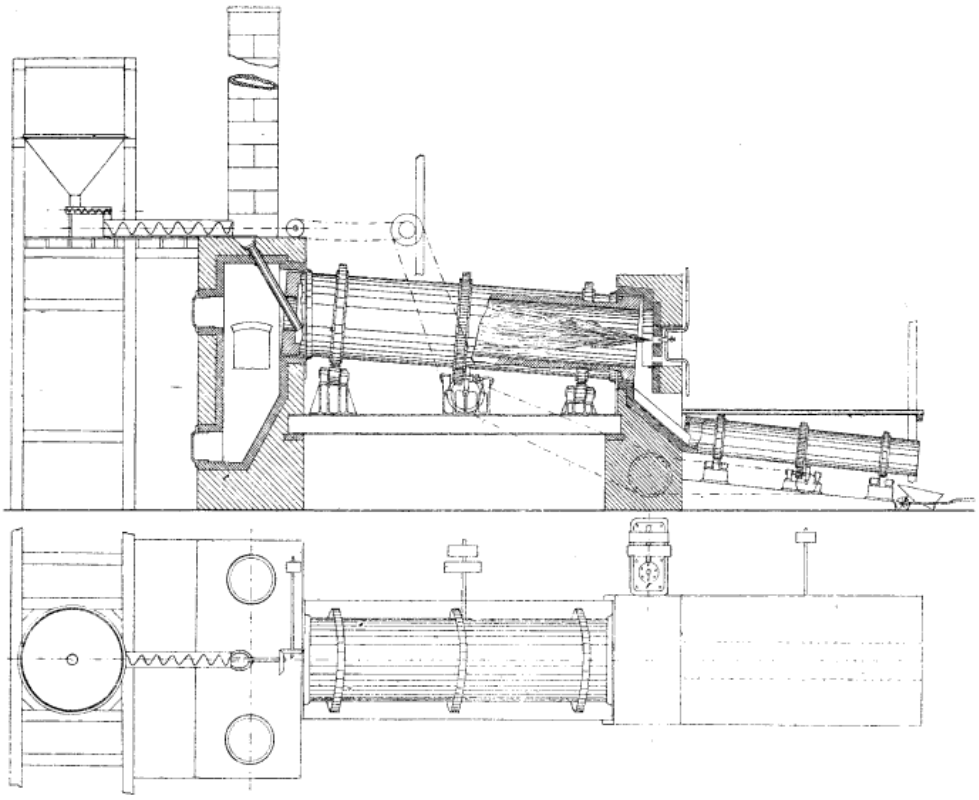


Fig. 23. — Four tournant américain au pétrole pour cuisson continue des ciments.

II

APPAREILS DE MOUTURE

Le ciment bien cuit se présente, à la sortie, des fours sous forme de roches noires extrêmement dures; pour broyer ces roches et les réduire en poudre fine,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

il faut des appareils puissants, et combinés de telle sorte qu'ils joignent à un rendement élevé une usure aussi faible que possible. Pendant longtemps, on s'est contenté de casser grossièrement les roches soit à la masse, soit à l'aide de concasseurs Blacke; puis on finissait la mouture avec des meules en pierre. Une amélioration très importante a été réalisée par la granulation : à la sortie du concasseur (fig. 24), les morceaux passent dans un laminoir composé de deux cylindres en fonte dure; le ciment, réduit en menus fragments, est envoyé dans une bluterie en tôle perforée, qui ne laisse passer que les morceaux ayant

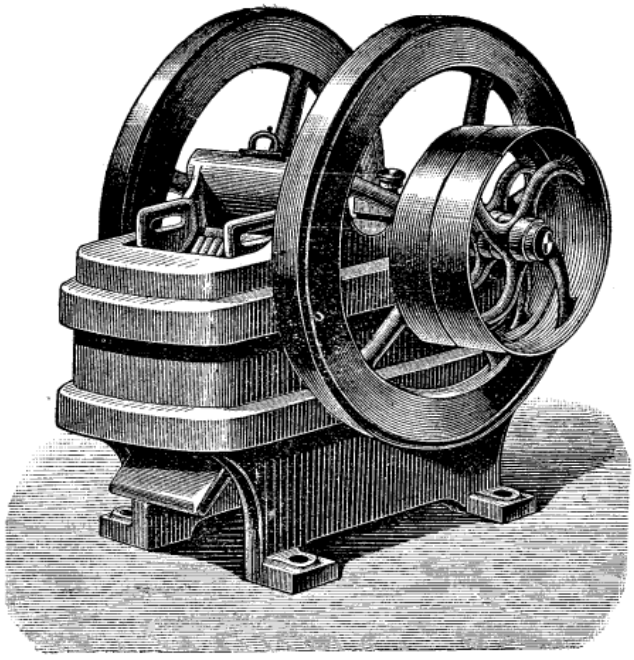


Fig. 24. — Concasseur Blacke.

au maximum 6 à 8 millimètres, les autres retournent au laminoir. Les grains qui ont passé à travers la bluterie sont transportés aux meules; celles-ci, ne recevant que des matières d'une grosseur uniforme et assez réduite, travaillent dans de très bonnes conditions, et leur rendement atteint et dépasse 1 000 kilos à l'heure. Quelquefois, les laminoirs sont composés de deux ou même trois paires de cylindres superposées (fig. 25); dans ce cas, la bluterie n'est plus nécessaire.

Les meules sont généralement disposées comme les meules à blé, la courante en dessus, la gisante ou meule fixe en dessous (fig. 26). Cependant, on construit aussi des moulins dans lesquels la meule supérieure est fixe (fig. 27 et 28). Ce système est surtout employé pour la préparation des pâtes par voie humide

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

quand on a à traiter des matières dures difficilement délayables, ou bien quand on veut malaxer la pâte avec une faible quantité d'eau (procédé Gorham). Les meules sont disposées sur une seule ligne, sur deux lignes parallèles, ou en beffroi par groupes de quatre; cette dernière disposition est adoptée surtout quand on ne dispose pas d'une place suffisante.

Les meules ont l'avantage d'avoir un fort rendement, mais elles demandent

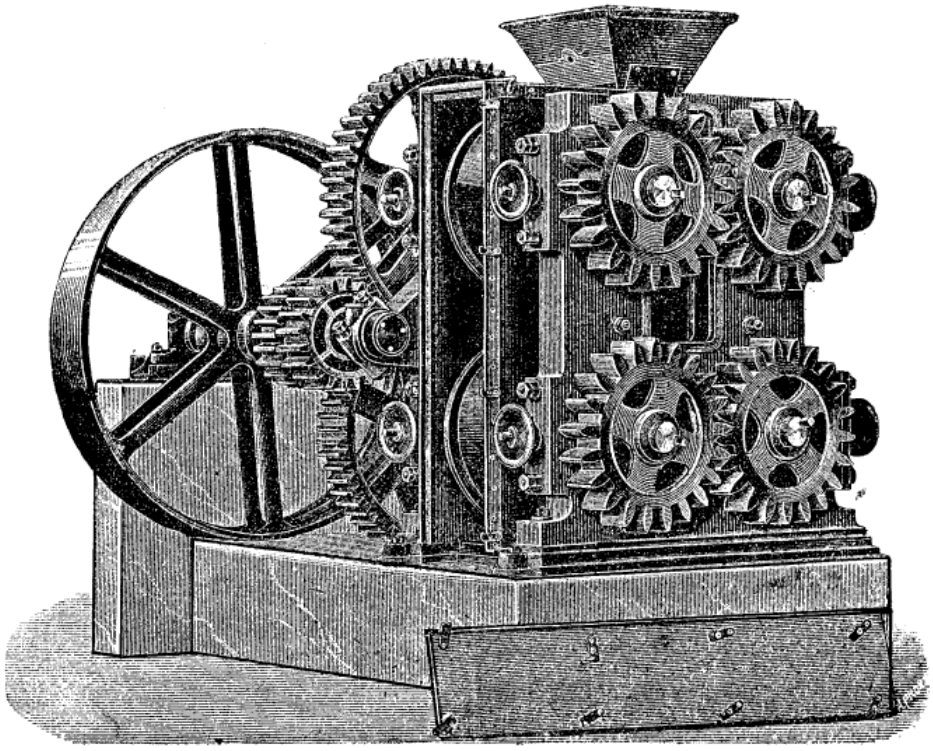


Fig. 28. — Laminoir à deux paires de cylindres superposées.

beaucoup de force motrice; on compte, pour une paire de meules, 30 à 40 chevaux. De plus, les meules doivent être retaillées très souvent, et il faut, pour cela, des ouvriers spéciaux; ces inconvénients ont conduit les fabricants à rechercher d'autres appareils, et, depuis quelques années surtout, on en a essayé un grand nombre. Nous ne parlerons que de ceux dont on trouve des applications sérieuses

Le broyeur Morel (fig. 29) est un appareil à boulets à marche rapide. Voici la description qui en a été faite par M. Gobin (1) : « Cet appareil a la forme d'un cylindre à axe vertical de 1 mètre de diamètre et $0^{m},50$ de hauteur; il se com-

(1) Étude sur la fabrication et les propriétés des ciments de l'Isère par M. A. Gobin, ingénieur en chef des ponts et chaussées (*Annales des Ponts et Chaussées*, juin 1889).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pose de six bras métalliques partant d'un moyeu central, ou menard, mis en mou-

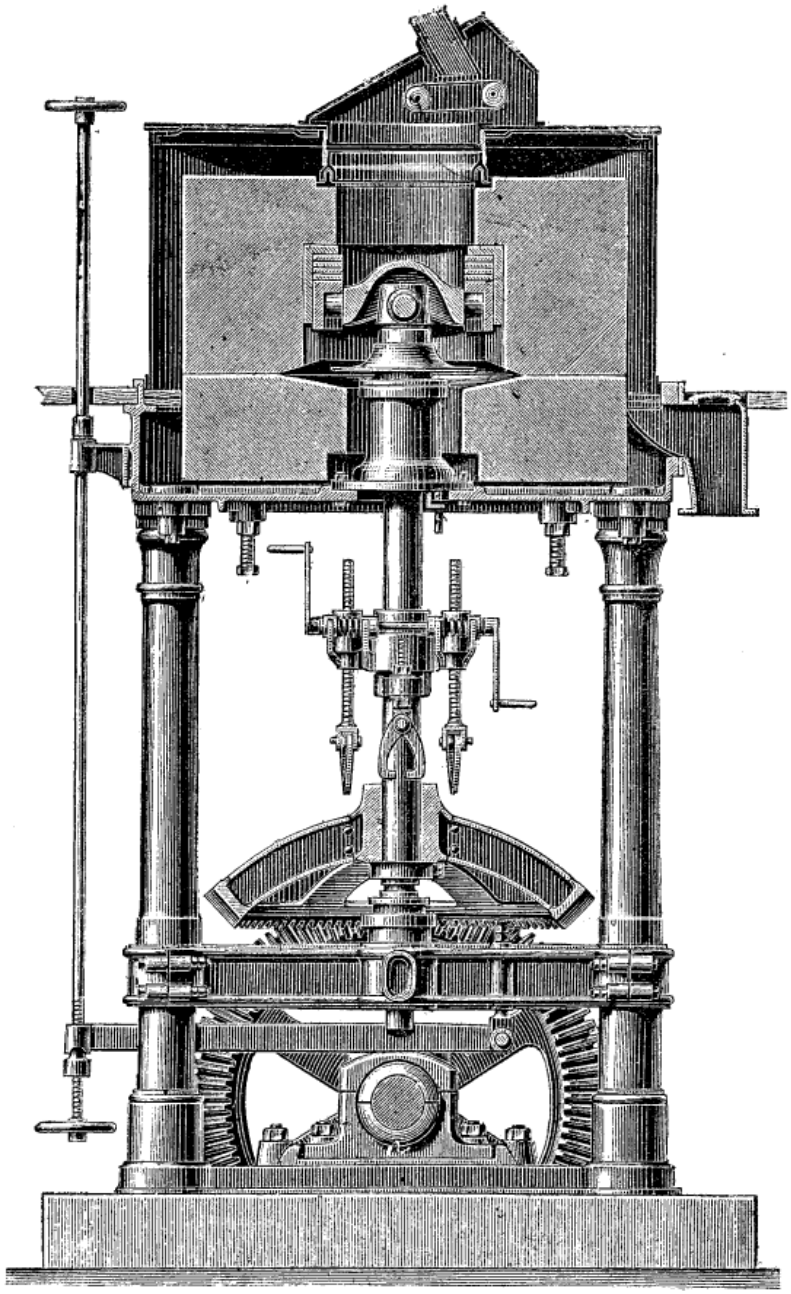


Fig. 26. — Moulin avec meule tournante supérieure.

vement par un arbre à axe vertical, et de six boulets en acier de $0^m,20$ de diamètre, pesant 35 kilos chacun, simplement intercalés entre les bras, sans aucune

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

liaison. Le tout est entouré d'une couronne cylindrique en acier présentant intérieurement une gorge circulaire à section sphérique décrite avec un rayon égal à celui des boulets avec une flèche de 3 centimètres; cette couronne est surmontée d'une toile métallique destinée à tamiser la poudre. Lorsque le

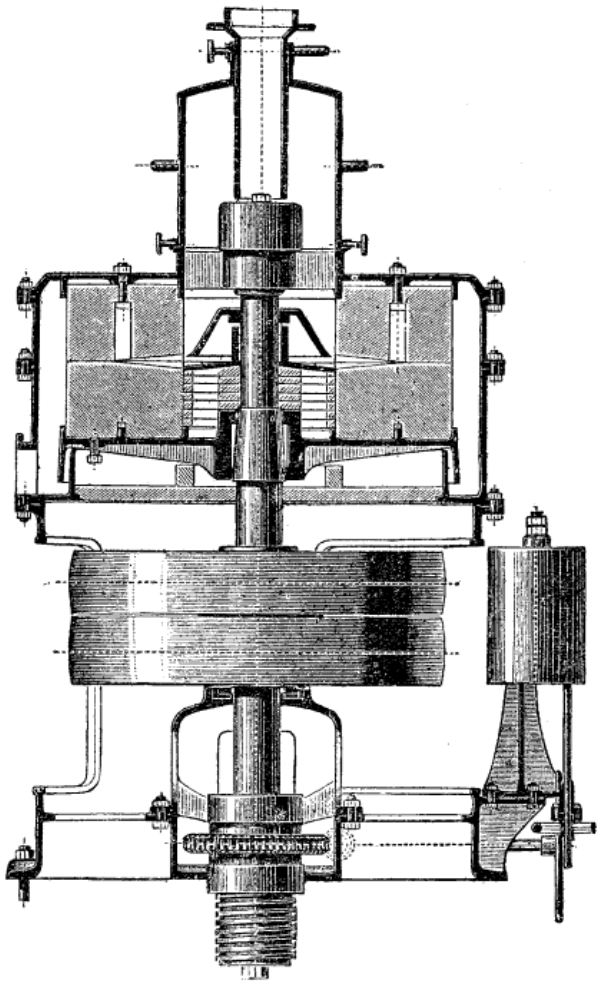


Fig. 27. — Moulin à meule tournante inférieure.

moyeu est mis en mouvement avec une vitesse de rotation de 180 à 200 tours par minute, les boulets, chassés par la force centrifuge, s'engagent dans la gorge de la couronne, et, poussés par les bras, roulent en restant dans cette gorge et y écrasent par pression, roulement et glissement, la matière à pulvériser, que l'on introduit, au moyen d'une trémie ou d'une chassole, dans la partie centrale de l'appareil, comme on le fait pour les moulins à meules en pierre. La poudre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

produite est chassée par le courant d'air résultant de la rotation même de l'appareil, et, traversant la toile métallique, elle s'échappe au dehors, où elle est recueillie dans l'espace annulaire compris entre l'appareil et une cloche en fonte

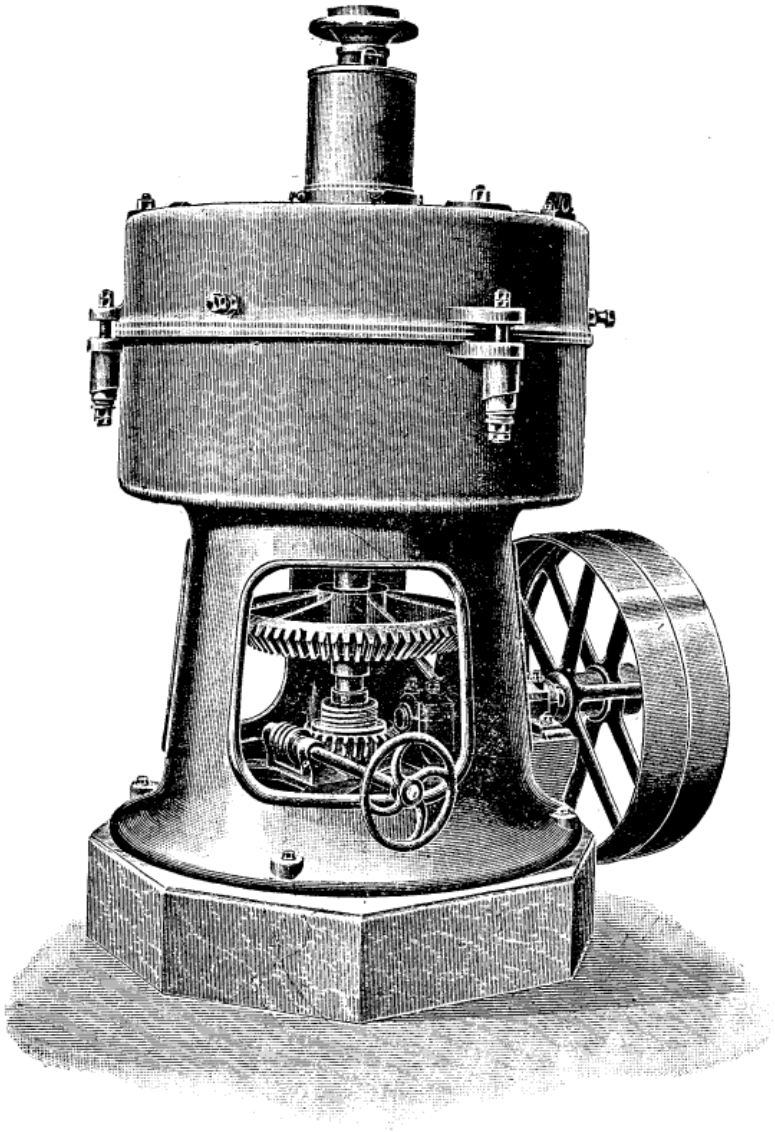


Fig. 28. — Moulin à meule tournante inférieure. Vue extérieure.

qui l'enveloppe entièrement de manière à éviter toute déperdition de poudre. Des raclettes mues par l'appareil rassemblent cette poudre et la font tomber dans un conduit qui l'amène aux blutoirs, où elle se tamise une seconde fois à la finesse voulue.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans le dernier type du broyeur Morel, le nombre des boulets a été réduit à

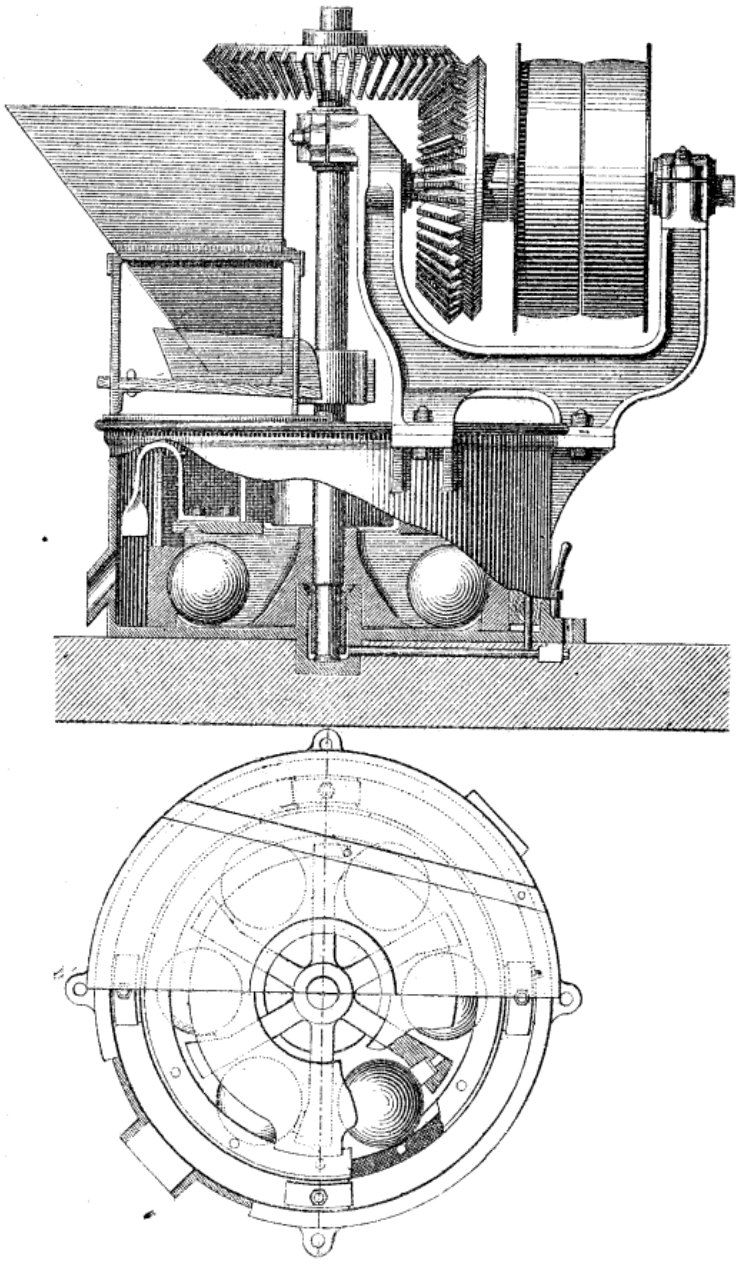


Fig. 29. — Broyeur pulvérisateur Morel à boulets et à force centrifuge.

quatre; la vitesse est de 220 à 230 tours par minute; de plus, l'appareil est vertical (fig. 30); ce broyeur est surtout utilisé pour la mouture des ciments de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dureté moyenne, comme les ciments prompts ou les grappiers de chaux; on l'emploie aussi pour le traitement des scories granulées destinées à la fabrification des ciments de laitier.

Le broyeur à boulets du système Jenisch ou Lohnert est celui qui a eu le

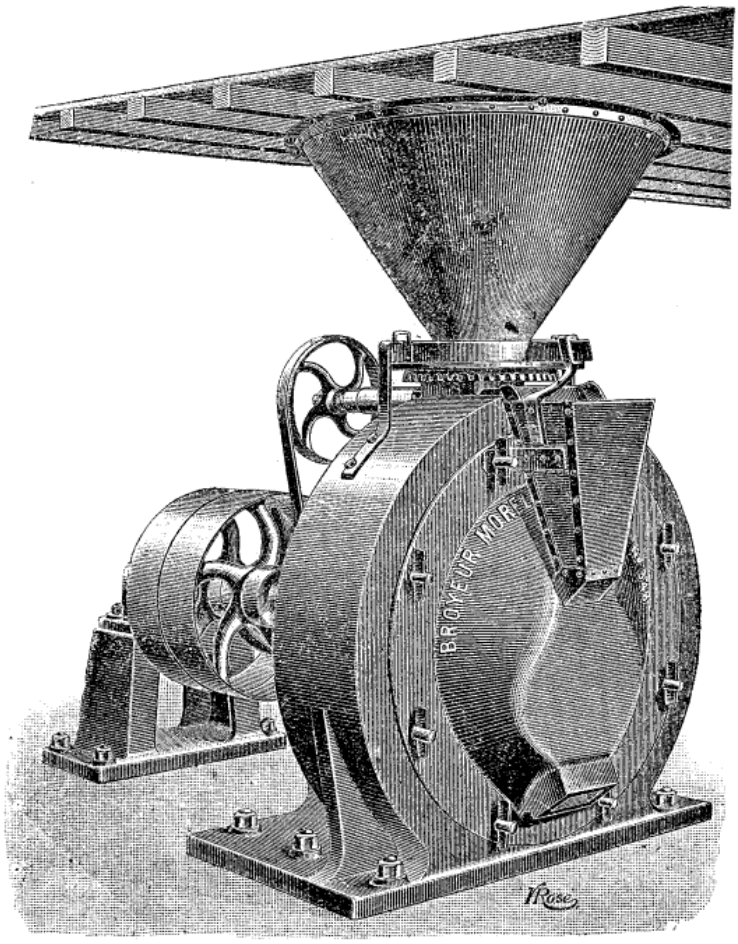
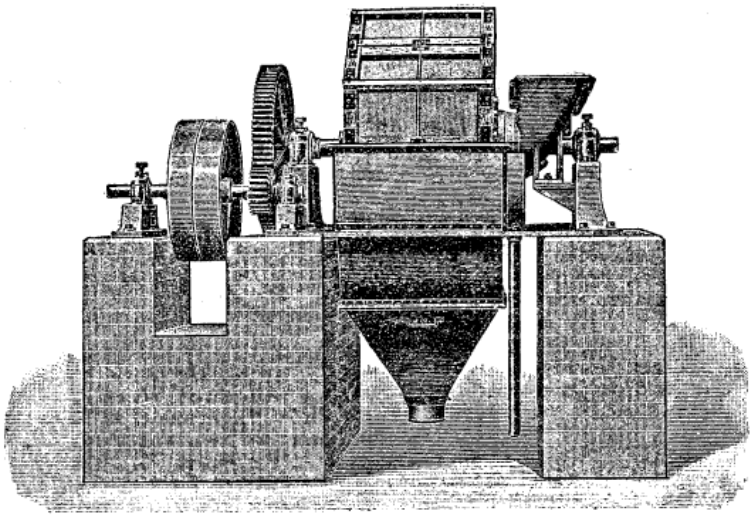


Fig. 30. — Broyeur Morel, type vertical.

plus de succès dans ces dernières années; il en existe un grand nombre en fonctionnement en Allemagne, en Russie, en Danemark (fig. 31 et 32). Son principe est différent de celui du broyeur Morel; sa marche est lente, et les boulets n'agissent que par leur propre poids. Il se compose essentiellement d'un tambour dont l'enveloppe est formée de plaques à courbure circulaire percées de trous de 6 à 8 millimètres; ces plaques sont en acier ou en fonte durcie.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



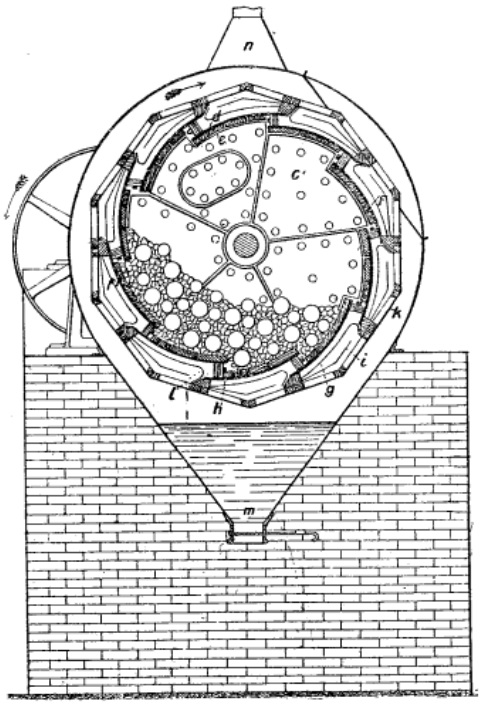


Fig. 31 et 32. — Broyeur à boulets de Lohnert.

n, aspirateur. — *m*, trémie dans laquelle tombe le ciment moulu. — *b'*, plaques perforées. — *gi*, tôle perforée. — *k*, intervalle par lequel les matières non broyées rentrent dans l'appareil. — *k*, cadres sur lesquels se fixent les tamis.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les boulets ont des diamètres différents, variant de 20 à 100 millimètres; ils sont libres, et, par le mouvement de rotation de l'appareil, ils roulent et tombent en cascade d'une plaque sur l'autre; le poids des boulets contenus dans un broyeur n° 5, le plus grand modèle, est de 900 kilos.

Les matières qui passent à travers les trous des plaques tombent sur un tamis qui entoure tout l'appareil; la poudre fine, après avoir traversé le tamis, est recueillie dans une trémie; les matières encore trop grosses reviennent dans le broyeur par l'intervalle compris entre deux plaques, et se trouvent soumises de nouveau à l'action des boulets. L'appareil entier pèse environ 10 000 kilos; il marche à 20-30 tours par minute; sa production est de 600 à 800 kilos à

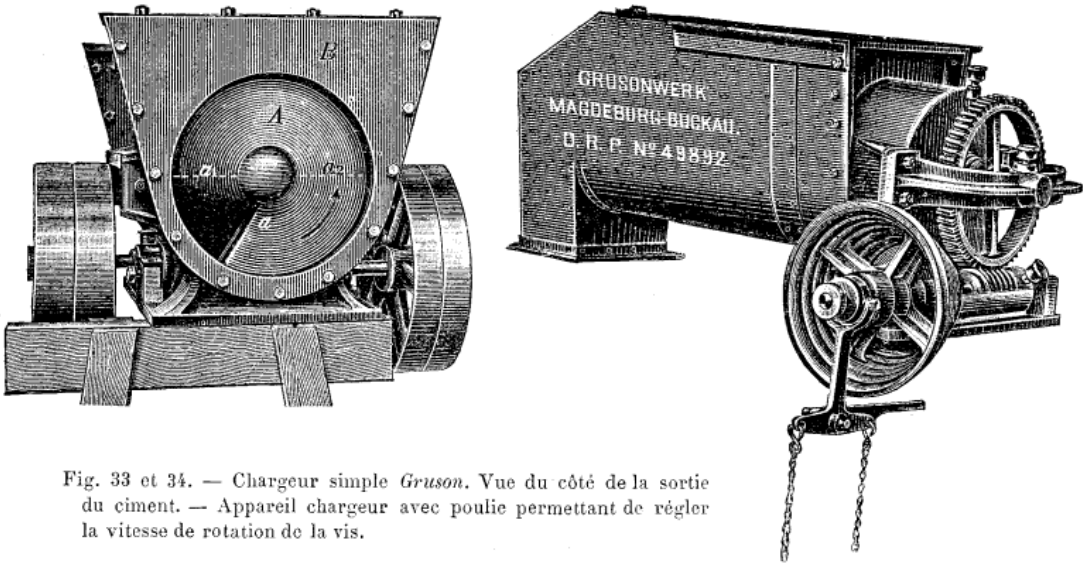


Fig. 33 et 34. — Chargeur simple *Gruson*. Vue du côté de la sortie du ciment. — Appareil chargeur avec poulie permettant de régler la vitesse de rotation de la vis.

l'heure, suivant la dureté des roches. On introduit le ciment dans le broyeur sans avoir besoin de le concasser au préalable, et c'est un de ses principaux avantages, car il permet de réunir en une seule opération le concassage, la mouture et le blutage. L'usure est assez faible quand les matières employées pour la construction sont de très bonne qualité. La maison Gruson installe, avec ces appareils, des chargeurs automatiques qui assurent l'introduction régulière du ciment; c'est en effet un point très important de ne pas laisser engorger le broyeur ou de le laisser marcher à vide. La pièce principale du chargeur est (fig. 33 et 34) un disque circulaire en fonte (A) tournant dans une auge également en fonte (B). Ce disque a une surface frontale hélicoïdale qui par son mouvement de rotation laisse échapper à chaque révolution une certaine quantité de ciment.

Les broyeurs à boulets demandent moins de force que les meules; on estime

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à 18 chevaux la force absorbée par un broyeur n° 5 dont le diamètre est de $2^m,17$ et la largeur $1^m,20$.

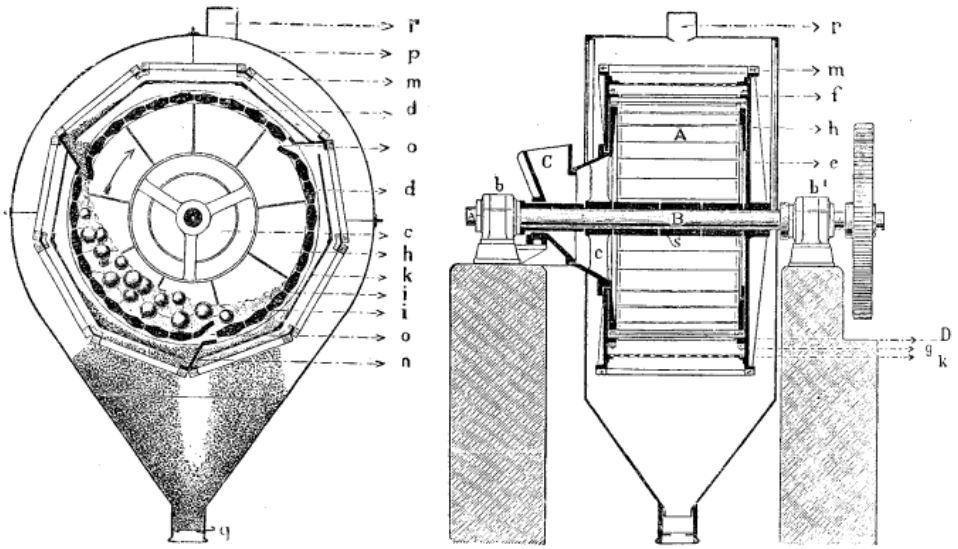


Fig. 35. — Broyeur à boulets de Siller et Dubois.

n, aspirateur. — *p*, enveloppe. — *m*, tamis. — *d*, barreaux en acier. — *o*, ouverture par laquelle les grains non broyés rentrent dans l'appareil. — *c*, trémie d'alimentation. — *k*, tôle perforée. — *i*, intervalles entre les barreaux laissant passer le ciment broyé.

Il existe beaucoup d'appareils à boulets se rapprochant plus ou moins de celui de Jenisch; la figure 35 représente l'un d'eux; on voit que les détails de construction diffèrent seuls, et que le fonctionnement est le même.

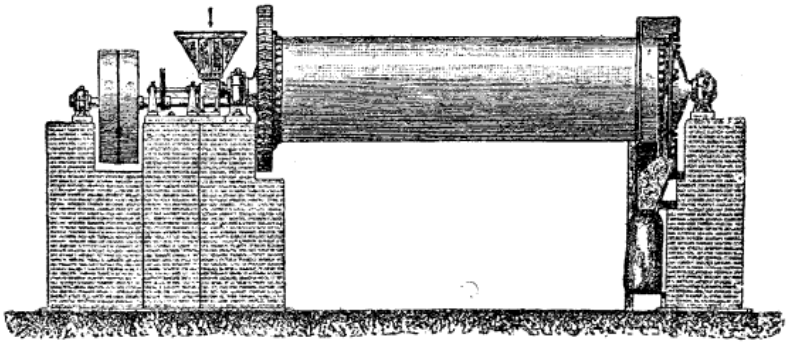


Fig. 36. — Broyeur continu à boulets *Davidsen* pour produire de la poudre très fine.

Dans certaines usines, on emploie les broyeurs à boulets comme préparateurs; les toiles métalliques sont alors remplacées par des tôles perforées; on obtient

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Hauteur du broyeur, 2 mètres, largeur, 1m,60 diamètre de la poulie (17), 1 mètre; vitesse 200 tours par minute; diamètre du galet (31), 0m,50, de l'anneau (70), 0m,75, hauteur, 0m,15; pression du galet sur son anneau, 2700 kilos. Poids du broyeur, 3250 kilos.

Tout le mécanisme supérieur est absolument à l'abri de la poussière. Les pièces d'usure se remplacent facilement aux prix suivants : anneau (70) 125 francs, bandage (31) 10 francs, un agitateur (5) 20 francs.

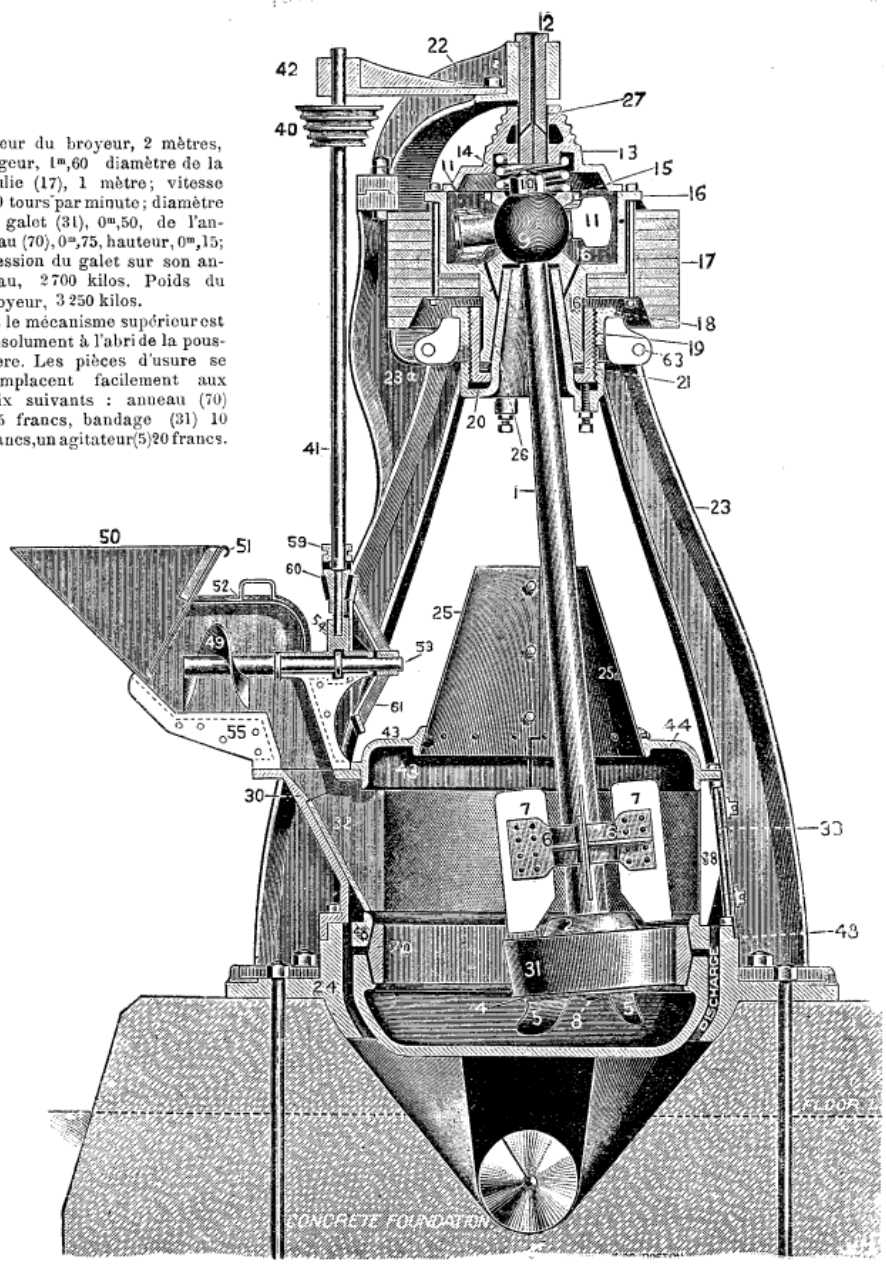


Fig. 37. — Broyeur *Griffin*.

24, bac percé de trous d'évacuation, avec anneau 70, assujetti par l'anneau en forme du coin 48, contre lequel la pulvérisation s'opère par le roulement du galet 2, à bandage 31, solidaire du battant 1, articulé et suspendu en 9-10 au moyeu 16 de la poulie en bois 17, par les tourillons 11, dont les boîtes peuvent se déplacer verticalement dans 16. 21, garniture antifriction supportant par la garde filetée 20, réglable en 21, le moyeu 16 sur les montants 23, à boulons 63. 14, ressort appuyant 9 sur 16-12, arbre relié à 16 par le couvercle 13, à palier 22-23, et percé pour le graissage. 6-7, ventilateur aspirant l'air dans le cône 25-44, et projetant les poussières sur la toile métallique 38. 4-5, agitateurs ramenant la matière sous le galet. 50, trémie, à trappe 51 et regard 52, alimentant le broyeur par 55, 30, 32, au moyen de la vis 49, commandée, de 27, par le train 42, 40, 41, 61, 53, avec embrayage à friction 59 60, empêchant tout accident.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

50 à 60 p. 100 de ciment fin, que l'on sépare par une bluterie; le refus de la bluterie est pulvérisé par des meules ordinaires.

Le broyeur Davidsen (fig. 36) est aussi utilisé pour finir le produit des broyeurs à boulets; il se compose d'un cylindre de 4 mètres de longueur sur 1 mètre de diamètre, garni intérieurement de pierre meulière; il contient une grande quantité de boulets en fonte ou en silex; le nombre de révolutions est de 30 par

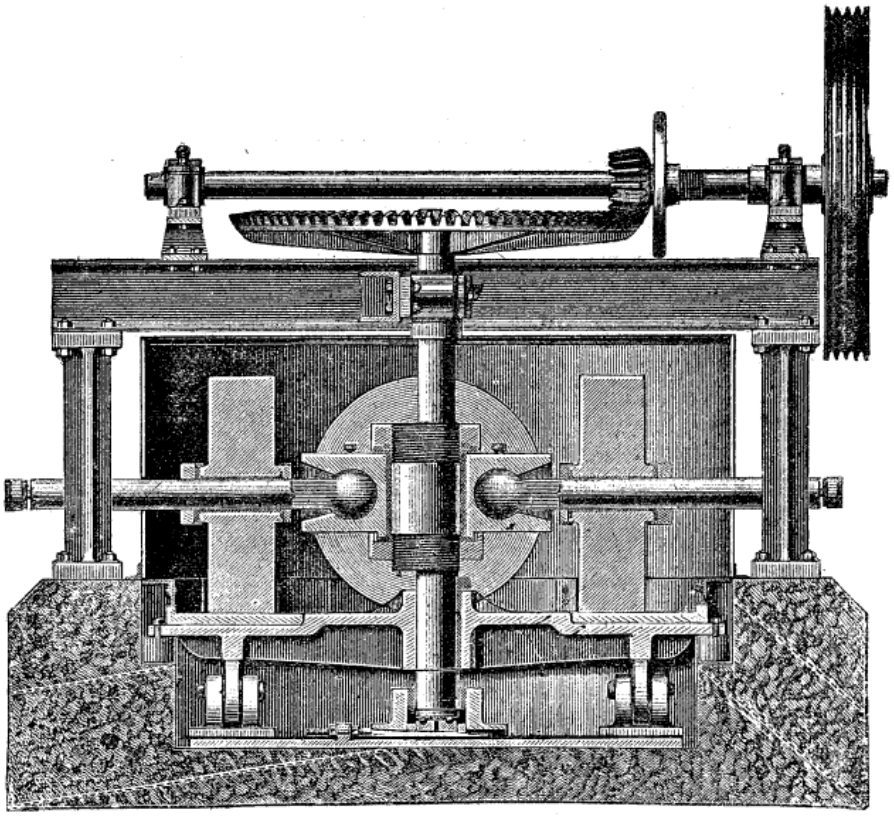


Fig. 38. — Broyeur *Taylor* à meules verticales et plateau tournant.

minute. Les matières introduites à une des extrémités sont entraînées par le mouvement de rotation et sortent à l'autre extrémité après avoir subi sur leur parcours l'action des boulets. Cet appareil permet d'obtenir une très grande finesse, tout en ayant un rendement élevé; la force employée par ce broyeur est de 30 chevaux. C'est, en somme, un broyeur Alssing à marche continue.

Le broyeur Griffin vient d'Amérique, et il a un certain succès en ce moment en Allemagne; il se rapproche un peu du broyeur Morel (fig. 37). Un meuleton, fixé à l'extrémité d'un arbre vertical animé d'un mouvement de giration, roule sur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

une couronne en fonte ; dans ce mouvement, le ciment est écrasé à la fois par le roulement et la pression du meuleton. Ce broyeur produirait, paraît-il, 1 500 kilos à l'heure, et l'usure ne serait pas très élevée.

Les broyeurs à meules verticales tournant sur un plateau fixe sont employés parfois comme préparateurs (broyeur Jeannot à Triel) ; dans le système Taylor, qui a fait son apparition récemment, les meules sont fixes et le plateau tourne ; cet appareil est d'ailleurs destiné à réduire le ciment en poudre très fine. Les meules sont au nombre de quatre ; elles sont portées par des arbres fixés au centre dans un manchon excentrique qui leur imprime un mouvement de va-et-

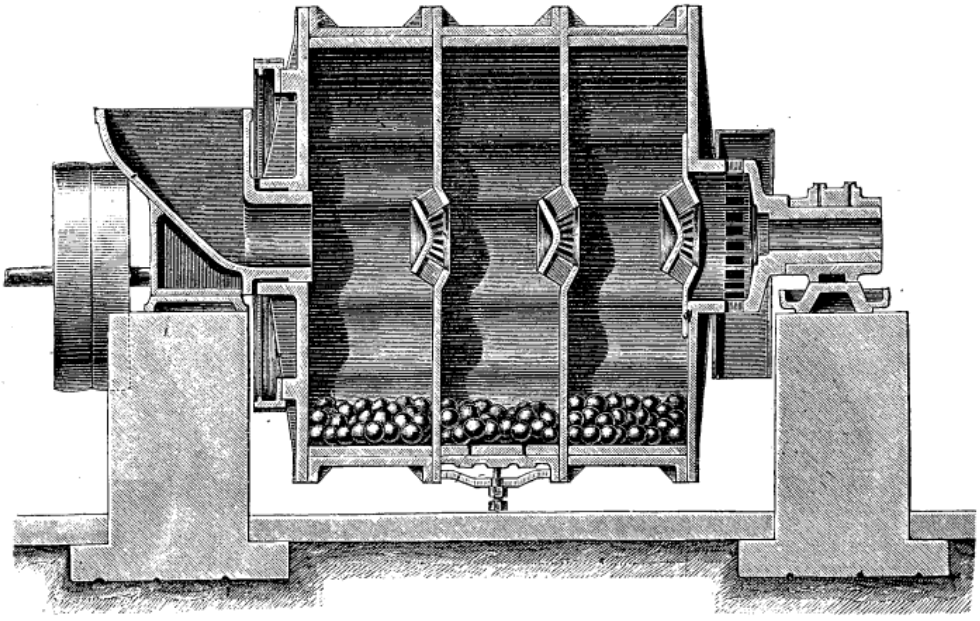


Fig. 39. — Homogénéisateur à alimentation continue.

vient ; à l'autre extrémité, l'arbre reçoit l'action d'un ressort qui permet de faire porter plus ou moins les meules sur le plateau. Les meules sont en fonte dure et le plateau est garni de plaques d'acier que l'on peut changer facilement ; le plateau tourne à 30 ou 40 tours par minute (fig. 38).

Dans les usines où l'on fabrique le ciment de laitier, on se sert d'appareils analogues aux broyeurs à boulets. Ces ciments s'obtiennent en mélangeant intimement, à froid, de la chaux et du laitier de haut fourneau. Le laitier doit être d'abord pulvérisé finement ; pour mélanger le laitier avec la chaux, on se sert d'appareils appelés *homogénéisateurs ;* ils sont intermittents ou continus ; les premiers se composent simplement d'un grand tambour en tôle dans lequel

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

roulent des boulets en fonte. Les matières sont introduites par une ouverture que l'on ferme ensuite hermétiquement ; l'appareil fonctionne pendant un temps plus

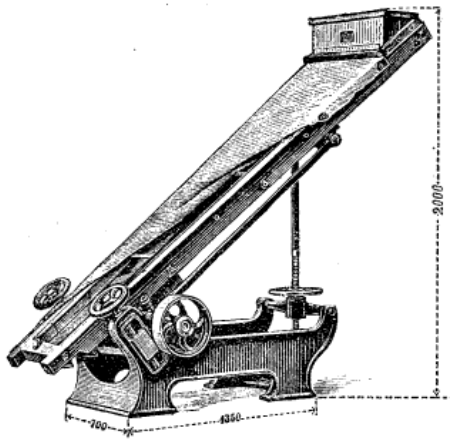


Fig. 40. — Plan incliné à secousses de *Nagel et Kæmp*.

ou moins long, puis on le vide ; une grille placée sur l'ouverture retient les boulets.

Dans les appareils continus, le tambour est plus long et il est divisé en plusieurs

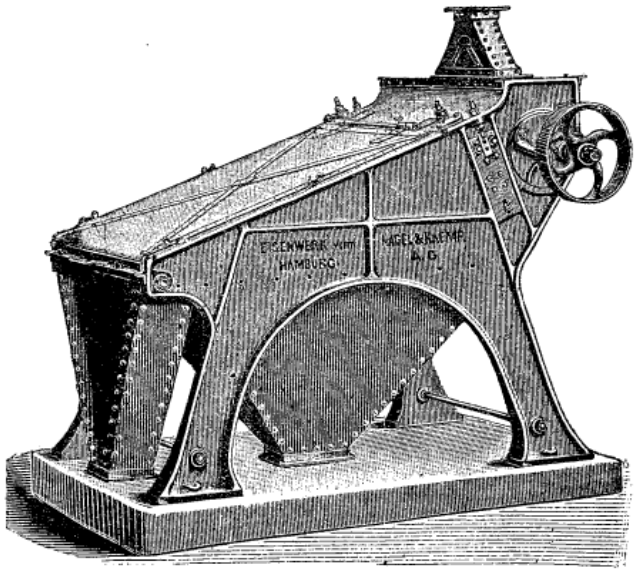


Fig. 41. — Bluterie à balançoire de *Nagel et Kæmp*.

compartiments par des cloisons percées de trous au centre, ces cloisons retiennent les boulets, la poudre passe d'un compartiment dans l'autre et, finalement, sort

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de l'appareil (fig. 39). Cette disposition est à peu près la même que celle du broyeur Davidsen. On emploie les homogénéisateurs non seulement pour la fabrication du ciment de laitier mais aussi pour mélanger très intimement au ciment Portland des matières destinées à abaisser le prix de revient, telles que chaux, craie, scories, etc.

Bluteries. — Les bluteries les plus employées en France sont rotatives, à section hexagonale. Le plan incliné à secousses de Nagel et Kæmp se trouve dans beaucoup d'usines en Allemagne (fig. 40). Cette maison construit aussi un autre système, qu'elle appelle bluterie à balançoire (fig. 41). Le fonctionnement de ces appareils est très simple; le plan incliné reçoit des secousses produites à l'aide d'une came qui le soulève légèrement; dans la bluterie à balançoire, il n'y a qu'un simple mouvement de va-et-vient; les plans inclinés sont formés de tôle perforée; le ciment arrive à la partie supérieure et descend plus ou moins vite sur la tôle; le ciment fin est recueilli en dessous, et le résidu tombe dans une vis qui le transporte aux meules. En faisant varier l'inclinaison des plans, on obtient une finesse plus ou moins grande.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MINES

REVUE DES PROGRÈS RÉCENTS DE L'INDUSTRIE MINIÈRE, PAR **M. Leproux**
Ingénieur des Mines.

Précautions prises contre les explosions de poussières dans les houillères : arrosage, explosifs de sûreté, allumage des coups de mine. — Emploi des moyens mécaniques pour produire l'abatage des roches et de la houille : emploi des haveuses en Angleterre et aux États-Unis. — Applications des courants polyphasés aux distributions d'énergie dans les mines. — Compresseur, locomotive à air comprimé, machine d'extraction et wagon à minerais américains. — Signaux. — Emploi de l'acide picrique pour le traitement des brûlures.

Nous voudrions, dans cette revue, compléter ce que nous avons exposé il y a quelques mois (1), en ce qui concerne notamment les résultats pratiques des travaux qui ont été faits sur les poussières inflammables et les emplois de l'électricité dans les mines. Nous y joindrons la description de quelques appareils ou procédés nouveaux, et en particulier des haveuses et autres machines servant à l'abatage, et dont l'emploi va en se développant de plus en plus.

I

Le danger d'explosion dû à la présence des poussières dans les houillères grisouteuses ou non reste un des problèmes à l'ordre du jour. Les conclusions de la Commission anglaise, si pessimistes en ce qui concerne même les poussières répandues dans une atmosphère peu grisouteuse, ont provoqué un peu partout, mais surtout en Angleterre, des mesures de précaution d'un caractère assez nouveau. Jusqu'ici, en effet, il n'avait guère été question que de l'inflammation possible d'un mélange de poussières et de gaz par un coup de mine détonant dans un chantier poussiéreux, et c'est dans un esprit conforme à ce genre de danger qu'avaient été conçues les seules mesures sérieuses qui aient été prises contre les poussières : à savoir l'obligation d'employer certains explosifs dits *de sûreté*, dont le caractère essentiel était d'avoir une température de détonation plus basse que les autres. Aujourd'hui, les préoccupations des exploitants, aussi bien que des corps chargés de la surveillance dans les divers pays, vont beaucoup plus loin : il s'agit de rendre les poussières inoffensives dans toute l'étendue de la mine, afin d'éviter que, par elles, un accident local ne devienne une catastrophe générale.

Depuis longtemps déjà, l'on a proposé et même employé à cet égard deux sortes de procédés : l'enlèvement des poussières (qui présente, à notre avis, beau-

(1) *Bulletin* de mai 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

coup plus d'inconvénients que d'avantages) et l'arrosage des voies de la mine. Les applications de ces procédés étaient restés isolées et timides; elles entrent maintenant dans le domaine de la pratique générale; et celle-ci a d'ailleurs donné partout raison à l'arrosage, ou plutôt, pour parler plus exactement, à des méthodes permettant d'entrenir dans la mine un degré d'humidité suffisant.

Si nous établissons cette distinction, c'est qu'on a, en effet, employé, pour arriver au même but, des moyens divers. On a injecté de la vapeur dans les galeries; on a proposé même d'y projeter du sel marin, ce sel déliquescent paraissant de nature à maintenir l'humidité voulue (1). Néanmoins, l'arrosage proprement dit semble l'emporter. Il peut se faire de deux manières : au moyen d'un tuyautage fixe, amenant, sous une pression assez forte, de l'eau que des ajutages ménagés aux points convenables, c'est-à-dire aux entrées d'air, projettent en pluie dans toute la section; ou au moyen de wagonnets spéciaux, que l'on fait circuler dans toutes les voies intéressées, et qui les arrosent plus ou moins complètement.

Le charbonnage de Maybach, en Allemagne, présente un exemple d'application en grand du premier procédé (3). Cette mine est munie d'un réseau de conduites qui amènent l'eau d'un réservoir situé à 150 mètres au-dessus du niveau moyen des exploitations et à 72 mètres au-dessus du niveau supérieur. Il est alimenté par l'eau du puisard, relevée par une pompe. Sous cette pression moyenne de 160 mètres, l'eau est pulvérisée dans les galeries aux points où on le désire.

Divers types d'ajutages ont été proposés pour produire la pulvérisation; il est clair qu'il faut assurer une division aussi avancée que possible, afin d'augmenter les surfaces de contact et de diminuer la quantité d'eau consommée; il est en effet important que l'eau ne soit jamais projetée en masses suffisantes pour couler dans les galeries, ce qui serait absolument inutile, et même nuisible. Un ajutage perfectionné a été récemment proposé par M. Saint, et appliqué à Pontypridd (Great Western Colliery) avec un certain succès.

Le second procédé, consistant à promener dans la mine une cuve d'arrosage, est plus simple, nécessite moins de frais de premier établissement, et se prête avec plus de souplesse aux applications dans les mines irrégulières et changeant fréquemment; il est même le seul qui puisse être usité jusqu'au front de taille. Mais il est, jusqu'ici, moins efficace que le premier, parce qu'on s'est généralement borné à employer de petits wagonnets analogues à des tonneaux d'arrosage, ne mouillant, par conséquent, que la sole des galeries, tandis qu'il importe d'arroser les parois et de rendre l'atmosphère humide. On a cependant construit des appareils plus perfectionnés, pouvant réaliser le programme que nous venons d'énoncer : tel est l'appareil représenté fig. 1, breveté tout récem-

(1) *Colliery Guardian*, 21 juin.
(2) *Iron and Coal Trades Review*, 22 mars.
(3) *Manchester Geological Society, Wigan Meeting*, 10 mai.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment par M. Ross (1); c'est simplement une cuve cylindrique A, montée sur un truck de wagonnet ordinaire. A l'intérieur, se trouvent des conduites G,G,Gr, partant du fond et rayonnant vers la périphérie, où elles communiquent avec des tubes IJK, recourbés en cercle et percés de trous capillaires. Si. dans l'intérieur de cette cuve, on exerce une pression, l'eau s'échappera par les trous, formant une couronne de jets d'autant plus violents que la pression est plus forte. Toute la section de la galerie peut ainsi être arrosée. Une pompe O N, est placée à la partie supérieure afin de permettre de refouler l'eau à bras; si

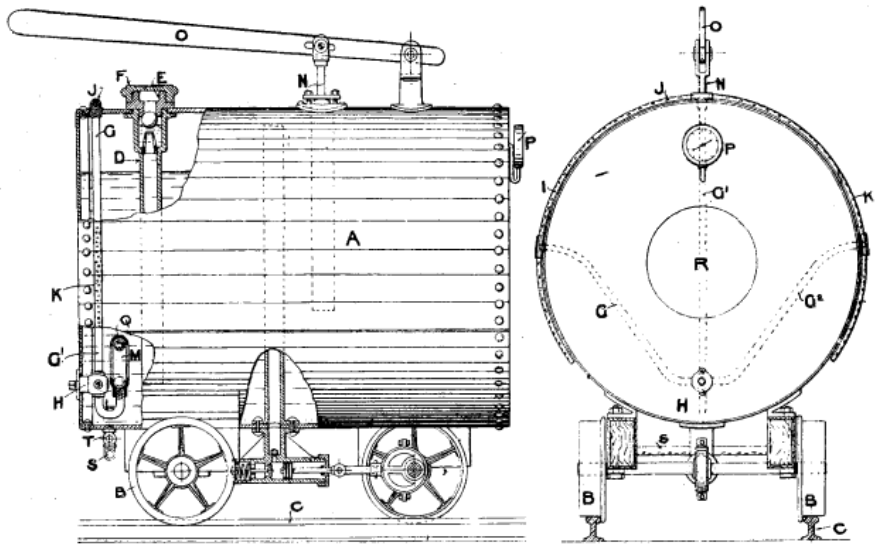


Fig. 1 et 2. — Arroseur Ross.

A, réservoir en tôle porté sur les rails C par le wagonnet BB, et pouvant être alimenté d'eau par la tuyau D, à clapet de retenue E et bouchon F. G G_1 G_2, tubes reliés par un robinet à trois voies H au tuyau L, à crépine M, et aboutissant respectivement aux tubes d'arrosage JK et L; ON, pompe comprimant de l'air en A; G, flotteur qui, après la vidange de l'eau, ferme L et empêche l'air comprimé de s'échapper; P manomètre. La pompe à main N peut être complétée par une pompe commandée par un essieu de B et qui maintient ainsi automatiquement la pression pendant le roulage de l'appareil, TS, robinet et tuyau de vidange.

l'on dispose d'une canalisation d'air comprimé, on peut mettre l'appareil en charge en le remplissant seulement aux deux tiers d'eau et le mettant ensuite en communication avec la canalisation; il peut alors être transporté en un point quelconque de la mine, et mis en action par la seule manœuvre d'un robinet, qui permet de modérer le jet au début.

On pourrait d'ailleurs imaginer nombre de dispositifs comparables à celui-là; aussi ne le citons-nous qu'à titre d'exemple, et sans pouvoir en donner les résultats.

L'essentiel est toujours de rendre la mine humide, et, pour cela, il convient

(1) Brevet anglais 12966 de 1894.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de répandre de l'eau sur les surfaces, et aussi de saturer l'air d'humidité, afin qu'il ne contribue pas à dessécher les quartiers qu'il parcourt.

Dans ce dernier ordre d'idées, on a construit des hygromètres spécialement destinés à faire connaître le degré d'humidité des courants d'air : tel est l'hygromètre John Davis (1), composé de deux thermomètres juxtaposés; l'un est enveloppé par une mèche maintenue constamment humide grâce à un godet rempli d'eau où elle trempe. La différence de température entre les deux permet de se rendre compte du degré d'humidité.

L'étude des moyens de rendre les poussières inoffensives n'a pas fait oublier d'autres sujets plus anciens, notamment l'étude des *explosifs de sûreté*. — Une série d'expériences ont été récemment terminées par l'Institut des ingénieurs des mines du Nord de l'Angleterre, sur les explosifs sans flamme.

Si ces expériences ont une réelle valeur en ce qu'elles constituent un ensemble de données nouvelles sur un certain nombre d'explosifs puissants, elles n'ont pas ajouté grand'chose aux résultats déjà connus sur le degré de sécurité que présentent ces produits, et nous ne les mentionnons que pour mémoire.

Le véritable moyen, réellement sûr, pour diminuer les chances d'inflammation du grisou et des poussières, consiste à restreindre l'emploi des explosifs. C'est une mesure radicale, à laquelle on ne paraît guère disposé à songer en Angleterre. En Belgique, au contraire, des statistiques récentes ont montré que la proportion d'explosifs consommée dans les mines de houille va en diminuant progressivement, ce qui indique probablement que leur emploi a été complètement supprimé pour l'abatage en divers points. Cette suppression a été réalisée aussi dans plusieurs charbonnages français, qui n'ont guère eu qu'à s'en louer.

L'allumage des coups de mine n'est pas moins à considérer que la nature même de l'explosif; et, de ce côté, les recherches pour trouver un mode d'allumage non susceptible d'enflammer une atmosphère grisouteuse se poursuivent dans deux sens différents, à savoir : les perfectionnements de l'allumage électrique, et l'emploi de dispositifs de sûreté, mèches ou autres, basés sur des réactions chimiques produites à l'abri de tout contact avec l'atmosphère environnante. En Allemagne, le docteur Roth, inventeur de la roburite, préconise la réaction du chlore sur l'antimoine métallique en présence du fulminate de mercure.

Le chlore est employé à l'état gazeux; il est produit par la réaction du permanganate de potasse sur l'acide chlorhydrique. Ce procédé exige par conséquent tout un attirail de laboratoire qui semble peu pratique. L'idée d'employer une réaction chimique sans flamme n'est pas neuve; le même auteur avait déjà proposé, il y a sept ou huit ans, d'utiliser l'action de l'acide sulfurique sur le chlorate de potasse. La méthode nouvelle a l'avantage de permettre d'opérer à

(1) *Colliery Guardian*, 9 août 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

distance, en envoyant le chlore dans le trou de mine au moyen d'une conduite aussi longue qu'on le veut (1).

A côté de ce procédé, on cherche un peu partout à perfectionner les mèches dites de sûreté et à les rendre aussi sûres que possible. Des essais sur de nouvelles mèches, dites ignifuges, ont été tentés récemment à Anzin; nous ne savons pas qu'ils aient été poursuivis.

L'allumage électrique des coups de mine rentre dans les applications les plus intéressantes de l'électricité. Sans constituer une nouveauté, il est de jour en jour plus employé, mais le mode d'emploi varie surtout en ce qui concerne l'exploseur. On sait que la mise en feu peut provenir soit du jaillissement d'une étincelle entre deux contacts, soit du passage d'un courant intense qui fait rougir un mince fil placé dans l'amorce. Ce dernier système paraît aujourd'hui préférable à bien des points de vue, et notamment en ce qu'il permet d'essayer le circuit en y faisant passer un courant de faible intensité avant de tirer. De plus, il n'exige pas la production de différences de potentiel capables de donner de fortes étincelles, ce qui est un avantage dans les mines à grisou. Il faut donc, pour actionner ces amorces, disposer d'un courant momentané d'une grande intensité. M. Chalon mentionne un exploseur très simple, combiné dans ce but, et qui imite d'ailleurs de très près un appareil américain construit par la « Ingersoll Rock Drill C^{y} », déjà décrit par le même auteur dans son traité des explosifs modernes. C'est (fig. 3) une petite machine magnéto-électrique, mise en mouvement par une crémaillère : la manœuvre consiste à retirer à soi avec une vitesse croissante la poignée que porte la crémaillère; il se produit un courant, qu'un commutateur manœuvré automatiquement lance dans le circuit à la fin de la course. C'est donc un appareil presque aussi simple, mais plus puissant que les appareils Manet ou Bréguet. Un appareil de 13 kilos peut mettre le feu à vingt ou trente mines.

II

La considération des inconvénients inhérents aux explosifs nous amène à parler des procédés d'abatage mécaniques.

La substitution, pour l'abatage des roches de la houille ou des minerais, de machines actionnées par des agents moteurs inanimés au travail manuel, est un problème qui a été souvent abordé, abandonné, puis repris à nouveau; jusqu'à ces dernières années, on ne pouvait guère parler que d'essais locaux, assez infructueux en général, ou limités, par la nature même des gîtes, à des régions très restreintes. L'intérêt que présentait, aux États-Unis beaucoup plus qu'ail-

(1) *Mid land Institute of Mining Engineers*, meeting de août 1895.
(2) *L'Électricien*, 5 octobre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

leurs, la solution de cette question a fait naître de l'autre côté de l'Atlantique toute une famille d'appareils qui tentent aujourd'hui, bien que sans grand succès immédiat, de s'introduire en Europe par l'Angleterre. On peut dire que c'est

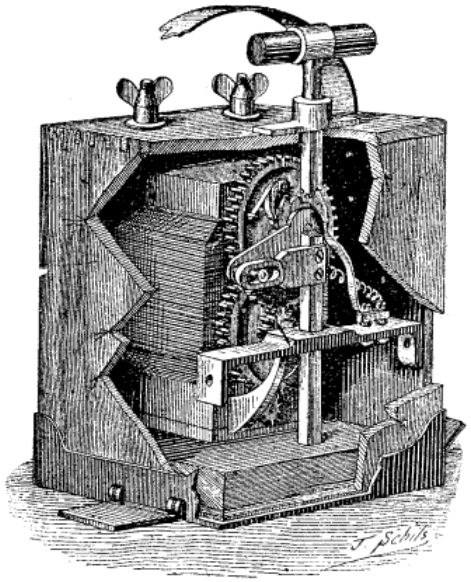


Fig. 3. — Exploseur à poignée.

actuellement à un des faits d'ordre technique les plus considérables qui se soient produits dans l'article des mines. Si les conditions économiques et sociales

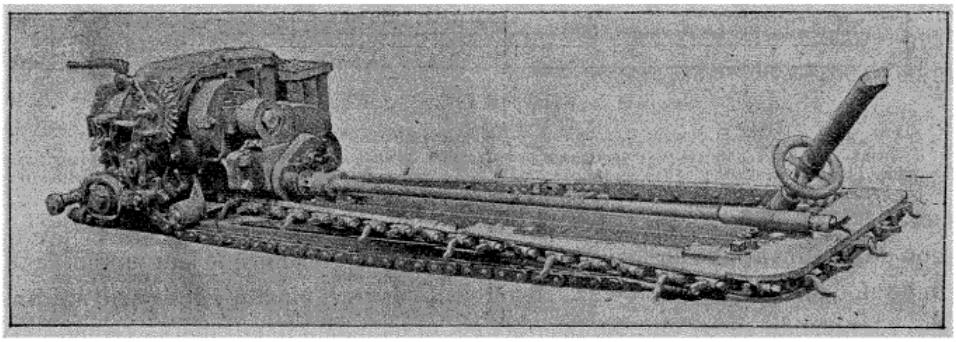


Fig. 4. — Haveuse de l'« *Independant Chain Coal Cutting C°* ».

d'une part et la disposition des gisements d'autre part sont fréquemment des obstacles à l'emploi des machines pour l'abatage, on ne peut nier qu'il existe maintenant, dans cet ordre d'idées, un outillage réellement pratique et ayant fait ses preuves. Nous voudrions en décrire ici quelques spécimens récents.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans les mines proprement dites, les machines sont presque toutes des *haveuses*, c'est-à-dire des appareils destinés à créer, au-dessous de la masse à abattre, un vide en forme de fente horizontale plus ou moins haute; il suffit alors de coins et de masses pour tout faire tomber à la fois. Ce travail, spécial au mineur, peut être fait par deux sortes de machines : les unes à percussion, travaillant comme des perforatrices, les autres rabotant le massif à la manière d'une fraise. Les premières travaillent d'une manière assez grossière, la direc-

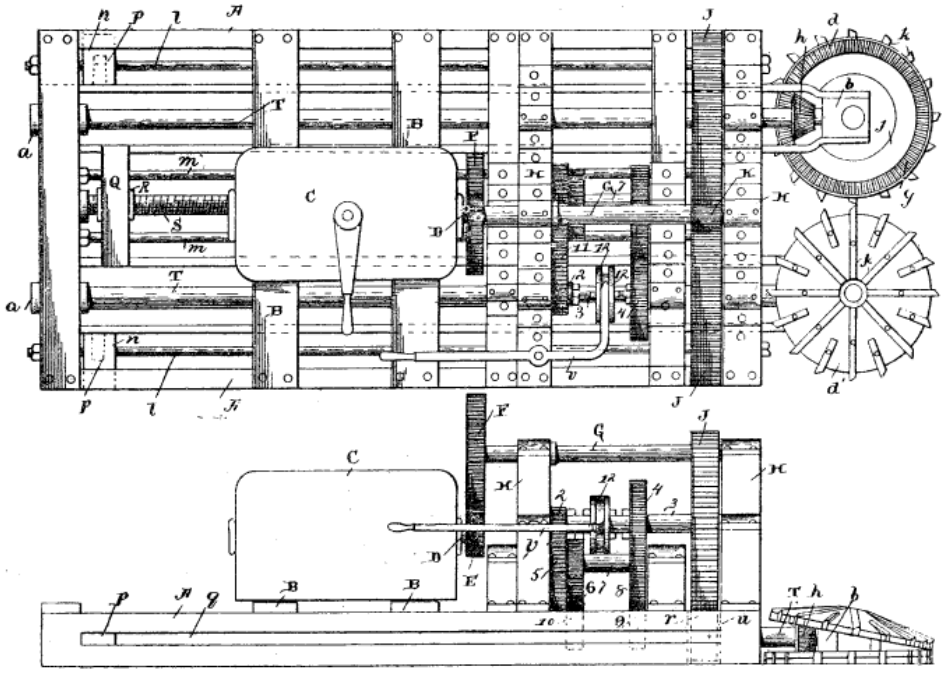


Fig. 5 et 6. — Haveuse Boland, plan et élévation.

A, châssis portant en BB la dynamo C, dont l'arbre D commande, par E F G J K K *r u*, les arbres T*a* T*a* (fig. 7) des couteaux. S, vis commandant par son ciron R et la traverse *q* l'avancement du châssis *b p n* des couteaux sur les guides *l l m m*, et commandée, de l'un des pignons K, soit à grande vitesse, par 3. 4. 8. 7. 6. 10., soit à petite vitesse par 3. 2. 5. 6. 10., suivant la position de l'embrayage 12 *v*.

tion de l'outil variant un peu à chaque coup; il est probable que leur emploi serait indiqué dans les couches où se rencontrent des irrégularités, des parties dures, des rognons de silex, etc. Nous en avons nous-même décrit deux exemples (1), et l'une d'elles, modifiée, a été employée pendant quelque temps, trop peu de temps malheureusement pour qu'on puisse se prononcer sur les résultats pratiques, à la Compagnie de la Péronnière. Les autres machines, dont le type originaire serait la haveuse Blanzy, fonctionnent avec des burins qui viennent se

(1) *Bulletin de la Société de l'Industrie minérale*, 1894.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

présenter successivement devant le front de havage et en enlever une certaine épaisseur; l'appareil progresse lentement en creusant son logement comme une tanière dans le massif. Aux États-Unis, ce genre de machines est représenté par plusieurs modèles; le plus usuel est basé sur l'emploi d'une chaîne sans fin qui porte les burins, remplaçant ainsi le disque de la haveuse Blanzy. Cette chaîne est montée sur un cadre rectangulaire qui porte le moteur, lequel produit à la fois le mouvement de la chaîne et l'avancement du châssis dans la sous-cave. Tout l'appareil peut se placer sur un truck spécial, pour être transporté d'un point à l'autre de la mine. Tel est l' « *Independent Chain Coal Cutter* » (fig. 4) employé notamment à la Essen Coal C^{y}, près de Pittsburg, où seize appareils semblables sont en service (1). La profondeur de l'entaille atteint 1^{m},50 et

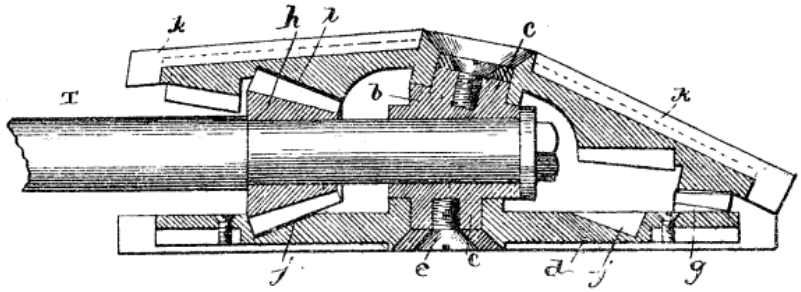


Fig. 7. — Haveuse Boland, détail d'une paire de couteaux.

K, couteaux pivotés en *c* sur *b*, menés directement de T par *h i*, et menant par *g* les couteaux *d'* (fig. 5) pivotés en *c* sur *c*.

la largeur 1 mètre, avec une hauteur de 10 centimètres. Le mouvement est produit par une dynamo. Telle est encore la machine construite par la General Electric C^{y}, et mise en service à la Davis Coal and Coke C^{y}, West Virginia (2). Celle-là fonctionne avec un moteur triphasé, entièrement enveloppé par une caisse en fonte parfaitement étanche. Un seul pignon fait toute la transmission. La puissance varie de 10 à 20 chevaux, suivant la dureté du charbon. Si une partie trop dure se rencontre, la machine s'arrête simplement; il n'y a donc pas à craindre de la voir se briser ni de voir brûler les fils.

Au lieu d'une chaîne sans fin portant les burins, on peut monter ceux-ci sur une base horizontale animée d'un mouvement de rotation qui lui est transmis par un pignon ou une chaîne. Seulement, il faut alors ménager un appareil auxiliaire, généralement une chaîne pour balayer le charbon produit dans l'entaille.

On peut aussi, — et c'est la première idée qu'on avait eue, — monter les

(1) *Engineering and Mining Journal*, 24 août 1895.
(2) *Engineering and Mining Journal*, 20 juillet 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

burins sur un disque destiné à pénétrer dans l'entaille. C'est de ce genre qu'est la haveuse Blanzy. Le type le plus récent du même genre est, à notre connaissance, la haveuse Boland (fig. 5 à 7).

Cette haveuse remet en application le principe de la haveuse à plateau circu-

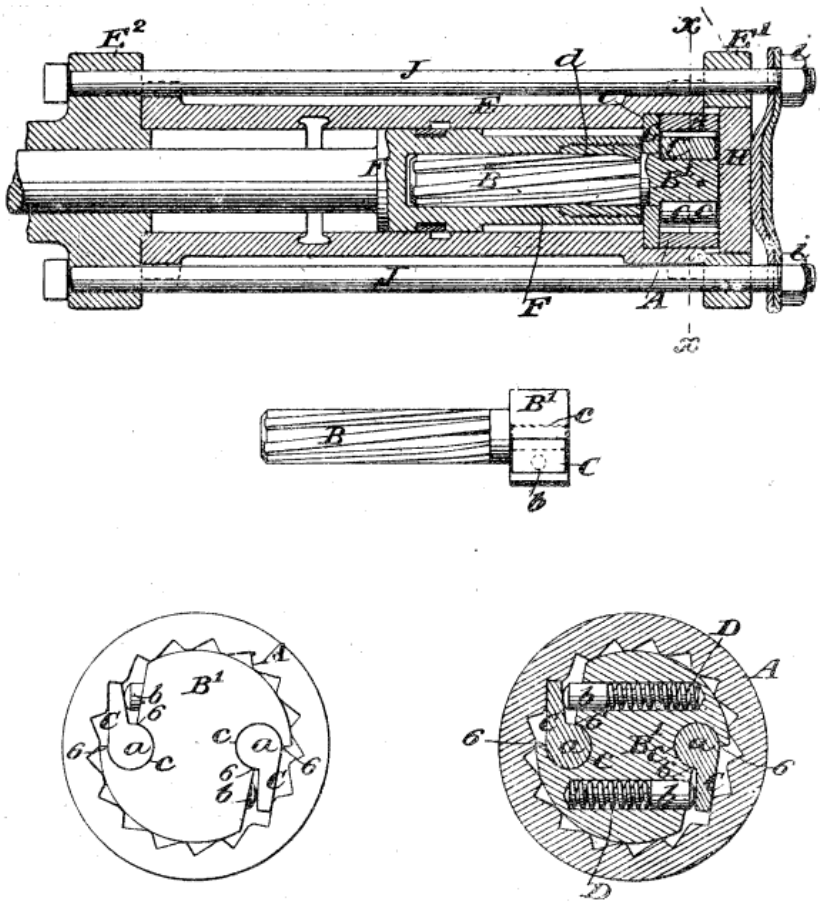


Fig. 8 à 11. — Perforatrice à air comprimé *Ingersoil Sergeant*. — Détail du mécanisme de rotation facultative du fleuret. — Coupes longitudinales et *xx*, vue par bout et détail de la vis B.

E, E_1, E_2, cylindre, F, piston porte-foret, à écrou *b*, en prise avec la vis très allongée B, à cliquet B', dont les dents *a* C, *a*, C, pivotées et épaulées en *c* 6 *c* 6 sont appuyées par les touches *b b*, à ressorts D, sur le rochet A, serré par les boulons I J J et le ressort *i* entre le fond H et la rondelle G, épaulée en *c* sur A.

A l'aller, F fait tourner B ; mais, au retour, B, immobilisé par A, fait tourner F, à moins que cette rotation ne rencontre une résistance supérieure à celle de A, que l'on peut au besoin annuler.

laire. Elle comporte deux groupes de deux plateaux, chaque plateau portant des burins amovibles comme le plateau de la haveuse Blanzy. L'un des plateaux du groupe est horizontal, l'autre, placé au-dessus, est légèrement incliné ; l'ensemble forme ainsi comme un coin qui pénètre dans la sous-cave. Les deux plateaux d'un même groupe tournent en sens inverse, grâce à un pignon d'angle

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

unique, monté sur un arbre horizontal qui les commande tous deux. Le mouvement de rotation est produit par un moteur, électrique ou autre, disposé sur le châssis, et actionnant les pignons au moyen d'un train d'engrenages. Quant à

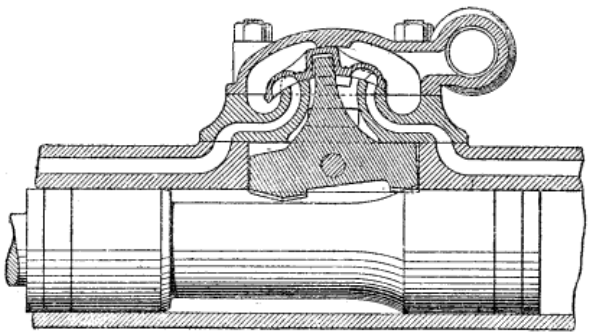


Fig. 12. — Perforatrice *Ingersoil Sergeant*. — Détail du tiroir de distribution à taquets. A à chaque fond de course, le piston fait basculer un petit balancier, qui renverse sa marche en entraînant le tiroir.

l'avancement, il est assuré par une vis montée dans l'axe du châssis, et faisant progresser à la fois les arbres des deux pignons, qui coulissent dans le moyeu de la roue qui les commande, et le support des plateaux.

L'appareil complet pèse 700 kilogrammes. Il est en acier.

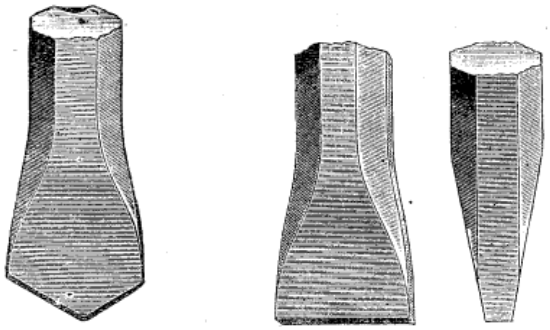


Fig. 13 à 15. — Types de pointes simples adoptées pour la perforatrice *Ingersoil Sergeant*.

Pointe biseautée avec son sommet excentré de manière à ne jamais frapper, grâce à la rotation du fleuret, deux fois au même endroit. Avancement dans du marbre 0m,300 par minute, pour des trous de 30 millimètres de diamètre.
Pointe droite, pour les roches de densité moyenne : 40 millim. de large sur 10 millim. d'épaisseur convient principalement pour les grès, comme résistant longtemps à leur action abrasive.

Il est à craindre que cette machine ne présente en partie les inconvénients inhérents à l'emploi des plateaux, c'est-à-dire qu'elle ne se coince.

De la même classe est la machine Carr, qui n'a qu'un seul plateau conduit par un train d'engrenages entièrement noyé dans une caisse étanche remplie d'huile. Cette machine a été employée avec succès à la Leavenworth Coal Cy (1). Le moteur

(1) *Engineering*, 27 septembre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

est une dynamo de 30 chevaux marchant à 300 volts. Le poids total est de 1 100 kilogrammes, et il faut quatre hommes pour la manœuvre (1). C'est donc l'une des plus puissantes qui existent. Elle est destinée à pratiquer l'abatage par la méthode

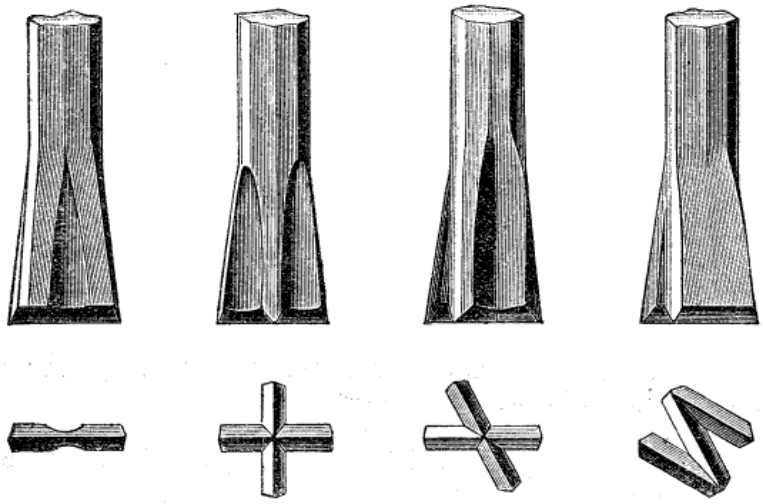


Fig. 15 à 22. — Types de fleurets adoptés pour la *Ingersoil Sergeant* Drill C° : à tranchants unique, double et triple. Le tranchant double orthogonal, d'un entretien plus facile, doit être employé de préférence quand la roche le permet, mais il a une tendance à ovaliser les trous par ce qu'il retombe à chaque quart de tour du foret aux mêmes endroits. C'est la raison de la supériorité du type croisé pour les roches dures. Le type en Z convient pour les roches tendres.

du long-wall ; on rapporte qu'elle a pu faire en un jour un havage de 150 mètres de long sur 0^{m},75 de profondeur.

La Yorkshire Engine C^{y} construit une machine également à disque, fonc-

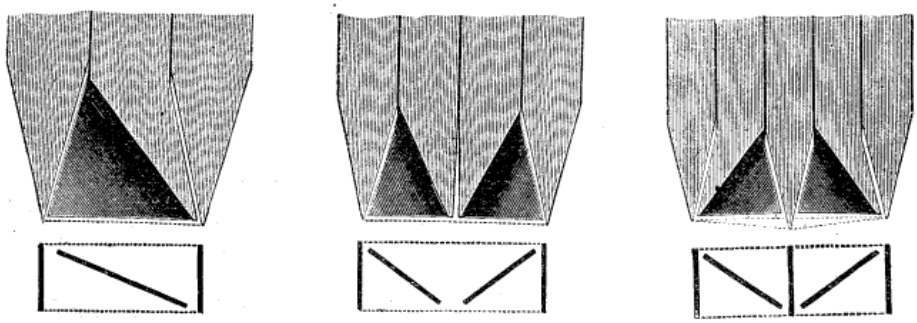


Fig. 23, 24 et 25. — Fleurets de haveuses *Ingersoil Sergeant*, à trois, quatre et cinq lames.

tionnant à l'air comprimé, et havant 55 mètres en huit heures, avec deux hommes.

(1) *Electrical Engineer.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ces deux dernières machines sont d'origine anglaise; on signale encore des essais de havage à Lidgett Colliery, à Springbank Colliery; enfin, M. Mitchell décrit une haveuse employée en Écosse, et ayant havé en dix heures un front de 126 mètres avec une profondeur de $0^{m},90$, cela pendant une période assez longue pour qu'on puisse considérer l'expérience comme concluante. Le prix de l'abatage est le même que dans le travail à la main; mais la production, dans un temps

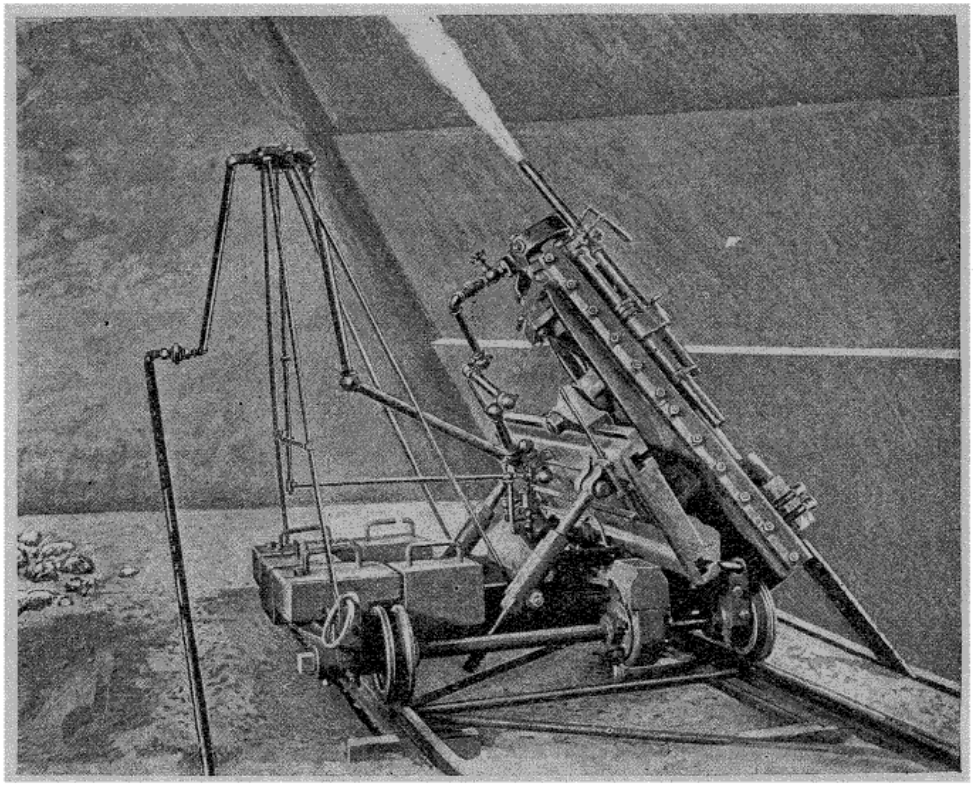


Fig. 26. — Haveuse *Ingersoll Sergeant*. Havage oblique : poids 3 250 kilos, dimensions du châssis $1^{m},60 \times 2^{m},15$, hauteur maxima $2^{m},15$, largeur de la voie $1^{m},45$, distance de la coupe au rail 250 millimètres. Débit dans les grès doux, 16^{mm} par jour, à 1 fr. 70 le mètre carré; dans marbres environ 10 mètres à 5 francs par mètre carré.

donné, est plus importante, et surtout la qualité des produits est meilleure, en raison de la moindre proportion de menu.

Dans les exploitations à ciel ouvert, et notamment dans les carrières, on emploie beaucoup, aux États-Unis, des machines à percussion, mais qui font plutôt une mince entaille qu'un havage proprement dit; cette différence est motivée, dans

(1) On trouvera divers articles sur ce sujet dans les *Comptes rendus* de la Société géologique de Manchester.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les carrières, par la dureté des roches et la nécessité de les découper en morceaux réguliers et de grande dimension. M. Moreau, dans un des derniers numéros du *Bulletin* (1), a parlé d'une de ces machines, qui, dans l'espèce, était destinée à produire une excavation par assises successives, et non à exploiter une carrière ; mais si le but est différent, le mode d'emploi est le même. Nous donnons (fig. 8 à 29). Quelques exemples de ces machines, qui sont légion aux États-Unis.

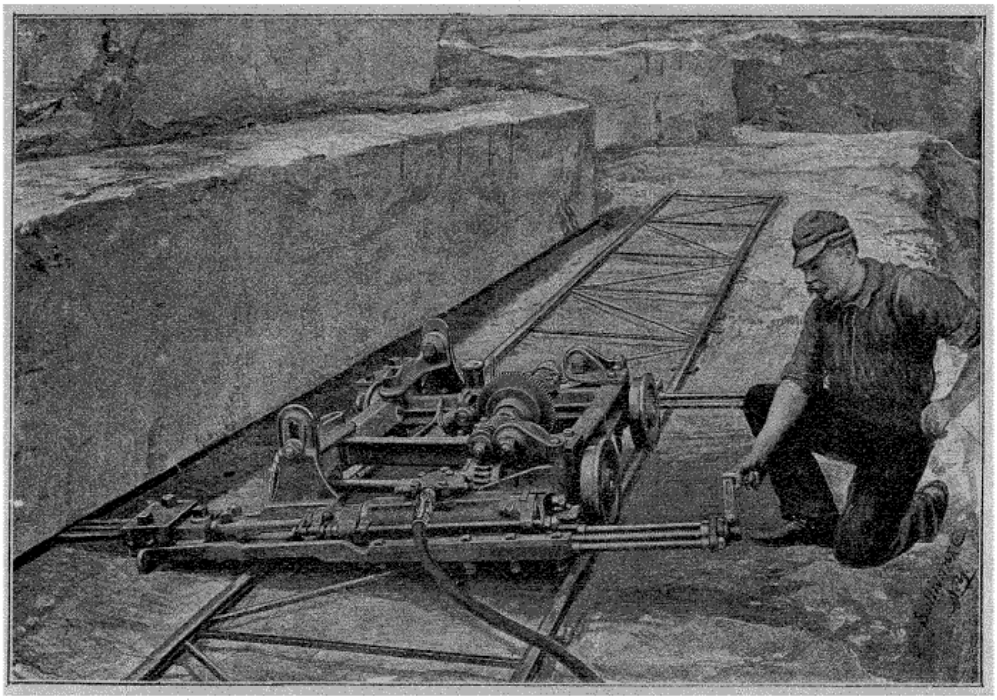


Fig. 27. — Haveuse *Ingersoil Sergeant*. Taille horizontale.

Très avantageuse pour les carrières à clivage incliné, profondeur de l'entaille de 1m,50 à 2m,13. La translation du chariot est commandée par une petite machine à air comprimé et à 3 cylindres.

Elles opèrent de même, dans des plans différents ; elles produisent une entaille en pratiquant des trous très voisins ou juxtaposés au moyen d'un instrument percuteur de section rectangulaire. Ce sont donc, en réalité, de puissantes bosseyeuses. Sans parler de leur emploi dans les carrières de pierre à bâtir, il est probable que l'industrie des mines pourrait les employer avec avantage dans certaines carrières à remblais, pour produire une sous-cave.

(1) Octobre 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

III

L'*électricité* continue à être de plus en plus en faveur dans les mines américaines comme mode de distribution de l'énergie ; en dehors de l'abatage méca-

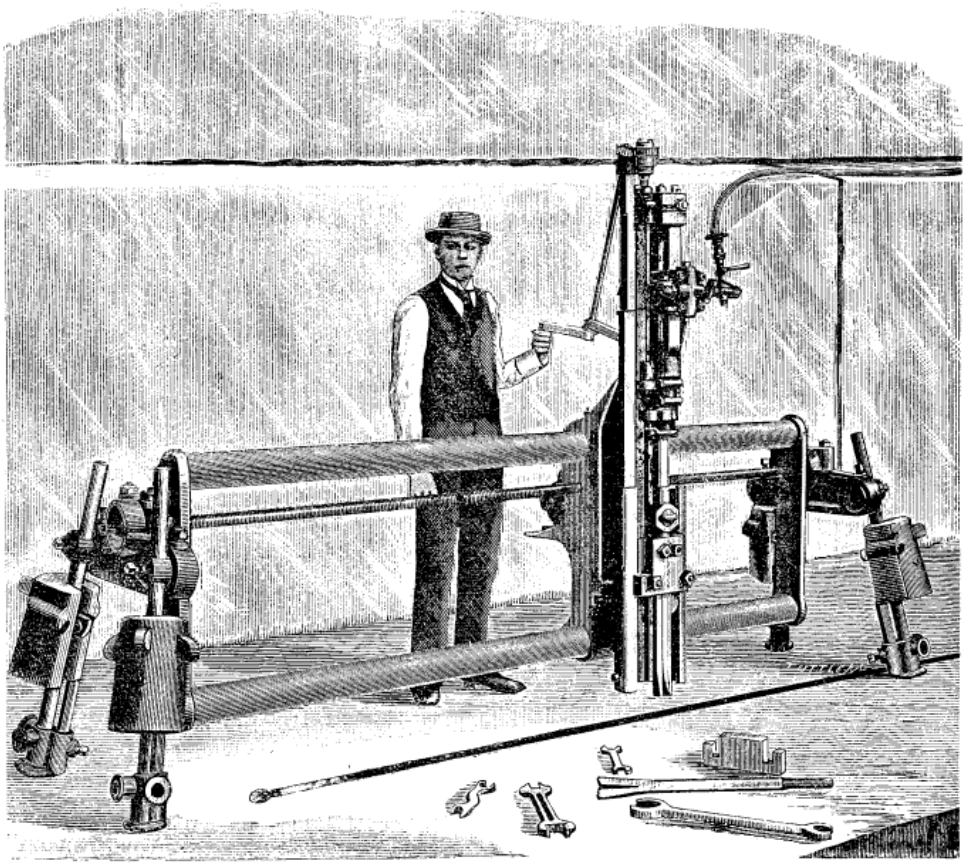


Fig. 28. — Haveuse à barre *Ingersoil Sergeant*.

Avancement automatique, prenant toutes les inclinaisons le long de la barre, avec rotateur facultatif (fig. 8), longueur de la taille 2m,70, profondeur 2m,10, poids 1 500 kilos, prix 5 000 francs.

nique, dont nous avons parlé, on l'emploie avec succès pour l'épuisement et surtout pour le roulage. Les mines anglaises suivent peu à peu cet exemple, bien que timidement. En général, chaque mine a son installation propre. Il faut cependant citer, comme unique en son genre, croyons-nous, une station centrale de plusieurs centaines de chevaux, installée à Scott Haven (Pennsylvanie), qui transmet l'énergie électrique à diverses exploitations situées respectivement à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

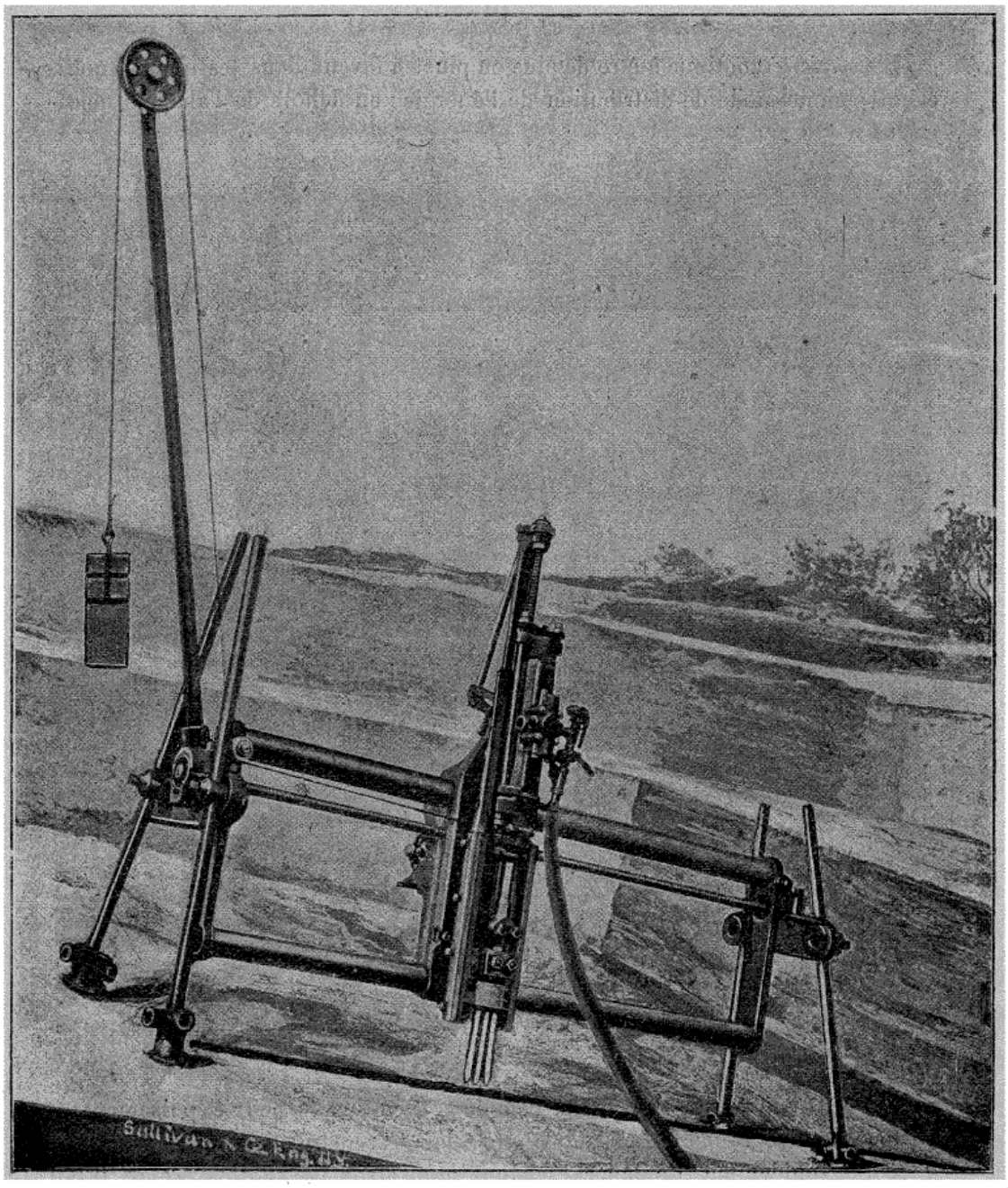


Fig. 29. — Haveuse à barre *Ingersoil Sergeant*, avec contrepoids pour fonctionner sur sol incliné.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

300, 2000, 2500, 2200, 4000 et 4200 mètres. Le cas est, croyons-nous, unique, et le fait que toutes les mines desservies appartiennent à une même société n'empêche pas de concevoir une station de production fonctionnant de même et distribuant l'énergie à plusieurs clients distincts. L'emploi des voltages élevés, qui paraissait jusqu'ici impossible dans les mines à cause des dangers qui en résultent pour le personnel, est aujourd'hui passé dans la pratique ; l'on cite aux États-Unis des transmissions marchant à 500 volts. Dans une récente installation, près de Pittsburg (1), trois machines Corliss, de 200 chevaux chacune, commandent trois générateurs calculés pour donner un courant de 275 volts, le tout destiné à mettre en marche 16 haveuses et 2 locomotives de 80 chevaux chacune, plus un certain nombre de lampes à arc.

Comme fait important dans l'histoire de l'emploi de l'électricité dans l'art des mines, il faut noter plusieurs installations marchant avec courants triphasés. On sait les avantages de ce genre de transmission de l'énergie ; jusqu'ici cependant, peu de moteurs triphasés avaient été employés : on en mentionne aujourd'hui plusieurs. A Silverton (Colorado), aux mines de Silver-Lake, une transmission de plus de 4 kilomètres fonctionne depuis peu de temps avec des moteurs triphasés. C'est la première installation de ce genre et de cette importance dans les Montagnes-Rocheuses. La haveuse de la General Electric Cy fonctionne également avec des courants triphasés. Dans une communication à la réunion des ingénieurs du Midland, M. Rankin Kennedy compare les moteurs à courants continus et à courants alternatifs, et il conclut que, si les courants alternatifs présentent théoriquement des avantages sérieux, ils ont le tort de nécessiter des appareils plus coûteux et de donner lieu, au démarrage, à des difficultés spéciales. Cette dernière restriction est de peu d'importance, car il est peu de machines, à part les machines d'extraction proprement dites, où le démarrage ne puisse être fait en réduisant la résistance à zéro momentanément.

Quoique l'attention de ceux qui s'intéressent aux procédés de transport de l'énergie dans les mines soit plutôt attirée du côté de l'électricité, l'*air comprimé* ne perd pas ses droits, et il faut signaler à ce titre un nouveau compresseur américain, le « *New York Air Compressor* », qui joint aux qualités spéciales des appareils du même genre construits aux États-Unis, — construction très simple et très ramassée, — l'avantage d'une disposition qui permet d'alléger beaucoup le volant (2). La figure 30 représente une élévation-coupe de l'appareil, et la figure 32 fait comprendre la raison d'être du renvoi de mouvement, bizarre en apparence, qui le caractérise. Comme on le voit, un cylindre à vapeur à double effet actionne deux pistons compresseurs à simple effet, par l'intermédiaire de deux pièces triangulaires reliées au bâti chacune par deux articulations. La position

(1) *Engineering and Mining Journal*, 24 août 1895.
(2) *Engineering News*, 6 juin 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de ces articulations est choisie de manière que le piston à vapeur agisse, au début de sa course, au moyen d'un levier dont il commande le plus petit bras, tandis qu'à la fin de sa course, il commande le plus grand, l'effet des articulations étant de faire varier en réalité le point d'appui entre les deux pivots fixés qui les retiennent.

De cette manière, on remédie à l'inconvénient qui résulte d'un trop grand

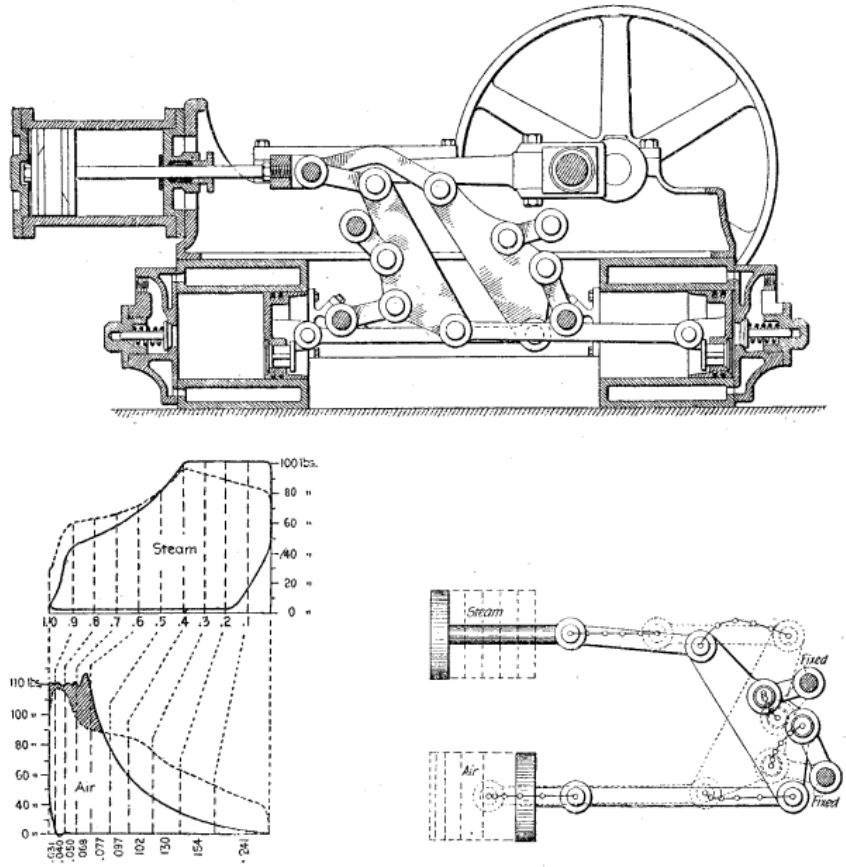


Fig. 30 à 32. — Compresseur *New-York*.

Coupe longitudinale, détail du mécanisme et diagrammes conjugués des cylindres à vapeur (Steam) et à air. Sur ces diagrammes, on a porté en ordonnées, les pressions en livres par pouce carré (0k,07 par centimètre carré) et, en abscisses, les fractions correspondantes de la course.

écart entre la puissance et la résistance. Au début de la course du piston à vapeur, c'est-à-dire au moment où la puissance atteint son maximum, le piston compresseur, qui, au contraire, n'a à surmonter qu'un effort minimum, parcourt un espace relativement considérable, pour se ralentir ensuite lorsque, la résistance augmentant par suite de la compression de l'air, la puissance diminue en raison

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de la détente de la vapeur. La figure 41 montre, par le tracé des positions successives, ce qui se passe pour l'un des pistons compresseurs ; en sens inverse, c'est l'autre qui comprime suivant la même loi que le premier. Les points fixes et les articulations sont établis de telle sorte que, pour un parcours donné du piston à vapeur, le piston compresseur se déplace huit fois plus vite au commencement de sa course qu'à la fin.

Ce système est surtout applicable aux appareils de faible dimension et de faible débit; il dispense de l'emploi assez général, en pareil cas, de deux couples de cylindres calés à 90 degrés, ou d'un volant très lourd, ou encore de l'emploi de la vapeur sans détente : trois solutions également mauvaises au point de vue économique. Il est donc indiqué pour les petites installations. En dehors de ces avantages spéciaux, il n'est pas sans intérêt de faire remarquer les détails de construction. L'emploi de cylindres à simple effet pour la compression dispense des presse-étoupes et facilite le refroidissement, qui, d'ailleurs, n'est assuré que par la circulation d'eau extérieure. Le bâti est très robuste, et l'appareil, bien qu'assez compliqué puisqu'il comporte trois cylindres, est renfermé dans un très petit espace grâce à l'utilisation, pour loger les cylindres à air, du vide compris au-dessous du cylindre à vapeur et de l'arbre du volant. Ces derniers caractères sont d'ailleurs ceux de la plupart des compresseurs américains, auxquels on demande en général plutôt d'être pratiques que d'être économiques (1).

Parmi les applications de l'air comprimé, nous mentionnerons également, à titre d'exemple récent, une locomotive spécialement construite pour la circulation dans les galeries souterraines (2). Elle se compose de deux réservoirs cylindriques très allongés, à fonds hémisphériques, en tôle, et d'un moteur actionnant 4 roues couplées au moyen de deux cylindres. La capacité totale des réservoirs est de 3 mètres cubes et demi ; le diamètre, de $0^m,75$; ils sont éprouvés à 40 kilos ; le moteur est fait pour fonctionner entre 6 et 9 kilos. La voie est de $0^m,90$; la machine présente une largeur totale de $1^m,50$, une longueur de $5^m,25$, et une hauteur de $1^m,50$, son poids total est de 9 tonnes en ordre de marche. Elle a donné de bons résultats dans un charbonnage des États-Unis.

Les *machines d'extraction* usitées dans les exploitations des États-Unis sont peu connues en Europe ; elles méritent cependant d'être signalées comme étant à la fois très puissantes, et, du moins lorsqu'il s'agit de mines métalliques et que le combustible n'est pas à discrétion, très perfectionnées au point de vue de l'économie de vapeur. L'emploi de la détente variable au régulateur et surtout des distributions de précision est beaucoup plus répandu qu'en France. Comme exemple récent, nous donnons la vue générale, en plan et élévation (fig. 33 et 34) d'une très puissante machine à tambour, construite par la E. P. Allis Cy, de Mil-

(1) Voir les compresseurs compensés de Owen (*Engineering*, 13 mai 1881, p. 484.)
(2) *Engineering and Mining Journal*, 10 août 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

waukee, pour la Quincy Mining C^{y}(1). On remarquera que cette machine est à tambour cylindrique, ce qui indique que toute idée de régularisation par les diamètres d'enroulement est laissée de côté et que le soin de l'assurer est confié au régulateur. Il s'agit cependant d'une grande profondeur : cette machine est, en effet, destinée à desservir un puits incliné à 52° sur l'horizontale et mesurant une longueur de plus de 2 000 mètres. Le tambour a un diamètre de 7^{m},80 ; il est construit

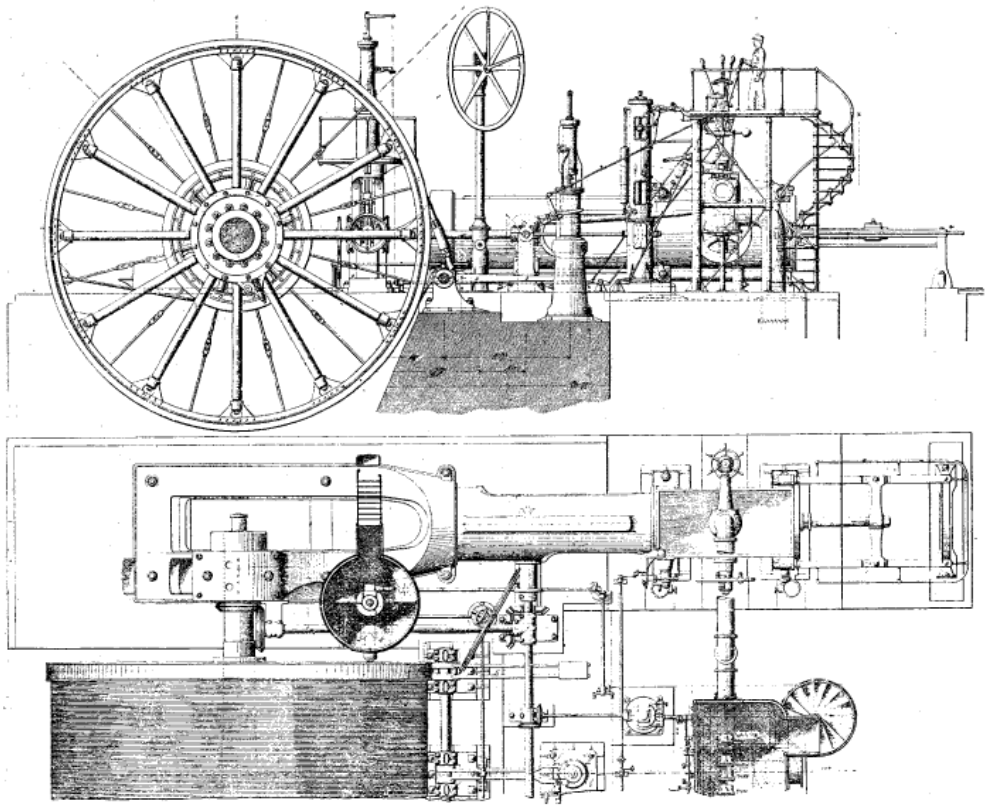


Fig. 33 et 34. — Machine d'extraction de 2500 chevaux de la *Quincy Mining C°* (Michigan).

Poids du câble et des bennes en charge, 15 tonnes.

en fer et en acier ; sa largeur est de 4^{m},50. Les bras, disposés sur trois rangées, sont formés de tubes en acier solidement encastrés dans des joues de même métal.

Le frein, qui agit sur le bord du tambour, est actionné par un cylindre à vapeur et est normalement serré, c'est-à-dire que la vapeur agit en temps ordinaire sur le piston, et que le serrage se produit par l'action d'un contrepoids que la vapeur met en liberté en s'échappant.

(1) *Engineering News*, 18 août 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Quant à la machine proprement dite, elle est du type Reynolds-Corliss (1), c'est-à-dire à quatre robinets distributeurs à déclic, commandés par un plateau unique. Un servo-moteur actionne le changement de marche.

Le mécanicien est placé sur une plate-forme dominant toute la machine; c'est une disposition très usitée aux États-Unis, et qui a ses avantages.

Les cylindres ont un diamètre de $1^m,20$ et une course de $2^m,10$. La pression aux chaudières est de 8 kilogrammes environ. Dans ces conditions, la machine est calculée pour faire 32 tours à la minute, et elle développe alors 2 500 chevaux.

IV

En ce qui concerne les transports de charbons et minerais, toute disposition permettant d'accroître la capacité des véhicules et la facilité du chargement ou du déchargement est à signaler. Tel est le cas pour un type de wagon mis en circulation récemment sur les lignes de Pennsylvanie (2) (Pennsylvania Lines, West of Pittsburg) et qui présente, avec une capacité beaucoup plus grande que la plupart des véhicules de ce genre, divers perfectionnements destinés à rendre plus aisée la manutention du minerai.

Il s'agit naturellement d'un wagon à deux bogies; ce n'est pas ici le lieu d'entrer dans le détail de la construction des trucks qui cependant présentent, notamment en ce qui concerne l'application du frein Westinghouse, certaines particularités nouvelles. C'est la caisse même du wagon qui doit nous arrêter. Elle se compose en réalité (fig. 35) d'une double trémie, de construction très simple, et présentant, sur la plupart des caisses du même genre, l'avantage de descendre très bas. Dans les types précédents, en effet, l'orifice inférieur est fermé par une trappe horizontale qui doit, pour livrer passage aux produits, tourner autour d'un de ses côtés, ce qui exige qu'on laisse, entre la voie et le fond de la trémie, assez d'espace pour que la trappe puisse se développer. Ici, les deux trappes, fermées ou ouvertes, occupent à peu près la même hauteur; elles sont, en effet, appliquées sur la paroi intérieure de la trémie. Il y a ainsi quatre trappes (deux par trémie) de $0^m,65$ sur $0^m,90$. Les quatre sont manœuvrées au moyen d'un arbre unique.

Cette disposition permet de donner à la trémie une plus grande capacité; et en effet, si l'on compare cette capacité à celle des autres wagons construits par divers réseaux américains, on trouve des longueurs de caisse différant très peu entre elles, et se montant à environ 9 mètres presque indistinctement, avec des empâtements identiques, et le véhicule dont nous nous occupons tient 32 tonnes,

(1) *Bulletin* d'août 1894, p. 523.
(2) *Engineering News*, 6 juin 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tandis que les autres n'en tiennent pas plus de 28. C'est une augmentation importante, qui est due tout entière à la construction de la caisse : sa disposition pourrait être imitée avec avantage dans tous les cas où l'emploi des véhicules longs est possible.

Les signaux employés pour communiquer du fond au jour, et *vice versa,* sont beaucoup plus perfectionnés sur le nouveau continent que sur l'ancien. L'auteur de cette revue a fait déjà mention (1) des signaux acoustiques établis sur les puits et fendues, et réalisés au moyen d'une conduite de 3 ou 4 centimètres de diamètre, qui sert à la fois à actionner un sifflet et un timbre et à transmettre la parole, le tout à plusieurs centaines de mètres. Lorsque la distance est trop grande, ou même en dehors de ce cas, on emploie beaucoup, aujourd'hui, le téléphone; la « Bell Telephone C^{y} » construit dans ce but des appareils spéciaux (2), avec toutes parties métalliques masquées ou supprimées afin d'éviter leur altération par l'humidité; l'appareil est entièrement renfermé dans une boîte en bois goudronnée et soigneusement douvetée; les ouvertures strictement nécessaires sont seules conservées, et rendues aussi étanches que possible. Sous cette forme, il paraît que l'emploi du téléphone s'est montré réellement pratique. Il serait à désirer que cet emploi se généralisât en Europe.

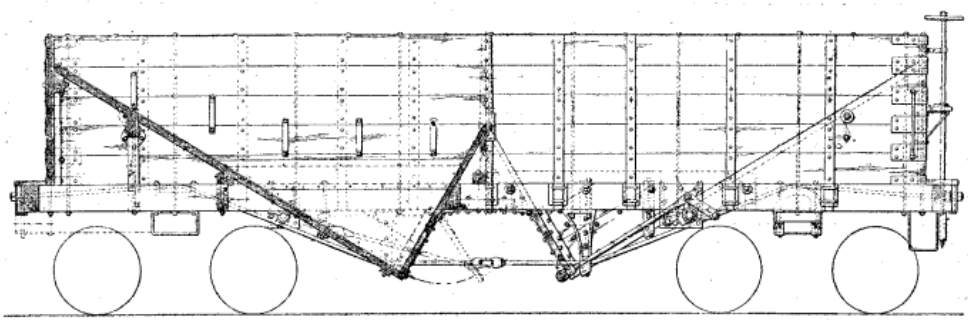


Fig. 35. — Wagon à charbons du Pennsylvania Ry.

D'axe en axe des bogies, 6 mètres; empâtement des bogies, 1^{m},50; diamètre des roues, 0^{m},85; largeur de la caisse 2^{m},70; poids à vide, 16 tonnes; prix, 2800 francs.

Pour terminer, nous ne pouvons passer sous silence une découverte qui ne touche l'art des mines que d'une manière détournée, mais par un côté des plus intéressants : la guérison des blessés; elle a été faite récemment par M. le docteur Thierry, et mérite d'être signalée ici, car on ne saurait donner une publicité trop

(1) *Comptes rendus de la Soc. de l'Ind. Minérale*, décembre 1893.
(2) *Engineering and Min. Journal*, 11 mai 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rapide ni trop étendue à tout ce qui concerne le soulagement des plus atroces souffrances auxquelles sont exposés les mineurs. Nous voulons parler des brûlures. M. le docteur Thierry a constaté qu'une solution d'acide picrique, appliquée à temps sur les parties du corps brûlées, dans des conditions d'ailleurs encore incertaines, et sur le détail desquelles nous n'avons pas la prétention d'insister, pouvait atténuer beaucoup les effets des brûlures. La pratique montrera ce qu'il en est, mais il serait à désirer, pour que l'on fût plus vite fixé, que les compagnies houillères prissent l'initiative bien simple de se munir du nouveau remède et de mettre leur personnel à même de l'appliquer en cas de besoin.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MÉTALLURGIE

OBSERVATIONS SUR LA TREMPE DE L'ACIER A L'OCCASION DES RECHERCHES DE M. CHARPY, PAR **A. Le Chatelier**, *Ingénieur des Constructions navales.*

Les études de M. Charpy sur la trempe de l'acier (*Bulletin de la Société d'Encouragement*, juin 1895) ont fait faire un pas considérable à cette question si complexe qui, malgré les résultats déjà acquis, paraît devoir présenter encore pendant longtemps un champ de recherches étendu aux expérimentateurs. Elles ont, en particulier, mis en évidence des faits nouveaux relatifs à la trempe des aciers contenant des proportions notables de métaux, tels que le manganèse, le chrome, le nickel, le tungstène ; ces faits sont du plus haut intérêt, en raison de la nouvelle phase dans laquelle est entrée depuis quelques années la métallurgie qui, n'ayant plus aucun progrès à réaliser dans la fabrication des aciers au carbone, recherche les moyens de satisfaire aux exigences sans cesse croissantes de ses clients par la fabrication d'alliages dont l'emploi prendra une extension de plus en plus grande à mesure que les procédés de préparation à l'état de pureté des métaux tels que le chrome, le manganèse, le tungstène, le molybdène se perfectionneront, et que le prix du nickel, qui paraît devoir être un élément constituant de tous ces alliages, s'abaissera davantage. Le point caractéristique de cette nouvelle phase de la métallurgie est que le carbone, qui était jusqu'ici l'agent de durcissement par excellence, est considéré, à un certain point de vue, comme un élément nuisible, au même titre, sinon au même degré, que les autres métalloïdes tels que le phosphore, en raison de ses effets analogues au point de vue de la cristallisation et de la fragilité, et que l'on cherche à diminuer sa proportion en renforçant son action par celle de certains métaux qui ont, en sa présence, un effet durcissant singulièrement énergique. Les expériences de M. Charpy ont nettement mis en évidence l'énergie de cet effet durcissant ; c'est ainsi qu'elles ont montré que, alors qu'un acier au carbone, contenant 0,41 de ce métalloïde, ne prenait, par la trempe à l'eau froide, qu'une résistance de 80 kilogrammes environ, on pouvait, avec la même teneur en carbone et l'addition de 1 p. 100 de manganèse, de nickel ou de chrome, obtenir des résistances de 140 à 170 kilogrammes ; elles ont, en outre, établi que, pour ces alliages, il n'y avait pas, contrairement à ce qui a lieu pour l'acier au carbone, de température précise de trempe, et que l'énergie de la trempe allait en croissant avec la température de trempe. Ces faits nouveaux semblent indiquer la nécessité, pour ces alliages d'une théorie de la trempe sensiblement différente de celle des aciers au carbone,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et on ne peut que regretter qu'un plus grand nombre d'expériences n'aient pas été poursuivies dans cette voie qui promet d'être féconde.

Les résultats obtenus par M. Charpy et par les expérimentateurs qui l'ont précédé sur la trempe et les transformations de l'acier, ainsi que les théories émises à ce sujet, nous ont paru donner lieu à quelques remarques, que nous exposons ici dans l'espoir qu'elles pourront susciter des expériences nouvelles, destinées à confirmer des hypothèses qui ne paraissent pas suffisamment établies, et à éclaircir certains côtés de la question dont l'étude, en raison des difficultés qu'elle comporte, est restée jusqu'ici très incomplète.

I

En étudiant la courbe de traction des aciers recuits, M. Charpy a été conduit à considérer le *palier* qui se produit au début de cette courbe comme caractéristique d'une des transformations du fer, celle qui se manifeste normalement à 740°.

Cette séduisante théorie est basée sur les considérations suivantes :

1° Tous les cas que l'on appelle des changements d'état physique ou allotropique sont caractérisés par des courbes présentant un palier analogue à celui de la courbe de traction de l'acier recuit.

2° Dans la trempe de l'acier doux, le palier ne disparaît que si la trempe a été faite au-dessus de 750°.

3° On observe, pendant la période du palier, une variation des propriétés physiques du métal, en particulier une variation très nette des propriétés magnétiques.

Cette dernière constatation est le seul argument qui nous paraisse valable à l'appui de l'assimilation du palier à une transformation du fer. S'il est, en effet, exact que tous les changements d'état physique soient caractérisés par un palier, l'inverse n'est pas nécessairement vrai, et peut, tout au plus, être admis comme une présomption à défaut de tout autre interprétation valable. En second lieu, la disparition du palier dans les aciers doux, par la trempe au-dessus de 750°, peut tout aussi bien être attribuée aux effets de l'écrouissage énergique qui accompagne toute trempe ; on constate, en effet, dans l'exemple cité par M. Charpy, qu'il n'y a eu trempe et durcissement qu'à partir de 750°, et nous sommes convaincus que, si le refroidissement avait été assez rapide dans la trempe au-desous de 750°, le palier aurait également disparu.

Il y a, dans la courbe de traction de l'acier recuit, un autre fait, non moins intéressant que celui du palier, et qu'il nous paraît impossible d'attribuer à une transformation du fer ; ce fait consiste en ce que, si l'acier a été recuit à température élevée et refroidi lentement, il n'y a *aucune déformation permanente* jus-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qu'au début du palier ; ceci est tout à fait spécial à l'acier ; les autres métaux usuels, même s'ils contiennent un demi à 1 p. 100 d'impuretés, ont une limite élastique presque nulle quand ils ont été recuits à température élevée. La coïncidence de la fin de la période élastique avec le commencement du palier semble indiquer qu'il s'agit d'un seul et même phénomène, et que l'explication doit en être unique. Parmi les différents métallurgistes qui se sont occupés du palier, MM. Osmond et Werth en ont donné, dans leur *Théorie cellulaire des propriétés du fer et de l'acier*, une explication qui, bien que n'étant peut-être plus, dans la forme primitive sous laquelle l'ont présentée ces auteurs, complètement d'accord avec les connaissances actuellement acquises, est néanmoins très intéressante en ce sens que c'est la seule qui rende un compte exact de l'ensemble du phénomène. Cette explication, qui a été depuis ingénieusement développée par M. Jean Résal dans son traité de la résistance des matériaux : *Fonte, fer et acier*, est basée, comme on sait, sur l'expérience de Weyl, qui met en évidence, dans l'acier recuit, un réseau continu de carbure de fer dur et non extensible. D'après MM. Osmond et Werth, c'est ce réseau qui, s'opposant à la déformation des particules ferreuses qu'il enveloppe, est la cause de la période élastique que l'on constate jusqu'au moment où, par suite de sa désagrégation, ces particules se trouvent brusquement soumises à un effort très supérieur à leur limite élastique propre, laquelle doit être presque nulle, comme pour tous les métaux recuits à haute température, et se déforment alors d'une quantité considérable sans augmentation d'effort, déformation qui est caractérisée par le palier.

Cette interprétation nous paraît plus satisfaisante que celle qui consiste à attribuer le palier à une transformation du fer parce qu'elle explique non seulement le palier, mais aussi la période élastique qui le précède et qui en est inséparable. Il est vrai, cependant, qu'à première vue, elle ne rend pas compte de la variation des propriétés physiques qui accompagne le palier ; néanmoins, il n'est pas impossible que la modification de structure interne résultant de la destruction de ce réseau de carbure soit suffisante pour produire les variations des propriétés physiques qui ont été constatées par M. Charpy.

Nous citerons enfin un fait qui est en contradiction avec l'assimilation du palier à une transformation du fer : que la double trempe a pour effet d'atténuer ou même de supprimer ce palier ; c'est même une des raisons de l'emploi de cette opération remarquable, sur laquelle nous reviendrons plus loin. Le palier existant dans les aciers trempés qui, après recuit, ont été refroidis lentement, la disparition du palier produite par la double trempe ne saurait être attribuée à une transformation du fer maintenue stable par la première trempe, pas plus qu'à une transformation du fer produite par la deuxième trempe, puisque cette deuxième trempe est faite au-dessous de 750°. Il serait intéressant d'étudier la forme sous laquelle se présente le carbone dans les aciers doublement trempés, afin de voir

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

si, ainsi qu'il devrait être d'après la théorie de MM. Osmond et Werth, la double trempe a pour effet, tout en laissant le carbone à l'état de carbure de fer, de l'empêcher de former ce réseau continu qui existe dans les aciers refroidis lentement.

II

La question de savoir si les effets de la trempe sont dus à la transformation du carbone ou à celles de fer a soulevé de nombreuses discussions. La théorie qui est aujourd'hui la plus généralement adoptée est celle qui attribue la plupart de ces effets à la transformation du carbone; cette théorie semble confirmée par les expériences de M. Charpy qui ont établi une relation remarquable entre la proportion de carbone maintenue à l'état de carbone de trempe et le durcissement produit par la trempe; mais ces expériences ne suffisent pas, ainsi que l'a fait remarquer M. Charpy, à établir que les transformations du fer ne jouent aucun rôle dans la trempe; en effet, les trois points de transformation sont confondus dans les aciers qu'il faut employer pour pouvoir doser le carbone de trempe ; les augmentations parallèles de la proportion de carbone de trempe et du durcissement peuvent alors être deux effets parallèles de l'augmentation de l'intensité de la trempe sans que, pour cela, le premier soit lui-même la cause exclusive du second.

Quelque important que puisse être le rôle du carbone dans la trempe, il paraît insuffisant pour expliquer tous les faits actuellement connus, et il paraît nécessaire de faire intervenir également les transformations du fer, auxquelles M. Osmond avait primitivement voulu rapporter, par une exagération opposée, tous les effets de la trempe.

En premier lieu, on peut obtenir par des trempes énergiques un durcissement considérable avec des aciers très peu carburés; nous rappellerons, à ce sujet, les essais qui ont été faits au Creuzot sur la trempe à la glace des aciers doux ; nous sommes nous-même parvenu à obtenir une résistance de 90 kilos par la trempe, dans un mélange réfrigérant, d'un fil de $0^{mm},6$ de diamètre en acier extra doux, ne contenant que 0,07 de carbone et 0,4 de manganèse; les résultats obtenus par M. Charpy dans la trempe des aciers riches en manganèse, chrome, nickel ou tungstène, et notamment ce fait que, pour ces aciers, l'intensité de la trempe augmente beaucoup avec la température de trempe, sont difficilement explicables si l'on attribue à la transformation du carbone seul le durcissement produit par la trempe.

L'intervention du carbone ne peut suffire non plus à expliquer l'effet des trempes, négatives, dont le rôle capital dans la métallurgie du fer est si connu. Cette importante question sera reprise plus loin.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il y a enfin un effet de la trempe que le rôle du carbone paraît impuissant à expliquer, ce sont ces *tensions internes* qui existent dans tous les aciers trempés et qui peuvent acquérir, dans les aciers durs, une énergie suffisante pour produire la rupture du métal ; les études théoriques faites dans ces dernières années sur les transformations du fer et du carbone paraissent avoir fait perdre complètement de vue cet ordre de faits, qui est pourtant très caractéristique et des plus importants au point de vue pratique. On s'est peu préoccupé de rechercher l'origine de ces tensions qui entraînent la production, pendant la trempe, de phénomènes d'écrouissage intenses, et on s'est contenté d'indiquer vaguement qu'elles pouvaient être attribuées à des phénomènes d'ordre mécanique résultant des propriétés thermiques du fer, ou à des variations de volume accompagnant les transformations du fer. Il semble difficile de les attribuer à la transformation du carbone pour les raisons suivantes : en premier lieu, quand on recuit un acier trempé, le carbone revient complètement à l'état de carbone de recuit dès 400 degrés, et, cependant, le métal conserve une dureté plus grande que s'il n'avait pas été trempé ; ainsi les pièces de canon ou de blindage conservent, après recuit à 600 degrés, un supplément de résistance de 10 à 15 kilos. En second lieu, la trempe a pour effet de maintenir le carbone à l'état où il se trouve au-dessus de 700 degrés ; on ne conçoit pas comment la conservation d'un état physique ou chimique déterminé pourrait produire un écrouissage quelconque ; un changement d'état seul peut produire ce résultat. Ces considérations, et les résistances élevées (1) que l'on peut obtenir par la trempe d'aciers très peu carburés, nous avaient conduit à envisager le rôle des transformations du fer dans la trempe d'une façon spéciale, que nous indiquerons ci-après, espérant seulement que l'hypothèse que nous développerons à ce sujet pourra suggérer quelques expériences nouvelles.

L'écrouissage produit par la trempe ne peut être attribué qu'à des efforts développés par des variations de volume, contraction ou dilatation, ne se produisant pas simultanément dans toutes les parties de la pièce trempée ; il suffit d'une variation de volume relativement faible pour donner naissance à des efforts énergiques ; en effet, quand il s'agit d'efforts se développant dans toutes les directions, il ne peut y avoir que des déformations élastiques, sauf à la périphérie de la pièce, et le coefficient d'élasticité qui intervient dans ce cas n'est pas celui de la traction, dont la valeur est de 20000 environ pour l'acier ; un calcul simple montre qu'il est trois fois plus élevé : 60000, si l'on admet que le coefficient de contraction latérale à la traction soit, pour l'acier, de un tiers, ainsi qu'il résulte des expériences de Wertheim et de différents physiciens. Il en résulte que, si une pièce d'acier enserrée dans un corps indéformable éprouve une dilatation de un millimètre par mètre suivant toutes ses directions, il s'y développera des

(1) *Mémorial du Génie maritime*, 4e livraison, 1892. Propriétés mécaniques du fer et de l'acier.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

efforts de compression dont la valeur sera de 60 kilogrammes par millimètre carré. En réalité, les choses se passent de la façon suivante : si l'intérieur d'une pièce d'acier se dilate sans que l'extérieur éprouve simultanément une variation de volume quelconque, il se développe, dans l'intérieur, des efforts de compression, et dans l'extérieur des efforts de tension, qui se font équilibre, et dont la valeur pourrait être calculée d'après le volume intéressé par la dilatation.

Les variations de volume ne se produisant pas simultanément dans toutes les parties d'une pièce trempée peuvent résulter soit de l'inégale vitesse du refroidissement, soit des variations de volume correspondant aux transformations du fer.

Influence de l'inégale vitesse du refroidissement. — L'expérience montre que le refroidissement rapide d'un barreau d'acier, à partir d'une température inférieure à celle de la transformation du carbone, peut produire un certain durcissement, qui, d'ailleurs, est toujours assez faible ; dans les essais de trempe faits par M. Charpy à 650 degrés, l'augmentation de résistance a atteint, dans quelques cas, 6 à 7 kilos par millimètre carré ; cet effet doit s'accentuer avec la température de trempe, mais il conserverait toujours peu d'importance si on admettait que la trempe a pour effet de maintenir le carbone à l'état de dissolution.

D'après les expériences toutes récentes du professeur Arnold, qui établissent définitivement le rôle du carbone dans la trempe, le carbure de fer Fe^3C, qui existe dans les aciers recuits, se transforme, au point de transformation de la récalescence, en un carbure de la formule $Fe^{24}C$, qui subsiste après trempe ; l'effet de l'inégale vitesse du refroidissement doit être beaucoup plus énergique sur ce carbure vraisemblablement dur et peu déformable que sur le fer pur et malléable, qui est le principal constituant de l'acier à 650 degrés ; on a un exemple d'un fait analogue dans les essais de traction à différentes températures ; au-dessus de 100 degrés, il se produit, sous l'influence des déformations permanentes, une transformation très probablement analogue à celle de la récalescence, et en vertu de laquelle l'écrouissage produit par une déformation donnée est beaucoup plus grand que celui que la même déformation produirait à la température ordinaire.

Influence des variations de volume correspondant aux transformations du fer. — Les transformations du fer ne sont pas maintenues par la trempe ; on en est tout au moins certain pour celle qui correspond à la disparition du magnétisme. Il n'existe, en effet, en dehors de quelques aciers spéciaux à forte teneur en manganèse ou en nickel, aucun acier qui ne soit pas magnétique après trempe, et, bien que cette transformation du fer ne soit pas maintenue par la trempe, la température à laquelle elle se produit est abaissée, ainsi qu'il résulte des expériences de M. Osmond. D'un autre côté, cette transformation est caractérisée, comme toutes les transformations de l'acier, non seulement par une absorption

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de chaleur au chauffage et un dégagement au refroidissement, mais aussi par des variations de volume : contraction au chauffage, dilatation au refroidissement. La valeur des variations de volume qui accompagnent les différentes transformations n'a pas encore été exactement mesurée, mais elle est cependant assez grande, au moins en ce qui concerne la récalescence, pour qu'on ait pu l'utiliser dans quelques usines pour déterminer la température de trempe.

Supposons que nous trempions un acier à une température supérieure à 740 degrés, point de transformation qui, d'après les recherches de M. Osmond, correspond à la disparition du magnétisme ; la trempe ne conservera pas le métal à l'état non magnétique, mais abaissera la température à laquelle se fera le retour à l'état magnétique. Admettons que la trempe soit assez énergique pour abaisser cette température jusqu'à 300 degrés. Au moment où se fera le retour à l'état magnétique, il se produira la dilatation caractéristique de cette transformation spéciale ; mais cette dilatation pourra avoir une valeur différente de celle qu'elle a à 740 degrés dans le cas du refroidissement lent, en raison des différences qui peuvent exister entre les propriétés physiques, et, en particulier, les coefficients de dilatation du fer à l'état magnétique et à l'état non magnétique. Soient : D', la dilatation linéaire qui se produira à 300 degrés ; D, celle qui se produit à 740 degrés dans le cas où le refroidissement est assez lent pour que la transformation se fasse à cette température ; d et d', les coefficients de dilatation linéaire correspondant à l'état magnétique et à l'état non magnétique ; on a la relation suivante, en se basant sur ce que le volume du métal après retour à l'état magnétique à 300 degrés doit être le même qu'après refroidissement lent depuis 740 degrés.

$$d\,(740^\circ - 300^\circ) - \mathrm{D} = d'\,(740^\circ - 300^\circ) - \mathrm{D}'$$
$$\mathrm{D}' = \mathrm{D} + (d' - d) \times 440^\circ$$

Le coefficient de dilatation du fer à l'état non magnétique est connu d'une façon très approximative. Il existe, en effet, deux aciers qui peuvent être obtenus à l'état non magnétique à la température ordinaire ce sont l'acier à 14 p.100 de manganèse et l'acier à 25 p. 100 de nickel. Les propriétés physiques et mécaniques de ces deux métaux ont tellement d'analogies qu'on est en droit de les attribuer au fer non magnétique. Or, M. H. Le Chatelier a obtenu la valeur de 0,00002 pour le coefficient de dilatation de l'acier à 14 p. 100 de manganèse, chiffre qui varie peu avec la température ; nous avons nous-même obtenu les chiffres suivants pour l'acier à 25 p. 100 de nickel :

A l'état magnétique.	0,0000119
A l'état non magnétique.	0,0000215

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ces deux résultats concordants permettent d'attribuer la valeur de 0,00002 au coefficient de dilatation du fer non magnétique. La valeur de la dilatation D n'est pas connue ; d'après des expériences de M. H. Le Chatelier, cette dilatation serait, pour la transformation du nickel à 350 degrés, correspondant à la disparition du magnétisme, égale à celle que produit une élévation de température de 100 degrés au-dessus de cette transformation. Admettons, à titre de simple hypothèse, qu'il en soit de même pour le fer. Nous aurons, pour la valeur de D' :

$$D' = 100 \times 0{,}00002 + (0{,}00002 - 0{,}0000115)\ 440 = 0{,}00574.$$

D'après ce que nous avons dit plus haut, cette dilatation de $5^{mm},74$ par mètre donnerait lieu, si elle se produisait dans l'intérieur d'une pièce dont l'extérieur serait indéformable, à des efforts de compression dont la valeur serait de $60^k \times 5{,}74 = 374$ kilos par millimètre carré ; en supposant qu'elle se produise dans la moitié intérieure d'une pièce d'acier dont l'autre moitié, constituant l'extérieur, serait déjà ramenée à la température ordinaire, elle donnerait lieu à des efforts de compression à l'intérieur et de tension à l'extérieur de même valeur : $374/2 = 187$ kilos. Ce calcul n'est pas rigoureux, en raison de l'hypothèse faite sur la valeur de D, du chiffre pris pour le coefficient de dilatation du fer magnétique qui correspond à la dilatation entre 0 et 100 degrés, et de ce que, en réalité, ces dilatations, dues à la transformation du fer, ne doivent pas se produire au même moment dans une fraction de volume importante, mais successivement, dans des zones de très faible épaisseur ; il a seulement pour but de donner une idée de l'ordre de grandeur des efforts qui peuvent être développés par ces dilatations et de montrer que cette grandeur est suffisante pour expliquer l'écrouissage intense produit par la trempe, et le durcissement considérable que l'on peut obtenir sur des aciers très peu carburés. Pour bien se rendre compte de l'intensité que peut acquérir l'écrouissage ainsi obtenu, il faut se rappeler, qu'au-dessus de 100 degrés, des efforts d'une intensité donnée produisent un écrouissage beaucoup plus énergique qu'à froid, par suite de la transformation spéciale qui se produit à cette température ; à la traction lente, ce fait ne s'observe que jusqu'à 250° degrés, mais il se produit également aux températures supérieures, à condition que le métal soit ramené rapidement à la température ordinaire, sans quoi l'écrouissage serait détruit par le recuit, qui devient très sensible à partir de 300 degrés, et s'accélère à mesure que la température s'élève.

Pour que la dilatation correspondante au retour à l'état magnétique puisse produire les effets que nous venons de signaler, il est indispensable qu'elle ne se produise pas simultanément dans toute la pièce, sinon elle ne pourrait produire aucun écrouissage ; on a un exemple très remarquable de ce cas avec l'acier à 25 p. 100 de nickel magnétique préparé, comme l'a indiqué M. H. Le Chatelier, en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

chauffant la variété non magnétique au rouge dans un courant d'hydrogène humide. Quand on trempe ce métal, il est, au moment où il vient d'être trempé non magnétique et très malléable, ce qui est une des propriétés de la variété non magnétique; puis le retour à l'état magnétique se produit avec une lenteur relative : quelques secondes, dans toute la masse du métal qui n'éprouve aucun durcissement spécial; sa résistance et son allongement restent les mêmes (140 kilos et 10 p. 100) que si on l'avait refroidi lentement à partir du rouge.

Dans ses premières expériences sur les transformations de l'acier, M. Osmond avait constaté que, en même temps que les températures de transformation s'abaissaient sous l'influence d'un refroidissement rapide, les quantités de chaleur dégagées par ces transformations diminuaient jusqu'à s'annuler pour un refroidissement suffisamment rapide; il en avait conclu que la trempe avait pour effet d'empêcher ces transformations de se produire; ce résultat est facile à interpréter d'après ce que nous avons dit précédemment; en effet, au moment du retour à l'état magnétique, la partie de la dilatation qui est due à la valeur élevée du coefficient de dilatation du fer à l'état non magnétique exige, pour se produire, l'absorption d'une certaine quantité de chaleur, laquelle ne peut être empruntée qu'à celle qui est normalement dégagée par la transformation, et qui, par suite, doit aller en diminuant à mesure que, le refroidissement étant plus rapide, le retour à l'état magnétique se fait à une température plus basse.

Le rôle que nous attribuons dans la trempe à la transformation du fer correspondant à la disparition du magnétisme paraît de nature à expliquer tant le durcissement considérable que l'on peut obtenir sur des aciers peu carburés, mais contenant des métaux tels que le manganèse, le nickel, le chrome et le tungstène qui ont un effet marqué sur l'abaissement des divers points de transformation de l'acier, que ce fait, constaté par M. Charpy : que, pour ces aciers, surtout pour ceux qui sont pauvres en carbone, l'intensité de la trempe va en croissant à mesure que la température de trempe s'élève.

Il est particulièrement instructif, à ce point de vue, de rapprocher les résultats obtenus par M. Charpy avec l'acier au creuset n° 1, particulièrement pur en corps autres que le carbone, et avec les aciers n^{os} 5 et 6, riches en chrome et en manganèse. La composition de ces aciers, en ce qui concerne les corps ayant une influence sur la trempe, était la suivante :

	Carbone.	Manganèse.	Chrome.
	—	—	—
Acier n° 1.	0,09	—	—
— 5	0,07	0,15	0,75
— 6	0,13	0,98	—

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les résultats obtenus à la trempe à l'huile froide et à l'eau froide sont résumés dans les tableaux suivants :

Trempe à l'huile froide

TEMPÉRATURE DE TREMPE	ACIER N° 1		ACIER N° 5		ACIER N° 6	
	Résistance	Allongement	Résistance	Allongement	Résistance	Allongement
	kil.-gr.		kilogr.		kilogr.	
0°.	32,1	38,3	33,1	39,7	39	36,9
700°.	»	»	41,7	26	54,8	13,7
750°.	40,7	26	»	»	»	»
800°.	39,8	25,4	47,1	23,6	50,8	7,3
900°.	39,1 (1)	29,1 (1)	52,4	9,6	72,6	4,6
1 000°.	»	»	48,2	12	69,1	9

Trempe à l'eau froide

TEMPÉRATURE DE TREMPE	ACIER N° 1		ACIER N° 5		ACIER N° 6	
	Résistance	Allongement	Résistance	Allongement	Résistance	Allongement
	kilogr.		kilogr.		kilogr.	
0°.	32,1	38,3	33,1	39,7	39	36,9
700°.	41,7 (1)	16,6 (1)	49,2	16,6	49,5	13,3
750°.	51,4	15,1	52,4	14,8	»	»
800°.	48,2	17,4	61,6	12,7	78,2	7,2
900°.	47,7	17,7	74,9	10,2	84,2	4,8
1 000°.	»	»	85,6	7,8	102,2	4,5

(1) Ces chiffres sont la moyenne de deux expériences.

Pour l'acier n° 1, la trempe a son maximum à 750°; au delà, la résistance diminue et l'allongement augmente; c'est ce qui se produit, ainsi que l'a observé M. Charpy, pour tous les aciers au carbone pauvres en manganèse et autres métaux; pour les aciers n° 5 et 6, au contraire, il y a augmentation régulière de l'intensité de la trempe jusqu'à 900° dans le cas de la trempe à l'huile, et jusqu'à 1000° dans le cas de la trempe à l'eau; si l'on observe que, pour ces aciers, tout au moins pour l'acier n° 5, les trois points de transformation sont nettement distincts, et que, pour cet acier n° 5, les résultats obtenus par la trempe à l'eau froide à 750° sont identiques à ceux donnés à la même température par l'acier n° 1, qui présente

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à peu près la même résistance et le même allongement à 0°, on est amené à attribuer aux transformations du fer cette augmentation de l'intensité de la trempe au-dessus de 750°. On est confirmé dans cette manière de voir si l'on compare les résultats des deux aciers au creuset n° 3 et n° 9, dans lesquels il n'y a qu'un seul point de transformation, et qui ont les compositions suivantes

	Carbone.	Manganèse.	Chrome.
	—	—	—
Acier n° 3.	0,41	0,01	—
— n° 9.	0,41	0,05	0,87

La trempe de ces aciers a donné les résultats suivants :

TEMPÉRATURE de TREMPE	TREMPE A L'HUILE				TREMPE A L'EAU			
	N° 3.		N° 9.		N° 3.		N° 9.	
	Résistance	Allongement	Résistance	Allongement	Résistance	Allongement	Résistance	Allongement
	kilogr.		kilogr.		kilogr.		kilogr.	
0°.	50,6	24,4	51,4	24,1	50,6	24,4	51,4	24,1
700°.	50,2	24,5	68,5	5,1	55,2	20,2	54,4	22,5
750°.	71,8	16,6	92,9	5,2	74,9	1,7	»	»
800°.	69,5	15	105,3	6	74,5	2,2	170	1,0
900°.	«	»	112,9	4,8	79,8	13,3	165,1	1,7
1 000°.	«	»	106,7	2	»	»	»	»

Pour l'acier n° 3, le maximum de trempe a lieu à 750°, comme pour l'acier n° 1; pour l'acier n° 9, l'élévation de la température de trempe ne produit plus le même effet que pour l'acier n° 5; dans le cas de la trempe à l'huile, le durcissement augmente lentement à partir de 750°, pour diminuer ensuite, et, dans le cas de la trempe à l'eau, l'effet de la trempe est complet à 800°. L'acier n° 10, contenant 0,44 de carbone et 1,37 de manganèse, paraît également présenter un maximum de trempe dès 750°; ce maximum est tout au moins très net pour la trempe à l'eau, qui a fourni les mêmes résultats à 750°, 800° et 900°. Les aciers au nickel et au tungstène présentent des phénomènes analogues, mais moins nets, surtout pour les aciers doux, sur lesquels la trempe a peu d'influence.

En résumé, il résulte des expériences de M. Charpy que, si l'on considère les aciers dans lesquels les trois points de transformation sont distincts, on constate que, alors que, pour les aciers au carbone, il y a un maximum de trempe vers 750°, pour les aciers contenant des proportions notables de métaux tels que le manga-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nèse, le chrome, le nickel, le tungstène, il y a élévation progressive de l'intensité de la trempe avec la température de trempe; au contraire, dans ous es aciers assez riches en carbone pour que les trois points de transformation soient confondus, la trempe atteint son maximum dès 750° à 800°. Il paraît naturel d'en conclure que, dans le cas des aciers peu carburés, l'élévation progressive de l'intensité de la trempe doit être attribuée aux transformations du fer d'après le mécanisme que nous avons indiqué plus haut; ces transformations doivent encore agir dans le cas des aciers pour lesquels les trois points de transformation sont confondus. Leur action ne se manifeste alors que par l'intensité de la trempe obtenue; ainsi par la trempe à l'huile, le maximum de trempe correspond, pour l'acier au carbone n° 3, à une résistance de 71k,8, alors que, pour l'acier au chrome n° 9, ce maximum correspond à 112 kilos, et, pour l'acier au manganèse n° 10, à 139 kilos.

Il serait particulièrement intéressant, à ce point de vue, de reprendre des expériences analogues à celles de M. Charpy sur des aciers très pauvres en carbone : 0,07 à 0,09, et contenant des doses croissantes de manganèse et de chrome, depuis 0,00 jusqu'au maximum possible, sans augmenter la teneur en carbone. En faisant ces essais sur des fils d'un diamètre égal au plus à 1 millimètre, et avec des bains de trempe énergiques, on aurait des durcissements beaucoup plus considérables, et qui mettraient plus nettement en évidence le rôle joué par le manganèse, le chrome et les métaux analogues.

La vérification expérimentale du rôle que nous attribuons dans la trempe aux variations de volume accompagnant les transformations du fer serait assez difficile; néanmoins, nous pensons que l'étude de l'abaissemeut de ces points de transformations au moyen des variations de volume serait très intéressante, et donnerait des résultats plus certains que le procédé calorimétrique employé jusqu'ici, parce que, ainsi que nous l'avons indiqué, les dégagements de chaleur correspondant aux transformations peuvent être atténués ou annulés par ces variations de volume. Nous insisterons enfin sur l'intérêt qu'il y aurait à étudier l'intensité et la répartition des tensions développées par la trempe; cette étude peut se faire par divers procédés, et ne présente pas de difficultés spéciales.

III

TREMPE NÉGATIVE ET DOUBLE TREMPE

M. Charpy a cru pouvoir conclure, de ses essais sur la trempe négative et sur la double trempe, que ces deux opérations ne produisaient aucun effet particulier. Il ne nous paraît pas possible de partager cette opinion, qui est contredite par l'emploi de plus en plus général dans l'industrie de ces deux procédés de traitement de l'acier.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TREMPE NÉGATIVE

L'expression de *trempe négative* a été employée pour la première fois par M. Osmond, non pas pour désigner une trempe faite au-dessous de la température de trempe : 650° par exemple, mais bien une trempe faite à la température normale de trempe : 750° à 800°, dans des conditions de vitesse de refroidissement telles qu'il n'y eût pas durcissement et trempe véritable, caractérisée par la présence du carbone de trempe, mais que, cependant, un des effets pratiques les plus utiles de la trempe soit conservé : cet effet est la *transformation de la texture de l'acier*. Ainsi, quand on trempe à 800° un acier doux dans de l'eau bouillante, on n'obtient aucun durcissement; mais la texture, même si elle était cristalline, devient fibreuse, et la fragilité, qui est le plus grave défaut de l'acier, se trouve réduite dans une très grande mesure. On peut, par l'emploi de ce procédé, restituer toutes ses qualités à un acier qui aurait été détérioré par un chauffage exagéré ou trop prolongé. Cet effet de la trempe négative présente une telle importance, au point de vue de la résistance mécanique du métal, que l'on peut dire que *toute pièce d'acier qui a été travaillée à chaud doit, avant d'être mise en œuvre, subir une trempe négative*. La trempe négative, telle que celle que peuvent produire le refroidissement à l'eau bouillante ou à l'air libre, peut être dangereuse pour des pièces présentant des inégalités d'épaisseur ou des formes compliquées en raison de l'écrouissage spécial qui se produit en dessous de 500°, et grâce auquel des inégalités de refroidissement pourraient donner lieu à des tensions exagérées ou même à des ruptures. Aussi, sauf dans le cas de pièces de formes très simples et d'épaisseur uniforme, doit-on faire la trempe négative de la façon suivante : une fois la pièce amenée à une température voisine de 800° à 900°, on la refroidit le plus rapidement possible jusque vers 600°; un refroidissement rapide, dans cet intervalle de température, ne produit aucun durcissement, tout en étant suffisant pour transformer la texture. Au-dessous de 600°, au contraire, le refroidissement doit être aussi lent que possible, pour éviter les effets de l'écrouissage spécial dont nous venons de parler. Cette façon d'opérer a été réalisée industriellement de diverses façons : tantôt on trempe les pièces dans un bain de plomb fondu (trempe des plaques de blindage à l'usine Saint-Jacques de Montluçon), tantôt on ouvre les portes des fours où l'on recuit les tôles et les pièces de forge pendant le temps nécessaire pour produire la chute de température voulue, tantôt (recuit des aciers moulés) la sole du four est montée sur un chariot roulant qui permet de sortir les pièces du four pour produire une trempe négative au contact de l'air et de les y rentrer dès qu'elles ont atteint la température critique de 600°. Les installations, quelquefois coûteuses, faites dans ce but par les usines suffisent à prouver l'importance de la trempe négative.

Au point de vue théorique, les effets de la trempe négative doivent être

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

attribués aux variations de volume qui accompagnent les transformations du fer et aussi celle du carbone, puisque, dans ce cas, le carbone revient à l'état de carbone de recuit. Qu'il s'agisse d'un refroidissement rapide arrêté à 600° ou d'un refroidissement relativement lent, ces variations de volume se produisent à une température à laquelle le métal est très malléable et n'est pas susceptible de s'écrouir; elles n'ont alors pour effet que de produire une sorte de pétrissage ou de forgeage énergique qui détruit les formations cristallines pouvant exister dans le métal. On peut même dire que la transformation de la texture du métal est plus complète dans une trempe négative que dans une trempe positive énergique; dans ce dernier cas, en effet, la transformation du carbone est plus ou moins complètement supprimée, et la transformation du fer se produit à une température plus basse, à laquelle le métal plus résistant s'écrouit, mais subit un pétrissage moins énergique, ces deux effets de pétrissage et d'écrouissage étant, en quelque sorte, deux effets complémentaires, dont l'un diminue quand l'autre augmente. L'expérience vérifie d'ailleurs cette manière de voir : on sait, en effet, qu'un acier de dureté moyenne (acier à canon) reste cristallin après trempe à l'huile ou à l'eau froide s'il a été trop chauffé avant trempe. C'est même par ce procédé que l'on peut réaliser les plus belles cristallisations d'acier; nous avons vu un morceau d'acier à canon qui avait subi une trempe vive après un chauffage prolongé au blanc et qui présentait à sa surface, la plus énergiquement trempée, des polyèdres dont les arêtes avaient plusieurs millimètres de côté.

Cette destruction incomplète de la cristallisation dans les trempes vives conduit à indiquer un procédé de traitement de l'acier qui pourrait être utilement employé quand on veut durcir par une trempe positive des pièces ayant subi des chauffages répétés, qui ont pu altérer leur structure; ce procédé consisterait à faire subir d'abord à ces pièces une trempe négative, pour restaurer leur structure, avant de leur donner la trempe positive, destinée à produire le durcissement. Ce procédé, d'exécution simple, puisqu'il suffirait de sortir les pièces du four jusqu'à ce qu'elles aient atteint par refroidissement à l'air la température de 600° environ et de les y introduire de nouveau pour les réchauffer jusqu'à la température strictement nécessaire pour produire la trempe positive, serait particulièrement utile pour les aciers auxquels leur composition chimique donne une tendance marquée à la cristallisation.

Double trempe. — La double trempe est une des opérations les plus remarquables de la métallurgie. Elle consiste, comme on le sait, à faire suivre d'une trempe le recuit à température plus ou moins élevée qui est nécessaire pour détruire les tensions produites par la trempe. La double trempe n'a aucune action sensible sur la résistance et l'allongement, comme l'a constaté M. Charpy; son seul effet est d'atténuer, et même de supprimer pour les pièces de faible échantillon, le palier de la courbe de traction, laquelle devient alors continue comme pour les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

métaux autres que l'acier. Cette suppression du palier a un grand intérêt dans beaucoup de cas, en particulier dans la fabrication des ressorts. En effet, un ressort qui, après trempe, a subi un recuit avec refroidissement lent, s'affaisse complètement au moment où il atteint sa limite élastique, par suite de la déformation sans augmentation de charge qui se produit alors; on constate même que, une fois la limite élastique dépassée, l'affaissement continue sous des charges inférieures à cette limite élastique. Un ressort doublement trempé se comporte tout différemment; quand il dépasse sa limite élastique, il ne s'affaisse pas, et éprouve seulement une très légère déformation, en même temps qu'il acquiert une nouvelle limite élastique plus élevée; cette propriété est particulièrement précieuse pour les ressorts de voitures de chemins de fer, qui sont soumis à des chocs continuels. Un ressort quelconque doit toujours être obtenu par la double trempe, et c'est, croyons-nous, le mode de fabrication généralement usité.

La double trempe a une autre action, qui a pour effet de réduire au minimum la fragilité de l'acier; cet effet paraît également dû à la suppression du palier.

Dans des expériences sur la résistance des fils de fer au choc, M. Considère avait observé (1) que, pour une vitesse au choc convenable, cette résistance tombait à une valeur très faible, et la force vive absorbée par le métal devenait insignifiante, En recherchant l'origine de cette fragilité spéciale, nous avons observé les faits suivants (2) : nous avons soumis au choc d'un poids de 800 grammes, tombant de hauteurs croissantes un fil d'acier extra-doux de $0^{mm},78$ de diamètre, ayant une résistance de 35 kilos environ, avec 35 p. 100 d'allongement; nous avons constaté, ainsi que l'indiquent les résultats donnés ci-dessous, que l'allongement, d'abord plus grand qu'à la traction, diminuait ensuite rapidement quand la vitesse au choc augmentait.

Hauteur de chute	$0^{m},10$	$0^{m},20$	$0^{m},40$	$0^{m},70$	$1^{m},00$	$1^{m},50$	$1^{m},50$
Nombre de coups de mouton.	9	5	2	1	1	1	1
Allongement p. 100 à la rupture sur 150 millimètres.	45	45	40	30	23	15	8

Cette réduction de l'allongement à partir d'une hauteur de chute de $0^{m},40$ résultait de ce que l'allongement se localisait en certaines régions du fil, irrégulièrement réparties; dans ces régions, l'allongement était nul, de sorte que le fil présentait, après rupture, un aspect en chapelet :

Nous avons également obtenu ce mode de localisation de l'allongement en rompant le fil par traction sans chocs en une fraction de secondes, un quart de

(1) *Résistance au choc et fragilité du fer.* Association des ingénieurs des Ponts et Chaussées du Sud-Ouest, 1888.

(2) *Influence de la température sur les propriétés mécaniques des métaux.* Commission des méthodes d'essai de matériaux de construction. Octobre 1892.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

seconde environ, à la température de + 15°; nous avons ensuite reconnu que cette localisation de l'allongement, pour une vitesse d'effort donnée, s'exagérait beaucoup à mesure que la température s'abaissait; à — 60°, en opérant la rupture sans chocs, en un quart de seconde environ, l'allongement est tombé à 1 p. 100 à peine; le fil ne s'était allongé qu'au point de rupture. Ayant observé, d'autre part, que la charge correspondant au début du palier, qui, pour l'acier recuit, est la limite élastique, s'élevait très rapidement avec la vitesse de la traction à une température donnée, et pouvait lui devenir égale pour une vitesse de traction suffisante, (fait que nous avons observé à — 60° dans un essai dont la durée totale était de une minute) nous avons été amené à conclure que cette élévation de la limite élastique avec la vitesse de traction, qui va en s'accentuant à mesure que la température s'abaisse, était la cause de la localisation de l'allongement par suite du mécanisme suivant. Au moment où la limite élastique deviendra égale à la charge de rupture, comme il existe forcément de légères différences d'un point du fil à l'autre, les régions du fil où, pour une cause quelconque, la limite élastique a une valeur un peu plus élevée, ne s'allongeront pas avant que les autres, où la limite élastique, égale à la charge rupture, est plus faible, ne se soient allongées jusqu'à rupture. Il y a là une sorte d'état instable, dont les effets doivent s'accentuer à mesure que la vitesse d'effort et par suite la limite élastique vont en croissant.

En reprenant ces essais sur le même fil trempé à l'air, nous avons constaté que la localisation de l'allongement ne se produisait plus; quand le fil avait subi une trempe énergique à l'eau et avait ensuite été recuit vers 600° et refroidi lentement, cette localisation s'observait de nouveau, mais pour une vitesse au choc plus élevée que pour le fil recuit; enfin, si le fil, après avoir été fortement trempé, subissait une deuxième trempe après avoir été réchauffé a 600°, il devenait impossible d'obtenir la localisation de l'allongement par n'importe quel procédé. A la traction lente à 15°, le fil ainsi traité donnait un allongement de 25 p. 100; il donnait le même allongement soit à la rupture au choc à + 15°, avec une hauteur de chute de 2 mètres, soit à la rupture en un quart de seconde à — 60°.

La double trempe a donc pour effet de supprimer complètement cette fragilité spéciale, découverte par M. Considère, et qui est propre aux aciers recuits.

Nous pensons que cette suppression n'est complète que pour les faibles échantillons: mais, même pour de gros échantillons, il doit y avoir une amélioration considérable. Cette fragilité spéciale doit avoir pour effet d'augmenter beaucoup la fragilité qui résulte de l'état cristallin plus ou moins prononcé que possèdent tous les aciers recuits à température élevée et refroidis lentement; elle paraît, en particulier, être la cause de la grande fragilité des aciers phosphoreux, qui ont, comme on le sait, une limite élastique particulièrement élevée, et sont très fragiles même quand leur cristallisation est peu prononcée.

La double trempe doit surtout être employée pour des pièces de formes simples,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et être faite dans des bains de trempe peu énergiques : eau bouillante, par exemple, dès qu'il s'agit d'aciers durs. Elle est employée non seulement pour les ressorts, ainsi que nous l'avons indiqué plus haut, mais aussi, aux usines du Creuzot, pour les canons et les plaques de blindage; on l'utilise dans beaucoup d'autres usines pour des pièces de petites dimensions; nous citerons en particulier les enveloppes d'obus en tôles d'acier embouties, et différentes pièces fabriquées pour l'artillerie; la marine l'emploie depuis deux ans à l'établissement d'Indret, pour le traitement de toutes les pièces de machines en acier mi-dur.

Quand même la double trempe ne produirait pas les effets avantageux que nous venons d'indiquer, elle présenterait l'intérêt de permettre, en raison de la rapidité de l'opération, de traiter économiquement une à une, et par suite dans des conditions bien déterminées et toujours les mêmes, un grand nombre de pièces identiques.

Toulon, 3 septembre 1895.

AGRICULTURE

BRANCARD DÉMONTABLE **Gellit**

Le brancard de M. Gellit n'est pas nouveau. Nous en avons déjà présenté plusieurs à la Société; la différence ne consiste que dans le plus ou moins grand nombre de

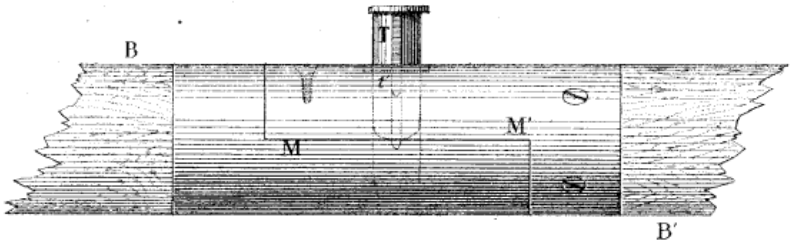


Fig. 1.

fractions BM, B'M', et surtout dans la manière de réunir les morceaux. M. Gellit a renoncé à la vis et la remplace par une simple targette, Tt'.

Nous pensons, qu'en raison de cette simplification, le brancard de M. Gellit peut être employé utilement dans bien des cas.

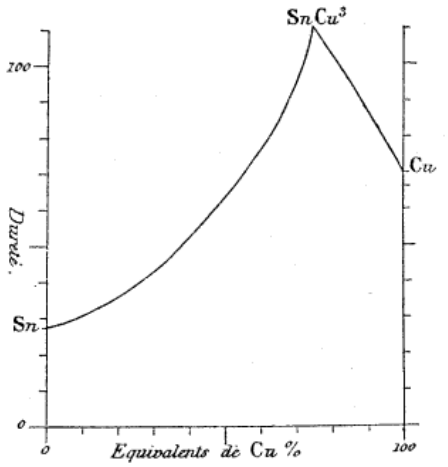
LAVALARD.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MÉTALLURGIE

SUR LA DURETÉ DES ALLIAGES, par **M. H. Le Châtelier**, *Membre du Conseil.*

Dans une série de notes précédentes, j'ai montré, en utilisant des expériences antérieurement faites par divers savants, que toutes les propriétés des alliages éprouvaient des changements brusques dans leur loi de variation, pour certaines compositions déterminées, correspondant à des combinaisons définies. Cela est particulièrement net pour les alliages du cuivre et de l'étain, qui ont été l'objet d'un très grand nombre de recherches. L'étude de leur résistance électrique, de leur force électromotrice de dissolution, de leur densité, de leur fusibilité, de leur dilatation, a mis ainsi en évidence d'une façon très nette l'existence de la combinaison définie $SnCu^3$.



L'étude de la dureté de ces alliages conduit encore à la même conclusion, comme le montre la courbe ci-contre, qui résume les résultats d'expériences faites par le Dr Martens, de Berlin, et qui viennent d'être reproduites par M. Osmond, dans un rapport présenté à la Commission d'unification des méthodes d'essais.

La dureté est mesurée au moyen d'une pointe de diamant chargée d'un poids fixe de 20 grammes, placée normalement à la surface métallique préalablement polie, puis déplacée doucement de façon à tracer un trait sur le métal. On prend pour mesure de la dureté l'inverse de la largeur du trait exprimée en millimètres.

En dehors de la combinaison $SnCu^3$, la courbe est absolument régulière. Cela confirme une fois de plus que les minima de conductibilité électrique ou de fusibilité ne correspondent pas, comme on l'a parfois avancé, à des combinaisons définies; les combinaisons $SnCu^2$ et $SnCu^4$ n'ont, comme je l'ai déjà dit, aucune existence réelle.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

SUR LE SILICIURE DE MANGANÈSE, *Note de* M. **Vigouroux** (1)

Dans une Note précédente, nous avons indiqué la préparation et les propriétés des siliciures de nickel et de cobalt de formule $SiNi^2$ et $SiCo^2$; nous donnerons aujourd'hui l'étude du siliciure de manganèse.

Vers 1857, Brunner (2) avait remarqué que le manganèse, obtenu en réduisant son fluorure ou son chlorure par le sodium, dans une nacelle de porcelaine, jouissait de propriétés tout autres que le métal provenant de la réduction de l'oxyde par le charbon. Peu après, Wœhler (3) constatait que ce manganèse, traité par l'acide chlorhydrique, abandonnait de la silice; les nombreux essais qu'il entreprit lui donnèrent des régules titrant entre 0,6 et 13,37 p. 100 de cilicium. Enfin, MM. Troost et Hautefeuille (4), dans un travail très important sur les chaleurs dégagées dans certaines combinaisons, ont fait connaître des siliciures à 8,2 et à 12 p. 100, contenant au plus 1 p. 100 de carbone.

Nous avons préparé le siliciure de manganèse cristallisé de trois façons différentes : 1° action directe du silicium sur le métal; 2° action du silicium sur l'oxyde; 3° action du carbone sur un mélange de silice et d'oxyde.

1° En chauffant au four électrique, dans des creusets de charbon, des mélanges de silicium (10 parties) et de manganèse (90 parties) préparé par le procédé de M. Moissan, on obtient des culots métalliques grisâtres, cassants qui, à l'œil nu, semblent formés de nombreux cristaux accolés; la plupart s'effritent facilement. L'eau, à l'ébullition, les attaque avec dégagement de gaz, dépôt de siliciure métallique et d'hydrate de manganèse. Lorsque ce liquide les a complètement désagrégés, on reprend le résidu par l'acide chlorhydrique étendu, qui dissout l'oxyde et achève l'attaque du métal libre en même temps qu'il attaque un peu le siliciure et qu'il dépose de la silice. On lave le résidu, on le traite rapidement par l'acide fluorhydrique étendu pour dissoudre la silice; puis, on lave à nouveau et l'on sèche. On obtient des cristaux dans lesquels le silicium et le manganèse répondent à la formule. $SiMn^2$. Mais ils ne constituent pas une poudre homogène; examinés au microscope, ils sont souvent souillés d'oxyde de manganèse et entremêlés de cristaux verdâtres de siliciure de carbone.

2° En réduisant de même, au four électrique, des mélanges de silice (1 partie), oxyde salin de manganèse (3 parties) et de charbon de sucre (1 partie), nous avons obtenu des culots gris d'acier, généralement plus friables que les précédents, plus ou moins caverneux, et répandant à l'air une odeur de carbure d'hydrogène. Concassés et traités comme précédemment, ils abandonnaient encore du siliciure de manganèse, mais ils étaient fortement souillés de graphite et de siliciure de carbone. Comme ce dernier composé est plus difficile à attaquer que le corps à isoler lui-même, nous avons cherché à éliminer le carbone des préparations.

3° Nous avons placé, dans des nacelles en porcelaine, des mélanges bien tassés de silicium (7 à 10 grammes) et d'oxyde salin (35 à 40 grammes). Ces dernières étaient introduites dans des tubes de même matière traversés par de l'hydrogène bien sec, et chauffés à la température de ramollissement de la porcelaine dans des fours à réverbère alimentés par du charbon de cornue. Après refroidissement, chaque nacelle renfermait une scorie vitrifiée, de couleur violacée, au milieu de laquelle se trouvait un culot métallique pesant de 10 à 125 grammes. Tous ces culots étaient sillonnés de nombreuses stries parallèles, qui indiquaient la présence d'un corps cristallisé; leur surface était métallique, bien brillante et présentait, sous certaines

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 25 novembre 1895.

(2) Brunner, *Poggendorff's Annalen*, t. CI, p. 264.

(3) Wœhler, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, t. C,. V. I, année 1858.

(4) Troost et Hautefeuille, *Étude calorimétrique sur les carbures, siliciures, borures de fer et de manganèse*. (*Annales*, 5e série, t. IX, année 1876.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

incidences, des reflets jaune pâle. Fragmentés et traités par l'eau bouillante, ils étaient généralement peu attaqués. L'analyse a montré qu'ils répondaient à la formule $SiMn^2$. Ils nous ont servi à la recherche des principales propriétés de ce composé.

Propriétés physiques. — Le siliciure de manganèse est un corps à éclat métallique, très dur et très cassant, parfaitement cristallisé. Son aspect est gris d'acier sous certaines incidences, il présente des reflets jaune pâle. Sa densité à 15° est de 6,6; il est inaltérable à l'air et fusible à la température du four à réverbère.

Propriétés chimiques — Le fluor l'attaque dès la température ordinaire, avec formation de fumées blanches dues au fluorure de silicium dégagé; si l'on chauffe à peine, il y a combustion avec flamme et incandescence. Le chlore sec agit vers 500° en produisant une vive incandescence; le chlorure de silicium est entraîné, et il reste dans la nacelle de beaux cristaux de chlorure métallique. Le brome et l'iode agissent plus difficilement.

L'oxygène pur l'attaque au rouge; il en est de même de l'oxygène de l'air; mais, à la température ordinaire, ce dernier n'a pas d'effet.

L'acide fluorhydrique, gazeux et sec, l'attaque facilement, surtout si l'on chauffe légèrement. De même, l'acide chlorhydrique agit avec incandescence bien avant le rouge; il se forme des vapeurs qui, amenées dans l'eau, abandonnent de la silice et de l'hydrogène; dans la nacelle, on trouve du chlorure de manganèse. L'acide iodhydrique, gazeux et sec, produit un effet analogue.

L'eau n'a d'action ni à la température ordinaire, ni à 100°; au rouge, elle est décomposé, l'oxygène se fixe sur le siliciure, l'hydrogène se dégage. Les acides étendus agissent rapidement; il se forme un sel de manganèse soluble et de la silice gélatineuse qui entrave de plus en plus l'attaque. Lorsque le siliciure renferme des carbures métalliques, les acides l'attaquent avec énergie en produisant un dégagement de carbures d'hydrogène à odeur désagréable. L'acide fluorhydrique l'attaque avec violence, parce que la silice n'entrave plus la réaction. L'acide azotique concentré l'attaque à chaud, avec production de vapeurs rutilantes d'azotate de manganèse, qui se dissout, et de silice qui se dépose. L'eau régale produit une action de même nature.

La potasse en solution n'a pas d'effet; la potasse caustique l'attaque avec énergie à chaud, surtout lorsqu'il est bien pulvérisé. Il en est de même des carbonates alcalins en fusion et d'un mélange de carbonate et d'azote de potassium.

Analyse. — Environ $0^{gr},200$ de siliciure *très finement porphyrisés* ont été traités, dans un creuset de platine par un mélange d'azotate et de carbonate de potassium. L'attaque commence vers le point de fusion du mélange et se ralentit peu à peu, de sorte que, pour l'activer, il faut élever la température. Lorsqu'elle est complète, on a un mélange de silicate et de manganate alcalin. On place le creuset de platine dans une capsule contenant de l'acide chlorhydrique étendu; il se forme du chlorure de manganèse et de la silice. On évapore à siccité et l'on insolubilise la silice. En reprenant par l'acide chlorhydrique dilué, on obtient une liqueur contenant le manganèse. On filtre : sur le filtre, reste la silice; le manganèse est ainsi séparé d'avec le silicium. On continue le dosage par les procédés habituels (1). L'analyse conduit à la formule $SiMn^2$.

(1) Ce travail a été fait au laboratoire de M. Moissan.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

SUR L'AMALGAME DE CHROME ET QUELQUES PROPRIÉTÉS DU CHROME MÉTALLIQUE. *Note de* **M. J. Férée** (1)

L'amalgame de chrome a été peu étudié jusqu'à présent. MM. Vincent (2) et Moissan (3) ont préparé, en faisant agir des solutions de chlorure, de bromure ou d'iodure de chrome sur l'amalgame de sodium, un amalgame liquide à très faible teneur en chrome.

L'action de l'amalgame de sodium sur les sels de chrome ne donnant pas de bons résultats, j'ai cherché à obtenir l'amalgame de chrome par la méthode électrolytique, qu'on n'avait pas encore employée dans ce cas.

Lorsqu'on électrolyse sans précautions particulièresune solution pure de chlorure chromique avec une électrode négative de mercure et une électrode positive de platine, en général, le mercure ne renferme que des traces de chrome, et il se forme, dans la liqueur, une poudre brun-noir, dont la formule, suivant Bunsen (4), est comprise entre Cr^4O^5 et Cr^5O^6, et sur la composition de laquelle je compte revenir.

Pour obtenir de grandes quantités d'amalgame de chrome, j'ai trouvé qu'il fallait électrolyser une liqueur contenant 160 grammes de chlorure chromique cristallisé, 100 grammes d'acide chlorhydrique concentré et 740 grammes d'eau, et employer une densité absolue de courant suffisamment élevée.

En opérant dans une cloche à douille contenant du mercure pur et la solution précédente, ai pu préparer, en peu de temps, avec un courant de 22 ampères et une surface mercurielle de $8^{cq},05$, c'est-à-dire avec une densité absolue de 0,273, plus de $1^{kg},500$ d'amalgame de chrome solide. Lorsque la densité du courant est trop faible, il ne se produit pas d'amalgame, comme je l'ai constaté dans un cas où cette densité n'était que de 0,028.

Lorsqu'on a obtenu une quantité suffisante d'amalgame solide, on décante la solution et on lave rapidement le produit à l'eau froide; on le dessèche ensuite dans du papier à filtrer, puis on le comprime dans une peau de chamois. Le mercure qui s'échappe ne contient sensiblement plus de chrome, à peine 0,03 p. 100 d'après mes expériences.

Pour analyser l'amalgame de chrome obtenu par compression dans la peau de chamois, on le chauffe avec précaution au rouge dans un courant d'oxygène. Le résidu étant formé, malgré une chauffe prolongée, d'un mélange de sesquioxyde de chrome et d'oxyde salin à proportions variables, sa teneur en chrome fut déterminée par la méthode de Storer (5). L'analyse, faite sur deux échantillons différents, conduit à la formule Hg^3Cr.

L'amalgame Hg^3Cr, obtenu comme nous venons de le dire, comprimé pendant quelques minutes dans des doubles de papier à filtrer, à une pression de 200 kilogrammes par centimètre carré, perd du mercure et donne un nouvel amalgame de composition constante répondant à la formule HgCr; c'est ce qu'ont montré les analyses de quatre échantillons différents.

L'amalgame Hg^3Cr est mou, brillant, peu altérable à l'air; chauffé, il perd du mercure sans fondre et s'oxyde rapidement.

L'amalgame HgCr est plus dur; il est brillant comme le précédent, mais il s'altère plus facilement en laissant bientôt perler à sa surface de petites gouttelettes de mercure.

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 2 décembre 1895.
(2) *Philosophical Magazine*, t. XXIV, p. 328.
(3) *Comptes rendus*, t. LXXXVIII, p. 180; 1879.
(4) *Pogg. Ann.*, t. XCI, p. 619.
(5) *Proc. of the Americ. Acad. of Arts and Sciences*, t. VI, p. 338.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ces deux amalgames, calcinés dans le vide, laissent un résidu de chrome métallique très friable, mais conservant la forme de la substance primitive.

Par distillation dans le vide, au-dessous de 300°, de l'un de ces amalgames, on obtient du *chrome métallique*, dont les propriétés sont très différentes de celles du chrome de Deville (1) et de Fremy (2).

Ce chrome est pyrophorique à froid ; il s'enflamme spontanément dans l'air, et, chose curieuse, il absorbe à la fois les deux éléments azote et oxygène ; la chaleur dégagée est suffisante pour porter toute la masse au rouge vif, tandis que le chrome préparé par M. Moissan, en distillant l'amalgame au-dessus de 350°, ne s'enflamme dans l'air qu'après avoir été légèrement chauffé.

Le chrome pyrophorique possède des propriétés semblables à celles du manganèse pyrophorique obtenu dans les mêmes conditions par M. Guntz (3). Ainsi, il absorbe, avec incandescence, le bioxyde d'azote, pour donner de l'azoture et de l'oxyde de chrome, et cette réaction a lieu à froid. Chauffé dans un courant d'azote, il devient également incandescent, et forme un azoture de chrome.

L'activité chimique de ce corps est si considérable qu'il absorbe l'acide sulfureux à froid avec incandescence, et que, si on le chauffe très légèrement dans un courant d'oxyde de carbone ou d'acide carbonique, la chaleur dégagée par la réaction est suffisante pour le porter au rouge vif.

Calciné, le chrome pyrophorique devient beaucoup moins actif ; il est sensiblement inaltérable à l'air, et n'a d'action sur l'acide sulfureux, l'acide carbonique et l'oxyde de carbone que s'il est chauffé assez fortement.

Je me propose d'étudier les produits formés dans ces diverses réactions, ainsi que les autres propriétés de ce métal (4).

ANALYSE DE L'ALUMINIUM ET DE SES ALLIAGES, *Note de* M. **Henri Moissan.** (5)

Les impuretés que nous rencontrons dans l'aluminium industriel modifiant profondément ses propriétés, il est important d'en faire l'analyse d'une façon aussi exacte que possible. Les procédés employés jusqu'ici dans l'industrie laissent, le plus souvent, beaucoup à désirer, soit que l'on regarde comme du silicium le résidu ferrugineux que l'aluminium abandonne par son attaque à l'acide chlorhydrique, soit que l'on dose l'aluminium par différence.

Essais préliminaires. — On doit, tout d'abord, rechercher si l'aluminium contient du cuivre. On fait dissoudre une petite quantité d'aluminium, environ 2 grammes, dans l'acide chlorhydrique étendu d'eau, et cette solution est traitée par un courant d'hydrogène sulfuré. Dans le cas où la teneur en cuivre est très faible, il est utile de chauffer légèrement la solution et de la maintenir tiède pendant quelques heures après le passage de l'hydrogène sulfuré. On filtre et le cuivre est recherché qualitativement dans le résidu.

L'analyse qualitative est conduite ensuite de façon à constater la présence du silicium, du fer, du carbone, de l'azote, du titane et du soufre (6).

(1) *Annales de Chimie et de Physique* (3), t. XLI, p. 354; 1854.

(2) *Comptes rendus*, t. XLIV, p. 632; 1857.

(3) *Bulletin de la Société chimique de Paris*, p. 275; 1892.

(4) Travail fait à l'Institut chimique de la Faculté des Sciences de Nancy, Laboratoire de M. Gun

(5) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 9 décembre 1895.

(6) Nous avons indiqué dans une Note précédente comment on pouvait reconnaître la présence de l'azote dans l'aluminium (*Impuretés de l'aluminium industriel, Comptes rendus*, t. CXIX, p. 22).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1° *Aluminium sans cuivre. Dosage du silicium.* — On pèse trois grammes environ de métal, qui sont attaqués par l'acide chlorhydrique pur étendu au 1/10. Quand il existe un résidu de couleur grise (contenant du silicium, du fer, de l'aluminium et du charbon), on sépare cette poudre et on l'attaque, par une petite quantité de carbonate de soude en fusion, dans un creuset de platine. Le contenu du creuset est repris par de l'acide chlorhydrique étendu, et cette solution est réunie à la première. Le liquide est placé dans une capsule de porcelaine et maintenu au bain-marie jusqu'à dessiccation. La capsule est ensuite portée dans une étuve à air chaud, dont la température est de 125°. Le résidu doit être alors absolument blanc, pulvérulent, et ne doit plus s'attacher à l'agitateur. Pour obtenir ce résultat, il est bon de gratter les parois de la capsule avec une spatule de platine, et d'écraser les grumeaux qui se sont produits avec un pilon en agate. On retire la capsule après douze heures de séjour à l'étuve à air chaud, lorsque l'on a constaté qu'un agitateur mouillé d'ammoniaque, placé au-dessus du résidu, ne donne plus de fumées blanches, ce qui indique que tout dégagement d'acide chlorhydrique a cessé.

La dessiccation étant terminée, on reprend par de l'eau distillée tiède, dans laquelle on ajoute le moins possible d'acide chlorhydrique. On porte le liquide à l'ébullition pendant quelques minutes, la silice reste insoluble, puis on jette le résidu sur un filtre. Après lavage et dessiccation, on calcine et l'on pèse (1).

Dosage de l'aluminium et du fer. — La solution primitive de l'aluminium dans l'acide chlorhydrique au 1/10, après séparation de la silice, a été étendue d'eau de façon à former un volume de 500 cc. On prend 25 cc. de cette solution, correspondant à 0,150 d'aluminium, on neutralise à froid par l'ammoniaque et l'on précipite les deux oxydes par du sulfure d'ammonium récemment préparé. On laisse le mélange en digestion pendant une heure. Le précipité est ensuite jeté sur un filtre, lavé, séché, calciné et pesé.

Nous n'avons pas employé l'ammoniaque pour cette précipitation, car, pour qu'elle soit complète, la solution ne doit pas être trop étendue, doit renfermer une assez grande quantité de sels ammoniacaux, et très peu d'ammoniaque libre. On peut, il est vrai, se débarrasser de l'excès d'ammoniaque par l'ébullition; mais, dans ce cas, on doit s'arrêter dès que la liqueur n'est plus que légèrement alcaline; si l'on dépasse ce point, l'alumine réagit lentement sur le sel ammoniacal et le liquide prend une réaction acide. A cause de ces petites difficultés, nous avons préféré la précipitation par le sulfure d'ammonium.

L'alumine précipitée est, comme on le sait, très difficile à laver. Il est indispensable que le lavage se fasse par décantation dans un verre de Bohême, de forme cylindrique, et avec de l'eau bouillante. Le lavage est terminé lorsque l'eau surnageante ne contient plus de chlorure Le précipité est jeté sur un filtre, séché, calciné et pesé. On obtient ainsi le poids d'alumine et de sesquioxyde de fer contenu dans l'aluminium. Le fer, d'abord précipité à l'état de sulfure hydraté, s'oxyde rapidement par le lavage et la calcination.

Il est très important aussi de dessécher avec soin cette alumine avant de la porter au rouge. De plus, la calcination doit être opérée avec lenteur, parce que l'alumine desséchée décrépite parfois quand on la chauffe fortement. Enfin, la calcination doit être poussée assez loin, car l'alumine ne perd complètement l'eau qu'elle renferme que sous l'action d'une température assez élevée.

Dosage du fer. — Pour doser le fer, on prend 250 cc. de la liqueur primitive après séparation de la silice. Cette solution est réduite par l'évaporation à un volume d'environ 100 cc. On ajoute de la potasse caustique bien exempte de silice (2) qui précipite d'abord le fer et l'alumine et, lorsque cette potasse est en excès, l'alumine disparaît.

(1) Pour s'assurer que cette silice ne renferme pas d'alumine ou d'oxyde de fer, on verse de l'acide fluorhydrique pur dans le creuset de platine qui a servi à la dernière calcination. Après évaporation à sec au bain de sable, il ne doit rester aucun résidu.

(2) Il est important de s'assurer que la potasse ne renferme pas de silice.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On maintient le mélange pendant dix minutes à une température voisine de l'ébullition. Le précipité est lavé cinq ou six fois à l'eau bouillante, par décantation, puis jeté sur un filtre. On reprend ce précipité par l'acide chlorhydrique étendu, et l'on recommence une nouvelle précipitation par un excès de potasse. Après lavage et filtration, on reprend encore par l'acide chlorhydrique et, cette fois, on précipite le fer par l'ammoniaque.

Le précipité est jeté sur un filtre, lavé, calciné et pesé. On obtient ainsi le poids du sesquioxyde de fer. Proportionnellement, on retranche du poids des deux oxydes obtenus dans les opérations précédentes le poids du sesquioxyde ferrique, et la différence fournit le poids de l'alumine.

Dosage du sodium. — Cette méthode de dosage est basée sur ce que l'azotate d'aluminium se détruit par la chaleur en fournissant de l'alumine à une température inférieure à celle de la décomposition de l'azotate de sodium.

On prend 5 grammes d'aluminium (renfermant ou non du cuivre) en limaille ou en lames ; on les attaque, dans un vase conique, par l'acide azotique (1), étendu de son volume d'eau et à une douce température. L'attaque ne se fait pas à froid, mais il faut élever la température avec précaution, car la chaleur dégagée par la réaction peut être assez grande pour occasionner un dégagement gazeux très violent.

La solution est concentrée dans une capsule de platine, au bain-marie, puis évaporée à sec au bain de sable ou à feu nu. Le résidu est amené à l'état pulvérulent au moyen d'un pilon d'agate.

On chauffe ensuite à une température qui est inférieure au point de fusion de l'azotate de sodium, et jusqu'à ce que tout dégagement de vapeurs nitreuses ait cessé. On reprend ensuite par l'eau bouillante, on décante le liquide et l'on recommence trois à quatre fois le lavage de l'alumine (2).

On lave en même temps le pilon et la capsule, et toutes les eaux de lavage, additionnées de quelques gouttes d'acide azotique, sont évaporées à sec. On reprend trois fois par l'eau bouillante, de façon à éliminer chaque fois une nouvelle quantité d'alumine qui se trouvait mélangée à l'azotate alcalin. Finalement, on traite par l'eau bouillante, on évapore dans une capsule de porcelaine, on filtre, on additionne le liquide d'un léger excès d'acide chlorhydrique pur, et on l'évapore à siccité. On ajoute une nouvelle quantité d'acide chlorhydrique et, après évaporation, on chauffe à 300° pour chasser tout excès d'acide. Le chlorure de sodium restant est dosé sous forme de chlorure d'argent. De la pesée de ce dernier, on déduit la quantité de chlore, et l'on prend le poids de sodium qui lui correspond (3).

Dosage du carbone. — On prend deux grammes du métal sous forme de copeaux ou de limaille, et on les triture au mortier avec 10 grammes à 15 grammes de bichlorure de mercure en poudre additionné d'une petite quantité d'eau. Le mélange est évaporé au bain-marie dans une capsule, puis placé dans une nacelle de porcelaine qui sera ensuite chauffée dans un courant d'hydrogène pur. Cette nacelle est placée dans un tube de verre de Bohême, traversé par un courant d'oxygène bien exempt d'acide carbonique et chauffé au rouge. Le courant gazeux traverse un tube de Liebig contenant une solution de potasse et deux petits tubes en U remplis de fragments de potasse fondue. L'augmentation de poids de ces différents tubes donne, en acide carbonique, la quantité de carbone contenu dans l'aluminium.

2° *Analyse des alliages de cuivre et de l'aluminium. Dosage du cuivre.* — Lorsque l'alliage renferme jusqu'à 6 p. 100 de cuivre, on dissout $0^{gr},500$ de métal par l'acide nitrique bien exempt de chlore, on étend cette solution de façon à occuper un volume de 50 cc. et le dosage

(1) Dans cette attaque, il est bon de placer un petit entonnoir sur l'ouverture du vase conique, de façon à retenir le liquide pulvérisé entraîné par le dégagement de gaz et de vapeurs.

(2) La première solution filtrée abandonne souvent, après refroidissement, une quantité variable d'alumine qui se prend en gelée.

(3) Il est indispensable, pendant tout le dosage, de se mettre à l'abri des poussières de verre qui se rencontrent en abondance dans l'atmosphère des laboratoires.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

se fait par la méthode électrolytique due à M. Lecoq de Boisbaudran, en prenant le dispositif de M. Riche. L'intensité du courant employé est de 0,1 ampère; l'opération dure six heures elle est faite à 60°, vingt-quatre heures si elle est faite à froid. Lorsque l'électrolyse est terminée, le cuivre, après avoir été lavé et séché, est pesé à l'état métallique.

Dosage du silicium, de l'aluminium et du fer. — Le cuivre étant éliminé à l'état de sulfure par l'hydrogène sulfuré, on dose l'alumine, le fer et le silicium ainsi qu'il a été indiqué précédemment.

Conclusions. — Nous donnerons comme exemple l'analyse d'un échantillon d'aluminium provenant de Pittsburg:

Aluminium	98,82
Fer	0,27
Silicium	0,15
Cuivre	0,35
Sodium	0,10
Carbone	0,41
Azote	traces
Titane	traces
Soufre	néant
	100,10

L'industrie de l'aluminium a fait, dans ces dernières années, de grands progrès au point de vue de la pureté du métal. L'analyse précédente en est un très bon exemple, puisqu'elle ne nous fournit que 0,27 de fer et 0,15 de silicium. Il y a deux ans, un bidon fabriqué à Karlsruhe, avec un aluminium de Neuhausen, nous avait donné, en effet, les chiffres suivants :

Aluminium	96,12
Fer	1,08
Silicium	1,94
Carbone	0,30
	99,44

La comparaison de ces deux analyses établit, qu'actuellement, l'industrie peut ournir un métal beaucoup plus pur. Si l'aluminium, obtenu par électrolyse, pouvait ne plus contenir de sodium, et renfermer une quantité moindre de carbone, nous estimons que sa conservation serait beaucoup plus facile.

Nous devons faire remarquer, en terminant cette note, que les données fournies par l'analyse sont insuffisantes pour établir seules la valeur du métal ; il est de toute utilité d'y joindre les propriétés mécaniques : allongement, limite d'élasticité et charge de rupture.

SUR LA PRÉSENCE DU SODIUM DANS L'ALUMINIUM PRÉPARÉ PAR ÉLECTROLYSE. *Note de* **M. Henri Moissan** (1).

Les différents expérimentateurs qui se sont occupés des propriétés de l'aluminium ont trouvé souvent des résultats contradictoires. Il en a été de même lorsque, grâce à sa légèreté, quelques pays ont essayé de l'employer pour la fabrication des objets de petit équipement tels que gamelles, bidons et marmites, destinés à alléger le poids

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 2 décembre 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du sac du fantassin. Tantôt le métal s'est bien conduit, et a présenté des qualités qui en ont fait préconiser l'emploi; tantôt, au contraire, il n'a produit que des déceptions.

Ces difficultés tiennent surtout à la différence de composition de l'aluminium industriel. Nous avons déjà démontré que ce métal pouvait renfermer de l'azote et du carbone (1), et nous avons fait voir que, dans ces conditions, ses propriétés se modifient notablement. La charge de rupture et l'allongement diminuent avec rapidité. Ayant eu l'occasion de faire des analyses d'aluminium provenant des trois grandes fabriques établies actuellement à la Praz (France), Neuhausen (Suisse), Pittsburg (États-Unis), nous avons rencontré une nouvelle impureté, qui nous paraît avoir une importance très grande au point de vue de la conservation du métal. Nous voulons parler de la présence du sodium dans l'aluminium industriel.

On peut démontrer l'existence du sodium dans quelques aluminiums de la façon suivante. On prend 250 grammes de limaille préparée avec soin, que l'on place, dans une bouteille d'aluminium, en présence de 300 cc. d'eau distillée obtenue dans un alambic métallique. On abandonne le mélange à lui-même pendant deux semaines, en ayant soin, tous les jours, de le porter à l'ébullition. On jette ensuite sur un filtre (2), on lave à l'eau bouillante et le liquide recueilli, qui présente une légère alcalinité, est évaporé à siccité dans une capsule de platine. On chauffe au rouge sombre, la masse brunit; on ajoute de l'acide chlorhydrique pur étendu d'eau, et il se produit un dégagement bien net d'acide carbonique. On évapore à sec à nouveau, on chauffe vers 300° pour chasser l'excès d'acide chlorhydrique, et l'on obtient un résidu qui présente tous les caractères du chlorure de sodium. On reprend par l'eau et l'on dose le chlore sous forme de chlorure d'argent. Du poids de ce dernier composé, on déduit la quantité de sodium enlevé par l'eau à la limaille d'aluminium.

En faisant l'analyse complète du métal, nous avons trouvé du sodium dans un certain nombre d'échantillons d'aluminium. La teneur variait entre 0,1 et 0,3 p. 100. Un aluminium préparé anciennement par la maison Bernard en renfermait 0,42 p. 100 (3).

Lorsqu'un aluminium contient une petite quantité de sodium, il s'attaque par l'eau froide d'abord lentement, puis l'attaque se continue en augmentant d'intensité. En effet, si un petit volume d'eau non renouvelée se trouve en présence d'une lame d'un semblable aluminium, on voit tout d'abord une petite couche d'alumine se former sur le métal. Plusieurs jours après, le liquide fournit une réaction alcaline au papier de tournesol sensible. A partir de ce moment, la décomposition devient plus rapide. Sur tous les points où l'aluminium contient du sodium, il s'est produit un peu d'alcali qui réagit sur le métal pour donner un aluminate. Cet aluminate de sodium est ensuite dissocié par l'eau avec dépôt d'alumine et formation de soude; et, lorsque le liquide est légèrement alcalin, on comprend que la décomposition devienne beaucoup plus active.

Les alliages que l'on pourra préparer avec un aluminium auront donc des propriétés toutes différentes suivant qu'ils contiendront ou ne contiendront pas une petite quantité de sodium (4).

C'est ainsi que, dans une étude sur les alliages d'aluminium et d'étain, M. Riche a indiqué que ces alliages décomposaient l'eau à la température ordinaire (5). J'ai pu faire préparer un

(1) H. Moissan, *Impuretés de l'aluminium industriel* (*Comptes rendus*, t. CXIX, p. 12; 2 juillet 1894).

(2) Dans cette expérience on obtient souvent une petite quantité d'alumine soluble, analogue sans doute à l'alumine colloïdale qui passe au travers du filtre et qui se précipite ensuite.

(3) La présence du sodium dans l'aluminium industriel indique que l'électrolyse du mélange de cryolite et d'alumine donne naissance à un certain nombre de réactions secondaires, dans lesquelles le sodium peut jouer un rôle variable suivant la composition du bain et l'intensité du courant.

(4) Il est donc indispensable, dans tous les essais à entreprendre sur ce sujet, d'établir d'abord la composition exacte de l'aluminium destiné aux expériences.

(5) Riche, *Recherches sur les alliages de l'aluminium* (*Journal de Pharmacie et de Chimie*, 6e série, t. I, p. 3).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

semblable alliage à 6 p. 100 d'étain avec de l'aluminium bien exempt de sodium, et, dans ces conditions, après un séjour de deux mois dans l'eau ordinaire, le métal s'est piqué en plusieurs endroits, a fourni de petites efflorescences d'alumine, mais il n'a produit aucun dégagement gazeux. Voici comment cette expérience a été faite : de l'aluminium exempt de sodium a été allié à 6 p. 100 d'étain, en évitant l'action de l'azote et des gaz du foyer, car M. Franck a démontré que l'aluminium décompose au rouge l'acide carbonique et même l'oxyde de carbone. On a obtenu ainsi un alliage qui, laminé sous une forte pression, a donné :

Recuit :	résistance.....	17,6	Écroui :	résistance.....	23,43
—	élasticité.....	8,20	—	élasticité.....	22,90
—	allongement...	20	—	allongement.....	6

Une feuille de ce métal a été divisée en deux parties : la première a été placée dans de l'eau de Seine qui, tous les jours, était aérée par agitation ; la deuxième a été disposée dans un verre de Bohême en présence d'eau de Seine sur laquelle se trouvait une couche d'huile de plusieurs centimètres. La température moyenne du laboratoire était voisine de 20°. L'expérience, commencée le 30 septembre, a duré deux mois. Pendant ce temps, l'aluminium s'est recouvert d'efflorescences blanches ; il s'est piqué sur presque toute sa surface, mais, dans les deux cas, il n'a dégagé aucune bulle d'hydrogène. Celui qui a séjourné dans l'eau agitée journellement s'est attaqué avec plus de rapidité.

Cette expérience n'a été faite qu'avec un alliage à faible teneur d'étain. M. Riche a démontré que, pour les teneurs élevées, la décomposition de l'eau devenait très active et il a établi ainsi la raison qui doit faire rejeter tout essai de soudure de l'aluminium avec un alliage à base d'étain.

L'aluminium, du reste, est un métal qui, recuit avec soin, se travaille très bien par l'estampage et par le laminage. Il ne faut donc lui demander que ce qu'il peut donner.

M. Riche, à qui j'ai communiqué ces expériences avant de les publier, m'a dit avoir reconnu aussi la présence de sodium dans quelques échantillons d'aluminium.

M. Moissonnier, pharmacien principal à l'Hôpital militaire Saint-Martin, qui a entrepris de longues recherches sur ce sujet, a rencontré de même un échantillon d'aluminium à 4 p. 100 de sodium.

Il est un autre point important sur lequel nous croyons devoir insister à propos des alliages d'aluminium et, en particulier, de ceux de cuivre. *Tout alliage non homogène est d'une conservation très difficile.*

Dans son Mémoire sur l'équivalent de l'aluminium, Dumas a insisté déjà sur la non-homogénéité de l'aluminium préparé par le procédé de Deville (1).

Nous avons eu souvent l'occasion de constater, sur des objets en aluminium estampés, la mauvaise influence de ce manque d'homogénéité. Si l'on abandonne de l'eau distillée dans un semblable vase, on voit, après une quinzaine de jours, se produire de petites piqûres blanches d'alumine hydratée. La tache s'entoure d'une auréole brillante, elle continue de grandir et, si l'on découpe cette partie attaquée, puis qu'on enlève l'alumine hydratée, on voit au microscope qu'il y a, le plus souvent, une petite particule de carbone ou d'autre substance qui a formé un élément de pile et qui a désagrégé le métal sur une surface plus ou moins grande. Si, au lieu de laisser séjourner de l'eau sur cet aluminium non homogène, on y laisse séjourner une solu-

(1) Dumas. « Mais je reconnus ensuite que, dans l'aluminium impur, la distribution du fer et du silicium n'est pas uniforme. » [*Mémoire sur les équivalents des corps simples* (*Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. LV, p. 153).]

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tion saturée de chlorure de sodium, le phénomène s'exagère, et chaque particule de carbone produit une attaque de la feuille d'aluminium suffisante pour la percer.

Cette formation de petits éléments de pile sur la surface de l'aluminium est la grande cause d'altération de ce métal.

Au contraire, avec un métal bien homogène, ne contenant ni azote, ni carbone, ni sodium, aucun point d'attaque ne se produit et l'eau qui a séjourné sur le métal a conservé toute sa limpidité et ne renferme pas d'alumine.

Le même phénomène se présente avec de l'alcool étendu d'eau, avec du rhum par exemple, et, dans le cas de l'aluminium de mauvaise qualité, il explique l'attaque de certains bidons, attaque qui peut se produire parfois avec une assez grande énergie (1).

Je ferai remarquer aussi, en terminant, que l'*aluminium*, qui a une grande tendance à former un couple électrique avec tout autre métal, *ne devra jamais être employé que seul*.

Une partie de fer ou de laiton au contact de l'aluminium produira toujours, en peu de temps, l'oxydation du métal et sa transformation en alumine. Tous les industriels qui ont eu à mettre en œuvre de grandes surfaces d'aluminium ont reconnu par expérience, et à leurs dépens, la généralité de cette décomposition.

Nous n'avons pas à insister, dans ce travail, fait au point de vue chimique, sur l'importance du recuit dans le laminage et l'estampage de l'aluminium. On sait que, sans cette précaution, le métal se crique avec facilité et devient impropre à toute application.

FOUR DE GRILLAGE AUTOMATIQUE **Brown**, CONSTRUIT PAR *Fraser et Chalmers*, DE CHICAGO

Actuellement, pour le grillage des minerais sulfurés pauvres ou très réfractaires, manipulés en grandes masses, les fours à réverbère ordinaires sont devenus insuffisants, ainsi que même les fours rotatifs, qui, d'autre part, se détruisent rapidement, et on leur préfère, aux États-Unis du moins, les fours à réverbère avec ringards mécaniques, dont il est facile, comme dans ceux de M. H.-F. Brown, de mettre les mécanismes à peu près à l'abri des vapeurs sulfureuses et de la chaleur.

Les figures ci-contre représentent l'installation d'un de ces fours à l'usine de la Bimetallic Company, de Philipsburg. Le four constitue une sorte de long tunnel garni de briques réfractaires, chauffé au réverbère par trois foyers, et sur la sole duquel le minerai est agité et poussé par des ringards, que portent une série de wagonnets traînés par un câble sur une voie passant dans le four, mais protégée de sa chaleur immédiate par les quatre parois réfractaires indiquées en coupe sur la figure 3. Après son grillage, le minerai est amené, par ce même câble, à une sole refroidissante mobile, formée de plaques de tôle, qui le conduit aux bacs de précipitation (*Leaching Tanks*) placés à la suite sous la voie, et précédés d'un distributeur tournant indiqué en figure 5.

(1) MM. le Dr Plage et Lebbin, dans les essais qui ont été entrepris au laboratoire Frédéric-Guillaume, de l'Institut de Berlin, attribuaient à l'action du tannin cette attaque de certaines surfaces d'aluminium (*Sur les bidons et marmites en aluminium*, Berlin, 1893).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'expérience a démontré que l'on pouvait traiter, par jour et par mètre carré de sole, environ 300 kilos de sulfure de fer et de plomb ou de fer et de cuivre, à réduire par grillage à 4 p. 100 de soufre. Pour la chloruration, avec des minerais broyés très fins, ramenés à 0,5 ou 1 p. 100 de soufre, on compte sur 450 kilos environ par mètre carré de sole. Le four représenté par les figures ci-dessus doit pouvoir traiter 150 tonnes par jour d'un minerai d'argent renfermant un peu de sulfure de fer, grillé avec du sel marin pour chlorurer l'argent; sa sole, de $2^{m},45$ de large sur 55 mètres de longueur, est suivie d'une sole refroidissante de 21 mètres de longueur, ce qui lui per-

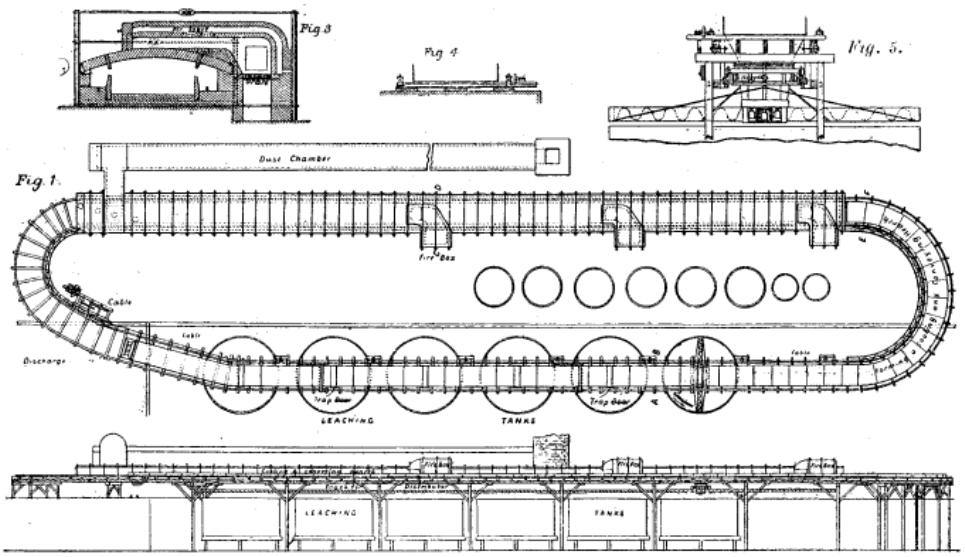


Fig. 1 à 5. — Four de grillage automatique Brown.

Plan, élévation, coupes CD, EF, et AB.

mettrait de griller par jour 75 tonnes de minerais pauvres. Le poids de la machinerie, y compris la sole de refroidissement et la machine motrice, est de 22 tonnes; prix, environ 50000 francs.

On peut évaluer approximativement, comme il suit, à 105 francs par jour, le prix du grillage pour des minerais pauvres peu sulfurés, avec un débit de 50 tonnes par jour :

4 tonnes de charbon à 12 fr. 50.	50 francs.
5 chevaux-vapeur par jour	5 —
Un chauffeur par équipe, à 12 fr. 50.	25 —
Un manœuvre pour la manutention des charbons, etc. . . .	10 fr.
Huile.	2 fr. 50
Réparations et entretien	12 fr. 50
	105 francs

Ce qui, en y ajoutant l'intérêt et l'amortissement, élève à 2 fr. 50 environ par tonne le prix du grillage et du refroidissement pour chloruration ou cyanuration.

Avec les minerais dont le prix d'achat ne dépasse pas 125 francs la tonne, il faut environ

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2 kilogrammes de sel par tonne pour la chloruration, et compter, pour la précipitation, environ 3 fr. 10 par tonne, ce qui donne, pour la dépense totale du traitement de la tonne de minerais, environ 12 fr. 50, comme il suit :

Sel pour chloruration	2 francs (à 50 francs la tonne).
Grillage.	2 fr. 50
Précipitation	3 francs
Broyage	5 —
	12 fr. 50

L'un des avantages du système est sa faculté de s'adapter aux minerais les plus variés et aux situations les plus diverses : on peut, en effet, incliner la sole refroidissante de 15 à 20° sans aucun inconvénient, ce qui permet de l'amener facilement au-dessus des bacs de précipitation existants. Le travail mécanique est, par la continuité du procédé, réduit au minimum, ainsi que la perte par les poussières (1).

G. R.

CHIMIE

DÉTERMINATION EXPÉRIMENTALE DU POUVOIR AGGLUTINANT DES HOUILLES. *Note de* **M. Louis Campredon** (2).

Dans les classifications actuelles des houilles, on ne trouve aucune indication de leur pouvoir agglutinant, c'est-à-dire de la faculté qu'elles possèdent de s'agglomérer, plus ou moins, par le chauffage, soit en vase clos pour la fabrication du coke ou du gaz, soit dans un foyer avec accès de l'air. Suivant la manière dont elle se comporte au feu, on se contente de dire qu'une houille est plus ou moins *collante*.

L'analyse chimique des houilles, telle qu'on la pratique ordinairement dans les laboratoires industriels, ne donne, sur leur pouvoir agglutinant, aucun renseignement précis. Cependant, la détermination de la teneur de carbone fixe, par un essai de carbonisation en petit, permet de constater, en même temps que la proportion de matières volatiles, la nature du culot de coke obtenu.

1° Un coke pulvérulent est l'indice d'une houille peu agglutinante ou d'une houille altérée. En effet, M. Mahler a reconnu que certaines variétés de houille s'oxydent rapidement à l'air froid, et plus rapidement encore par le chauffage. A mesure que l'oxydation progresse, la houille perd ses facultés agglutinantes; ses propriétés et sa composition élémentaire la rapprochent alors de plus en plus des lignites.

2° Un coke boursouflé et brillant, ou compact et dur, montre, au contraire, que la houille possède les propriétés agglutinantes qui la font rechercher pour la fabrication du coke.

L'analyse élémentaire des houilles, qui constitue une opération longue et délicate, difficilement réalisable dans les laboratoires de l'industrie, ne permet pas non plus, *a priori*, l'appréciation exacte de leur faculté agglomérante.

(1) *Engineering*, 29 novembre 1895.

(2) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 2 décembre 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

J'ai été conduit à effectuer une série d'essais pour déterminer le pouvoir agglutinant des houilles par un procédé analogue à celui que l'on emploie pour évaluer le *pouvoir liant* des ciments.

Principe du procédé. — Mélanger la houille avec un corps inerte, et soumettre le mélange à la carbonisation en vase clos. La houille retiendra, *sous forme de culot solide*, d'autant plus de matière inerte qu'elle sera plus collante.

Pratique de l'essai. — On opère sur la houille finement pulvérisée, passée au tamis de 400 mailles par centimètre carré.

Le corps inerte adopté est le sable silicieux : sable de mer, de rivière ou de carrière, à grains fins et de dimensions à peu près uniformes. On prend du sable sec passant à travers le tamis à 100 mailles par centimètre carré et restant sur le tamis à 400 mailles par centimètre carré.

On mélange à un poids constant de houille (1^{gr} par exemple) des poids variables de sable, et l'on chauffe, au rouge vif, dans de petits creusets de porcelaine, de façon à carboniser la houille.

Après refroidissement, on observe l'aspect du produit chauffé, et l'on trouve une poudre sans consistance ou un culot plus ou moins dur. Il est facile de déterminer ainsi, au moyen de quelques essais, le poids *maximum* de sable qu'une houille peut agglomérer par carbonisation, de façon à donner encore un culot solide.

Le poids de la houille étant pris pour unité, son pouvoir agglutinant sera représenté par le poids de sable aggloméré.

Le pouvoir agglutinant est nul pour toutes les houilles qui, soumises à la carbonisation, donnent un coke pulvérulent; il atteint 17 pour la houille la plus collante, essayée jusqu'à présent, et 20 pour le brai.

Résultats obtenus. — Le procédé ci-dessus décrit est employé depuis plus de trois ans au laboratoire de l'usine de Trignac.

Voici, à titre de renseignements, quelques résultats obtenus, en opérant sur la houille desséchée à 100° C. :

		Analyse immédiate.			
N^{os}	Désignation.	Matières volatiles.	Cendres.	Carbone fixe.	Pouvoir agglutinant.
1.	Houille tout-venant, mine Aberdare Werthyr (Pays de Galles).	10,90	6,20	82,90	0
2.	Houille tout-venant (bassin de Newcastle).	34,25	10,80	54,95	2
3.	Houille tout venant d'Ecosse	34,72	8,35	56,93	4
4.	Houille menue à coke (bassin de Cardiff).	19,80	7,70	72,50	6
5.	Houille tout-venant de Lens (Pas-de-Calais).	27,20	8,70	64,10	13
5 *bis*.	N° 5 oxydé par chauffage à 100° C. pendant un an.. . . .	28,12	8,55	63,33	0
6.	Houille menue à coke (bassin de Newcastle).	27,83	8,75	63,42	14
7.	Houille menue à coke (bassin de Newcastle).	29,50	8,50	62,00	17
8.	Brai sec de Bockton (près Londres).	44,82	0,60	54,58	20

Conclusions. — Ainsi que le montre le tableau ci-dessus, *il n'existe aucune corrélation entre la composition d'une houille, établie par l'analyse immédiate, et son pouvoir agglutinant.* Nous estimons que l'essai pratique décrit dans la présente Communication peut fournir aux consommateurs de houille une indication précieuse sur son agglutination par la chaleur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

APPRÉCIATION DE LA VALEUR BOULANGÈRE DES FARINES ; DOSAGE DES DÉBRIS D'ENVELOPPE ET DE GERME SUSCEPTIBLES DE DIMINUER LA QUALITÉ DU PAIN, par M. **Aimé Girard**, Membre du Conseil (1).

Les procédés classiques à l'aide desquels on apprécie habituellement la valeur boulangère des farines, c'est-à-dire leur aptitude à fournir du pain de bonne qualité, sont aujourd'hui devenus insuffisants.

Depuis une vingtaine d'années, en effet, les exigences de la consommation ont grandi; avec juste raison, celle-ci a délaissé les pains colorés, mous et compacts d'autrefois; c'est un pain blanc, poreux et léger qu'elle demande à la boulangerie. A la vérité, on a vu récemment la population, par une fantaisie bizarre, accueillir avec faveur une tentative de retour aux anciens errements; mais cette fantaisie aura été heureusement passagère, et chaque jour augmente le nombre de ceux qui, séduits tout d'abord, ont bientôt reconnu dans cette tentative un leurre absolument contraire aux données de la science et de la pratique.

Pour fabriquer les belles farines qu'exige la production de ce pain blanc, poreux et léger qui, aujourd'hui, est le pain de tout le monde, la meunerie a dû, à grands frais, transformer son outillage et perfectionner ses procédés.

Elle a pu, dans ces conditions, éliminer de ses produits la plus grande partie des débris de l'enveloppe du grain et du germe, dont le mélange à l'amidon et au gluten a pour effet d'abaisser, au cours de la fermentation et de la cuisson, la qualité du pain.

Cette élimination, cependant, ne saurait jamais être complète ; intentionnellement, d'ailleurs, et quitte à abaisser le degré de pureté de la farine, le meunier peut être tenté de la restreindre; aussi, pour apprécier la valeur boulangère d'une farine, ne suffit-il plus, aujourd'hui, d'estimer sa richesse en gluten élastique, d'en évaluer la teneur en acides, en matières grasses, en matières minérales, et convient-il, en outre, de faire entrer en ligne de compte la proportion des débris de l'enveloppe et du germe que la mouture y a laissés.

Ces débris, les praticiens habiles savent, dans une certaine mesure et à la simple vue, en reconnaître la présence; un ingénieur autrichien, M. Peckar, a même donné à cette appréciation par la vue une certaine précision; mais, en présence des progrès accomplis par la meunerie et la boulangerie modernes, ce devient chose nécessaire que de rendre cette précision absolue.

Dans mes *Recherches sur la composition du grain de froment* (1), j'ai démontré, en effet, que l'enveloppe de ce grain et, par suite, les débris qu'elle fournit lors de son passage entre les cylindres ou sous les meules, ne sont pas digestibles par l'homme; Mège-Mouriès, avant moi, avait démontré (et j'ai, par des expériences nouvelles, confirmé cette démonstration) qu'à la présence de ces débris doit être attribuée la production des pains mal développés, à mie courte et grasse, à coloration grise ou même brune, à acidification rapide, dont le pain bis est le type; de telle sorte qu'ils doivent être repoussés non seulement parce qu'ils sont inutiles à l'alimentation, mais encore parce qu'ils sont nuisibles à la qualité du pain.

Ces considérations m'ont amené à rechercher un procédé précis et scientifique qui permît d'en évaluer, même dans les farines supérieures, la proportion exacte.

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 9 décembre 1895.

(2) *Annales de Chimie et de Physique*, 6e série, t. III, 1884.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour faire cette évaluation, il faut tout d'abord séparer la totalité de ces débris du gluten et de l'amidon dans la masse desquels ils sont noyés; les procédés de l'analyse ordinaire y suffisent.

L'opération est conduite de la manière suivante : 10 gr. de farine sont pesés, mis en pâton à l'aide de l'eau tiède; le pâton, abandonné une demi-heure au repos, est enfin malaxé sous un filet d'eau, de la façon dont on opère, d'habitude, quand on veut extraire le gluten d'une farine.

Tous les débris, dans ces conditions, sont entraînés avec l'amidon et détachés du gluten; tous, d'ailleurs, ont des dimensions de beaucoup supérieures aux dimensions des grains d'amidon, de telle sorte que, pour les séparer du dépôt amylacé, il suffit de passer celui-ci sur un tamis de soie très fin, du n° 220 par exemple; sur cette soie, tous les débris se trouvent rassemblés.

Rien ne semble plus simple, ce résultat obtenu, que de les jeter sur un filtre, de les sécher et d'en déterminer le poids; ce serait là, cependant, un mode d'appréciation injuste.

Tous, en effet, ne sont pas nuisibles à la qualité du pain; beaucoup, au cours de la fermentation et de la cuisson, restent inactifs; tels sont les débris du péricarpe, ceux du testa et les barbes qui hérissent le sommet du grain; ceux-là seulement ont une action fâcheuse, qui renferment d'un côté la céréaline qui fait le pain bis, gras et lourd, d'un autre l'huile, dont le rancissement rapide donne à la farine une saveur savonneuse. Parmi ceux-ci, il ne faut compter que les sons entiers, les débris de la membrane interne du tégument séminal et, enfin, les fragments du germe.

Séparer ceux-ci de ceux-là est chose impossible et, pour les distinguer les uns des autres, il n'est qu'un procédé pratique, c'est le dénombrement; c'est à ce procédé que je me suis arrêté, et c'est au microscope naturellement que j'en ai fait l'application.

M. Nachet a bien voulu, à ma demande, construire des cellules à fond quadrillé, analogues à celles que, déjà, il avait construites en collaboration avec M. le Dr Hayem pour l'hématimétrie.

Ces cellules mesurent 1/10 de millimètre de profondeur; le fond en est divisé en carrés de 1 millimètre de côté, de telle sorte que, la cellule étant couverte d'un verre mince, chaque carré représente la projection horizontale de 1/10 de millimètre cube.

D'autre part, j'ai composé, par parties égales, un mélange de glycérine et de sirop cristal (glucose et dextrine) dont la densité et la viscosité sont telles que les débris y restent indéfiniment suspendus.

Séparés du gluten et de l'amidon, comme je l'ai tout à l'heure indiqué, ces débris sont recueillis sur un petit filtre en soie du n° 220; le filtre, soigneusement essoré entre des feuilles de buvard et les débris enfin logés dans un petit verre gradué où on les recouvre, suivant leur abondance, d'un ou plusieurs centimètres cubes du liquide visqueux ci-dessus indiqué. A l'aide d'une baguette de verre, on opère doucement le mélange des débris avec le liquide; puis, lorsque la répartition de ceux-ci est parfaite, une goutte de magma est déposée sur le fond quadrillé de la cellule, étalée doucement à l'aide du couvre-objet, et le tout enfin porté au microscope pour y être examiné sous un grossissement de 60 à 80 diamètres.

Portant d'abord son attention sur un premier carré, l'observateur appelle successivement les divers débris qu'il y rencontre en qualifiant individuellement chacun d'eux, tandis qu'un aide les inscrit avec exactitude; à ce premier carré, il en fait suc-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

céder un second, et ainsi de suite, jusqu'à ce que dix observations aient été recueillies. La somme des débris de chaque sorte ainsi reconnus représente le nombre qu'en contient 1 millimètre cube du mélange et, par suite, 1 milligramme de farine.

L'exactitude de ce procédé est remarquable; c'est chose rare que, d'un carré à l'autre, la différence, dans le nombre des débris, dépasse quelques unités.

C'est, d'ailleurs, chose inattendue que l'importance du chiffre auquel ce nombre s'élève, même dans les plus belles farines; dans les farines inférieures, il devient absolument surprenant.

Pour donner une idée de cette importance, je citerai, comme exemples, quelques résultats pris parmi ceux que m'a fournis, en grand nombre, l'examen de farines à des taux d'extraction très différents. Ces résultats, divisés en deux séries, se rapportent les uns à des farines étudiées à l'époque déjà éloignée (1885) où j'ai imaginé le procédé que je viens de décrire, les autres à des farines étudiées ces jours derniers.

Dans les tableaux qui expriment ces résultats, les chiffres inscrits indiquent séparément, et totalisent ensuite, le nombre des débris inactifs, et le nombre de ceux qui, actifs, exercent une action fâcheuse sur la qualité du pain.

QUALIFICATIONS ET DÉNOMBREMENT DES DÉBRIS CONTENUS DANS 1 GRAMME DE FARINE.

Observations en 1885.

	Blé tendre.					Blé dur.
Taux d'extraction. . . .	50 °/₀.	60 °/₀.	70 °/₀.	75 °/₀ (1).	80 °/₀ (2).	88 °/₀ (2)
Débris inactifs.						
Péricarpes.	3000	3700	4700	4900	3900	8400
Testa	1000	2700	2700	3200	600	5600
Barbes.	400	400	1000	1800	3600	»
Total.	4400	6800	8400	9900	8100	14000
Débris actifs.						
Sons entiers	néant	1800	1400	1300	6000	12800
Membranes.	1400	2600	3100	3800	8100	22400
Germes.	1100	1700	3300	4600	6900	12400
Total.	2500	6100	7880	9700	21000	47600
Total général dans 1 gr. de farine.	6900	12900	16200	19600	29000	61600

(1) Farine des hospices de Paris, en 1885.
(2) Farine de la manutention militaire du quai de Billy, à Paris, en 1885.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Observations en 1895 (*Blé tendre*).

	Mouture aux cylindres.				Mouture par meules.	
Taux d'extraction	45 °/₀.	60 °/₀.	70 °/₀.	80 °/₀.	65 à 70 °/₀.	65 à 70 °/₀.
Farines.	(Fleur supérieure.)	(Farine première.)	(Farine seconde.)	(Farine troisième.)	Ardèche.	Nièvre.
Débris inactifs.						
Péricarpes	1800	3700	6900	10000	4900	4700
Testa	300	1700	2400	3500	900	1400
Barbes	400	900	4500	5600	4100	6600
Total	2500	6300	13000	19100	10200	12700
Débris actifs.						
Sons entiers	néant	néant	6100	6500	700	2600
Membranes	700	3600	8200	10900	4900	4600
Germes	200	800	4200	7600	2900	2400
Total	900	4400	18500	25000	8500	9600
Total général dans 1 gr. de farine	3400	10700	32300	44100	18700	22300

COMPOSITION DES FARINES ET ISSUES FOURNIES PAR LA MOUTURE AUX CYLINDRES DES BLÉS TENDRES ET DES BLÉS DURS PAR **M. Aimé Girard**, *membre du Conseil* (1).

Au cours des années 1894 et 1895, j'ai eu l'occasion d'étudier le travail de la mouture des blés dans des conditions de précision qui, jusqu'ici, ne s'étaient pas rencontrées.

Pour établir les types de farines destinés à l'apurement des comptes d'admission temporaire de blé, une Commission avait été, le 9 février 1894, instituée sous la présidence de M. le Ministre du commerce. Dès le début de ses travaux, celle-ci confiait à une Sous-Commission prise dans son sein l'étude technique de la question. Jusqu'alors, les types avaient été formés à l'aide d'échantillons choisis dans le commerce ; mais, dans la circonstance actuelle, il a paru nécessaire de les former à l'aide des produits successifs fournis par des moutures industrielles exécutées aux cylindres sous la surveillance de la Commission. Appelé par mes collègues à la présidence de cette Commission, j'ai dû, avec leur concours, organiser et diriger ces moutures.

Trois industriels distingués, M. Loir et M. Vaury, à Paris, M. J. Maurel, à Marseille, interrompant pendant plusieurs jours leur travail régulier, ont, à titre gracieux, mis leurs moulins à la disposition de la Commission; les deux premiers devaient moudre : l'un 150 quintaux, l'autre 200 quintaux de blé tendre ; le troisième 100 quintaux de blé dur.

Les blés choisis pour ces moutures ont été achetés à Marseille par la Direction générale des douanes; le blé tendre comprenait un mélange de 75 p. 100 de blé d'Irka, 15 p. 100 de blé du Danube, et 10 p. 100 de blé de Bourgaz; tous trois pesaient 75 kilogrammes à l'hectolitre; le blé dur était un blé de Russie, du poids de 77 kilogrammes à l'hectolitre.

Les deux moutures sur blé tendre ont eu lieu à Paris, au mois de juillet 1894 ; la

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 16 décembre 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mouture sur blé dur a eu lieu à Marseille, au mois de décembre de la même année.

A l'origine de chaque mouture, le moulin était vidé à fond ; à la sortie de chaque appareil ou de chaque batterie d'appareils, les produits étaient recueillis en totalité et pesés ; la mouture achevée, enfin, le moulin était vidé à nouveau.

Dans ces conditions, la Commission a pu, tant à Marseille qu'à Paris, établir avec précision le pourcentage des farines et des issues de qualité différente fournies par chacune des opérations successives que la mouture aux cylindres comprend. La détermination de ce pourcentage constituait déjà un résultat important, mais il m'a semblé que, en face de produits si nettement définis sous le rapport de la quantité, il y avait mieux encore à faire, et qu'il serait intéressant d'en établir la composition chimique et la valeur boulangère.

Semblable étude n'avait pu jusqu'ici être faite ; à la vérité, M. Balland, dans un important Mémoire, publié en 1884 (1), avait déjà appelé l'attention sur la composition de la farine et des issues débitées par les divers engins de meunerie ; mais c'est en cours de moutures continues, sans détermination de la proportion relative de chaque produit, que les échantillons avaient été prélevés.

Dans les circonstances où je me trouvais placé, la pesée de chacun des produits successifs fournis par une mouture indépendante devait permettre d'établir l'équation du travail ; ainsi qu'on devait s'y attendre, d'ailleurs, les résultats que j'ai obtenus confirment ceux que M. Balland avait fait connaître.

L'étude de ces produits successifs a compris d'abord, et comme de coutume, la détermination du degré d'humidité, de la richesse en gluten sec, de l'acidité, de la teneur en matières grasses et en matières minérales ; puis, dans chacun d'eux, j'ai dénombré, par le procédé que j'ai récemment décrit, les débris d'enveloppe et de germe que le blutage y avait laissés.

Enfin, pour donner aux conclusions de ces recherches la sanction de la pratique, j'ai prié l'un de mes collègues, M. Lucas, directeur de la Commission des farines Douze marques de Paris, de faire pétrir et cuire tous ces produits, à l'exception des issues, bien entendu.

Les résultats fournis par ces divers modes d'appréciation sont réunis ici, dans trois tableaux, où figurent en outre, à la colonne de gauche, les nombres indiquant la proportion centésimale de chaque produit de la mouture.

Ces tableaux apportent au meunier des enseignements singulièrement intéressants pour la conduite de ces moutures.

En premier lieu, ils établissent avec netteté que, dans la série des produits successifs que son outillage lui fournit, existe un *point critique*, auquel correspond un changement brusque de composition et de valeur boulangère de ces produits.

Si, par exemple, on étudie la mouture sur blé tendre faite chez M. Vaury, on voit dès la fin du convertissage, alors que les cylindres serrent de plus près les gruaux vêtus, ce changement se déclarer, pour, aussitôt après, avec la farine du cinquième broyage, prendre une importance telle que l'acidité passe de 0 009 à 0 032 p. 100, que la proportion de matières grasses s'élève de 1,09 à 1,85 p. 100, la proportion de matières minérales de 0,49 à 1,03 p. 100. Ce changement n'a pas lieu de surprendre, d'ailleurs, si l'on considère que, dans 1 gramme de farine, on trouve, pour le produit du neuvième convertisseur, 13 700 débris actifs seulement, alors que, pour le produit du cinquième broyage, le nombre s'en élève à 35 000.

(1) *Journal de Pharmacie et de Chimie*, 5 série, t. IX

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MOUTURE SUR BLÉ TENDRE

Résultats obtenus au moulin de M. Vaury (200 *quintaux*).

Pourcentage.	Désignation des produits.	Humidité.	Gluten sec.	Acidité en acide sulfurique.	Matières grasses.	Matières minérales.	Débris dans 1 gr. de farine. inactifs.	Débris dans 1 gr. de farine. actifs.
52,30	Farine de 1er jet (1)	13,40	11,37	0,009	0,96	0,44	9 400	1 800
2,75	» du 5e convertisseur	13,02	11,41	0,014	1,08	0,43	2 700	7 100
4,95	» des 6e, 7e et 8e convert	13,07	11,92	0,014	1,07	0,44	3 400	7 500
0,85	» du 9e convertisseur	12,84	12,49	0,009	1,09	0,49	6 200	12 700
60,85								
3,02	» du 5e broyeur	12,88	16,60	0,032	1,85	1,03	33 800	35 200
1,53	» de brosse	12,74	12,61	0,054	2,58	1,64	39 000	58 000
3,65	» 2e et 3e (bise)	12,75	11,50	0,042	2,22	1,27	»	»
1,38	» de fin de mouture	12,60	non extractibles.	0,049	2,55	1,43	»	»
1,82	Remoulages blancs	12,67	non extractibles.	0,022	1,61	1,23	»	»
	» bis	12,46	non extractibles.	0,037	2,50	1,79	»	»
22,45	Recoupettes et sons	12,22	»	0,039	3,49	5,47	»	»
4,92	Déchets du nettoyage	»	»	»	»	»	»	»
0,37	Perte à la mouture	»	»	»	»	»	»	»
100,00								

Qualité des pains obtenus de ces différents produits.

52,30	Farine de 1er jet (1)	Bien développé, nuance un peu rabattue, croûte jaune clair.
2,75	» du 5e convertisseur	Bien développé, belle nuance, croûte jaune d'or.
4,95	» des 6e, 7e et 8e convert.	Très bien développé, nuance la plus fine, croute jaune d'or.
0,85	» du 9e convertisseur	Bien développé, la nuance fléchit un peu.
60,85		
3,02	» du 5e broyeur	Peu développé, nuance grise, mie courte et grasse.
1,53	» de brosse	Mal développé, nuance brune, mie grasse.
3,65	» 2e et 3e (bise)	Très mal développé, nuance brune, mie grasse.
1,38	» de fin de mouture	Mal développé, nuance brune, mie grasse.

MOUTURE SUR BLÉ TENDRE

Résultats obtenus au moulin de M. Loir (150 *quintaux*).

Pourcentage.	Désignation des produits.	Humidité.	Gluten sec.	Acidité en acide sulfurique.	Matières grasses.	Matières minérales.	Débris dans 1 gr. de farine. inactifs.	Débris dans 1 gr. de farine. actif.
32,20	Farine de 1er jet	13,02	11,81	0,015	1,19	0,54	4 200	8 500
13,00	» du 1er convertisseur	13,38	11,77	0,007	0,98	0,41	2 700	11 500
5,50	» du 2e »	13,07	10,18	0,010	0,99	0,44	2 900	10 100
7,30	» du 3e »	12,93	11,82	0,007	1,00	0,39	4 200	22 000
3,70	» du 4e »	13,13	12,44	0,010	1,07	8,45	3 800	30 000
61,70								
4,00	» du 5e »	12,71	11,80	0,012	1,22	0,64	7 400	31 200
65,70								
5,20	» de brosse	12,46	12,60	0,039	2,53	1,11	28 000	32 800
	» bise	12,75	11,50	0,069	4,17	2,25	37 000	118 000
	» de fin de mouture	11,89	non extractibles.	0,042	2,22	1,27	»	»
1,72	Remoulages blancs	12,36	non extractibles.	0,054	3,13	2,09	»	»
3,78	» bis	11,97	non extractibles.	0,078	4,25	3,71	»	»
19,90	Recoupettes	12,01	»	0,079	4,54	4,82	»	»
	Sons	12,42	»	0,037	3,50	5,44	»	»
3,10	Déchets du nettoyage	»	»	»	»	»	»	»
0,51	Perte à la mouture	»	»	»	»	»	»	»
100,00								

(1) Dans ce moulin, la farine de 1er jet comprend les produits des quatre premiers broyeurs et ceux des quatre premiers convertisseurs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Qualités obtenues de ces différents produits.

32,20	Farine de 1er jet.	Bien développé, nuance un peu rabattue, croûte jaune clair.
13,00	» du 1er convertisseur . .	Bien développé, nuance satisfaisante, croûte jaune d'or.
5,50	» du 2e » . .	
9,30	» du 3e » . .	Bien développé, nuance moins fine, croûte jaune moins vif.
3,70	» du 4e » . .	
61,70		
4,00	» du 5e » . .	Mal développé, nuance mate et terne, mie courte et grasse.
65,70		
5,20	» de brosse.	Mal développé, nuance brune, mie très grasse.
	» bise	Très mal développé, nuance brun foncé, mie très grasse.
	» de fin de mouture . . .	Très mal développé, nuance brune, mie très grasse.

MOUTURE SUR BLÉ DUR

Résultats obtenus au moulin de M. Maurel (100 quintaux)

Pourcentage.	Désignation des produits.	Humidité.	Gluten sec.	Acidité en acide sulfurique.	Matières grasses.	Matières minérales.	Débris dans gr. de farine. inactifs.	Débris dans gr. de farine. actifs.
25,86	Farine de Minot extra. . .	13,55	12,36	0,017	1,44	0,84	5 300	9 600
5,57	» du 7e convertisseur .	13,21	13,97	0,015	1,20	0,76	10 400	24 600
11,01	» de Minot D.	13,46	14,45	0,018	1,39	0,84	12 200	36 300
7,69	» du 8e convertisseur .	13,26	14,42	0,019	1,48	0,85	7 600	24 400
7,98	» de Minot D2	13,55	14,29	0,022	1,67	1,00	11 200	20 800
58,11								
11,89	» de Minot M.	13,21	14,81	0,025	1,85	1,22	12 400	51 600
70,40								
0,17	» du 6e broyage . . .	13,68	17,22	0,084	2,84	2,27	63 000	75 000
0,23	» du 1er » . . .	14,09	non ex-	0,051	2,23	2,87	»	» (1)
7,75	» BD ½.	13,22	tractibles.	0,078	3,39	2,40	»	»
10,14	Repasses	12,84	»	0,081	4,82	4,97	»	»
7,41	Sons	14,04	»	0,098	5,40	4,72	»	»
5,66	Déchets du nettoyage. . .	»	»	»	»	»	»	»
1,85	Gain par mouillage . . .	»	»	»	»	»	»	»
101,85								

Qualité des pains obtenus avec ces produits.

25,86	Farine de Minot extra. . . .	Mal développé, nuance légèrement grise, croûte brune.
5,57	» du 7e convertisseur. .	Mieux développé, bonne nuance, croûte brune.
11,01	» de Minot D	Mieux développé, nuance jaunâtre, croûte brune.
7,69	» du 8e convertisseur. .	Assez développé, nuance devient terne, croûte brune.
7,98	» de Minot D2.	Mal développé, nuance grise, mie grasse et courte.
58,11		
11,89	» de Minot M	Mal développé, nuance brun clair.
70,40		
0,17	» du 6e broyage.. . . .	Pas développé, nuance brune.
0,23	» du 1er »	Absolument plat, nuance brun foncé.
7,75	» BD½.	Absolument compact, nuance brun foncé.

(1) Les débris deviennent tellement abondants qu'il est impossible de les dénombrer; on se décide à les sécher et à les peser ensuite; leur poids, pour 10 grammes de farine est de 1gr,505, soit de 15,05 p. 100; d'après les poids des débris contenus dans la farine supérieure, et qui ne dépasse pas 2/100, ce chiffre doit correspondre à 450 000 ou 500 000 débris par gramme de farine.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'action de ces débris, dont le changement brusque de composition permettait de prévoir l'existence, est rendue évidente par l'examen des pains préparés au laboratoire boulangerie de M. Lucas ; avec la farine du neuvième convertisseur, la nuance du pain, fine et belle jusqu'alors, commence à fléchir, et la farine du cinquième broyeur ne donne plus que des pains mal développés, déjà compacts, de nuance grise, dont la mie courte et grasse fait boule entre les doigts, un pain de mauvaise qualité, en un mot; c'est au rendement de 60,85 de farine pour 100 de blé que correspond ce changement brusque de composition et de qualité du produit de la mouture.

Les résultats auxquels aboutit, chez M. Loir, la mouture du même blé tendre sont tout analogues; c'est, en effet sensiblement au même rendement (61,70 pour 100) que se rencontre le point de chute de la composition et de la valeur boulangère des farines; comme pour la mouture précédente, c'est à la fin du convertissage que ce point apparaît; entre les rendements de 61,70 et de 65,70 pour 100, avec le dernier convertissage, la diminution de qualité devient considérable, et la farine (4 p. 100) provenant de ce travail ne donne plus qu'un pain mal développé, de nuance mate et terne, à mie courte et grasse.

Sans doute, on remarquera que, dans la composition des produits de cette mouture, les débris figurent en plus grand nombre que dans le premier cas, mais il est aisé de reconnaître, au moment du dénombrement, que ces débris, pour plus de la moitié, proviennent du germe, dont l'action ne s'exerce qu'à la longue, et qui n'influe pas sensiblement sur la qualité du pain, lorsque les farines doivent, comme à Paris, être l'objet d'une consommation presque immédiate.

Sans entrer dans le détail des chiffres relatifs à la mouture sur blé dur exécutée au moulin de la Valentine, près Marseille, chez M. J. Maurel, il est aisé de reconnaître que c'est à une conclusion toute semblable que conduit leur examen.

Si bien, qu'en résumé, de l'étude analytique et pratique des produits provenant des trois moutures exécutées sous la surveillance de la Commission, ressort avec netteté cette conclusion que *le point limitatif du rendement de la mouture en farines propres à la fabrication du pain blanc*, poreux, bien levé, aisément digestible, que réclame la consommation moderne, doit être *compris entre* 60 *et* 65 *p.* 100 *du poids du blé*; au delà de ce point, et pour rejoindre les issues proprement dites, on rencontre encore 5 p. 100 environ de produits farineux; mais ces produits fortement acides, chargés de débris actifs; ne peuvent plus donner que des pains compacts, plats, à mie grasse, colorés, très chargés d'eau, d'une digestion et d'une conservation difficiles.

D'autres enseignements, et nombreux, que je ne saurais développer ici, dérivent également de l'étude des chiffres inscrits aux tableaux précédents; de ces enseignements, la meunerie moderne ne peut manquer de tirer un parti utile; dans la méthode d'analyse dont je viens d'exposer les résultats, elle trouvera, d'ailleurs, un guide sûr pour la conduite de ses travaux.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MÉCANIQUE

TRANSPORTEURS DE CHARBONS C. W. Hunt.

Le transport des cendres et du charbon prend, dans les grandes installations de machines à vapeur, une importance considérable, principalement dans les installations urbaines, comme celles des stations centrales d'électricité, où la restriction de l'espace impose presque l'emploi de dispositions mécaniques permettant d'opérer ces manipulations d'une façon à peu près automatique et avec le moins d'encombrement possible. En outre, l'emploi de ces appareils procure une économie considérable de main-d'œuvre et aussi du charbon moins gaspillé. C'est ainsi que l'on peut évaluer à 0 fr. 20 au plus par tonne, au lieu de 1 fr. 50, le transport du charbon pris dans un magasin par les appareils Hunt, que nous allons décrire, et distribué aux trémies des chaudières,

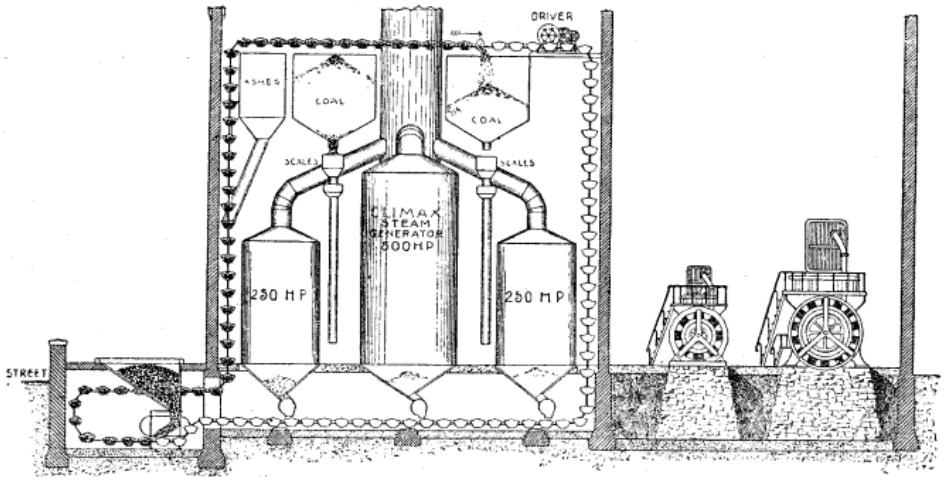


Fig. 1. — Station Edison de Brooklyn. Convèyeur *Hunt* desservant trois chaudières : une de 500 et deux de 250 chevaux du type *Climax* (*Bulletin*, de 1894, p. 177), *Coal* (charbon), *Askes* (cendres), *Driver* (moteur électrique).

à 200 ou 250 mètres du magasin, soit une économie de 1 fr. 30 par tonne. Aussi, ces appareils n'ont-ils pas tardé à se répandre beaucoup aux États-Unis.

Quelques exemples suffiront pour expliquer le fonctionnement de l'utilité de ces appareils.

La figure 1 représente l'installation de la troisième station Edison, de Brooklyn, à Gwinnett Street, qui comprend deux dynamos de 1 200 chevaux, commandées directement par des machines verticales à simple expansion. Le *convèyeur* se compose d'une chaîne à wagonnets entraînée par une dynamo, qui prend le charbon à la trémie d'arrivée, le transporte et le déverse, comme l'indique le tracé noir, aux trémies de chargement des chaudières, pourvues de bascules automatiques (*scales*) puis, passant sous les trémies des foyers, en amène les cendres au bac d'enlèvement.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les godets ou wagonnets, portés par des roues à graissage automatique, sont suspendus de manière à se maintenir constamment verticaux, (fig. 2) puis à basculer facilement au moment voulu par la butée du taquet que l'on voit au bas des bennes en

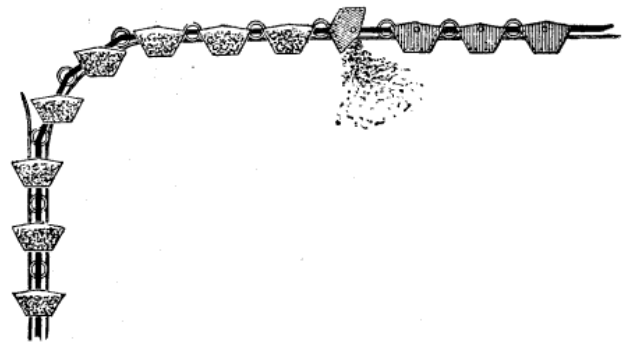


Fig. 2. — Détail de cheminement des wagonnets du convèyeur *Hunt*.

figure 3. La double chaîne est actionnée, comme le montre la figure 4, par des poussoirs à cames qui ne font aucun bruit. Le remplissage des vagonnets se fait automatique-

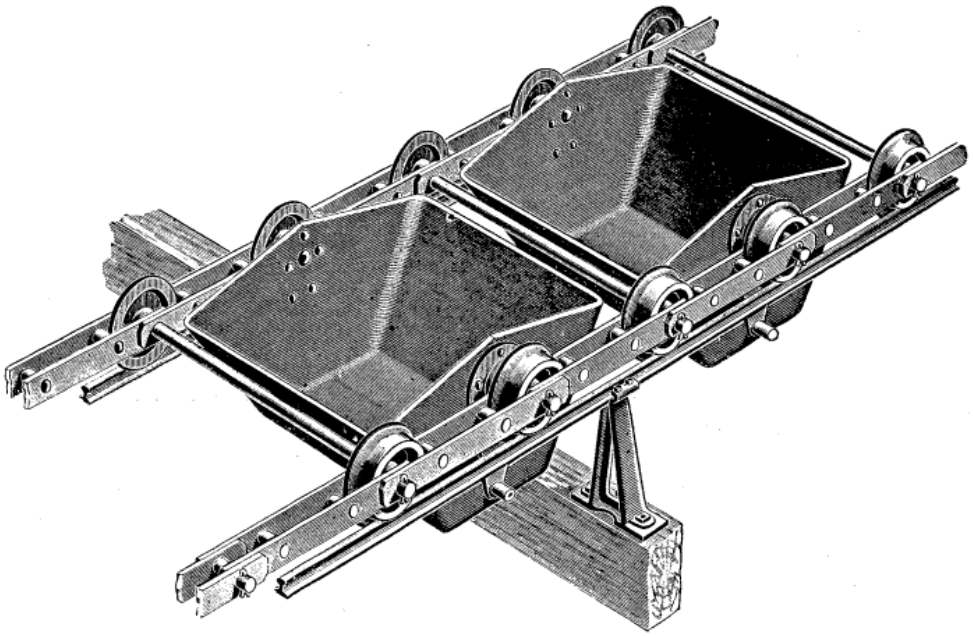


Fig. 3. — Détail des wagonnets.

ment, avec une grande propreté, par l'appareil représenté en fig. 5, mis en mouvement par la chaîne même du convèyeur, et qui distribue très uniformément les charges. La capacité des wagonnets est d'environ 2 pieds cubes ($0^{mc3},56$) ; il en passe, en moyenne,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

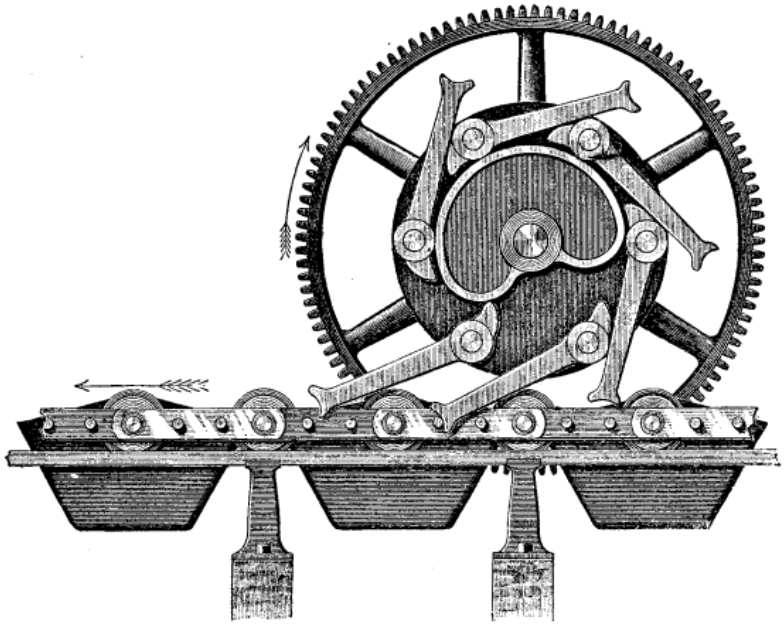


Fig. 4. — Détail de la commande de la chaîne.

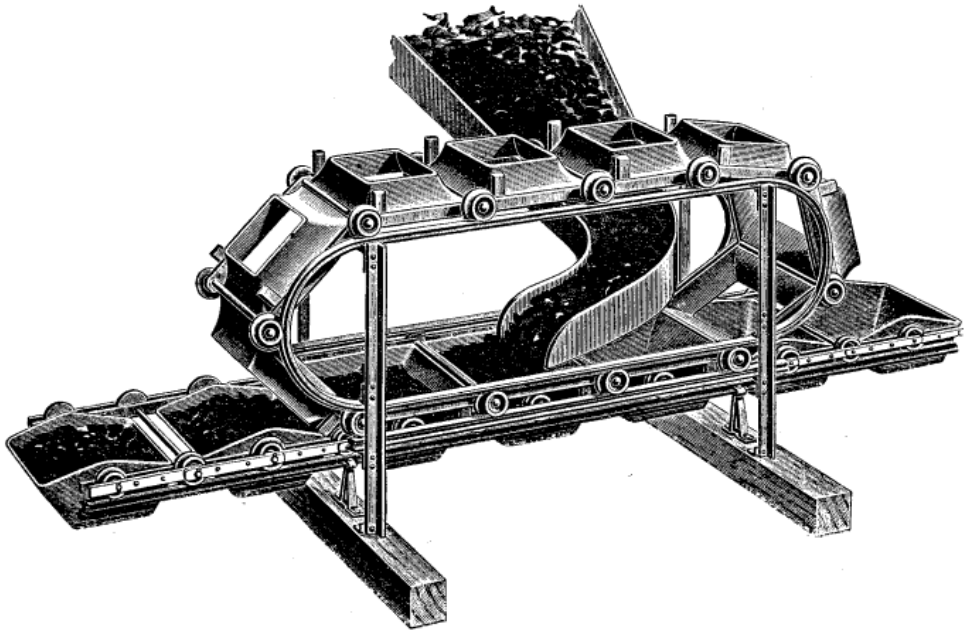


Fig. 5. — Remplissage des wagonnets.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

15 par minute, ce qui correspond à un débit maximum de 40 tonnes par heure, qui peut, à la rigueur, se doubler en faisant passer 25 à 30 wagonnets par minute.

A la station Edison de la Brooklyn Heights Railway C°, il fallait pouvoir charger le convèyeur à volonté par des wagons sur la voie et par des bateaux à quai ; de là, l'obligation de faire, comme l'indique la figure 6, passer la chaîne à la fois sous la voie et sous la trémie du quai, et cela, en adaptant le système à la disposition du bâtiment et

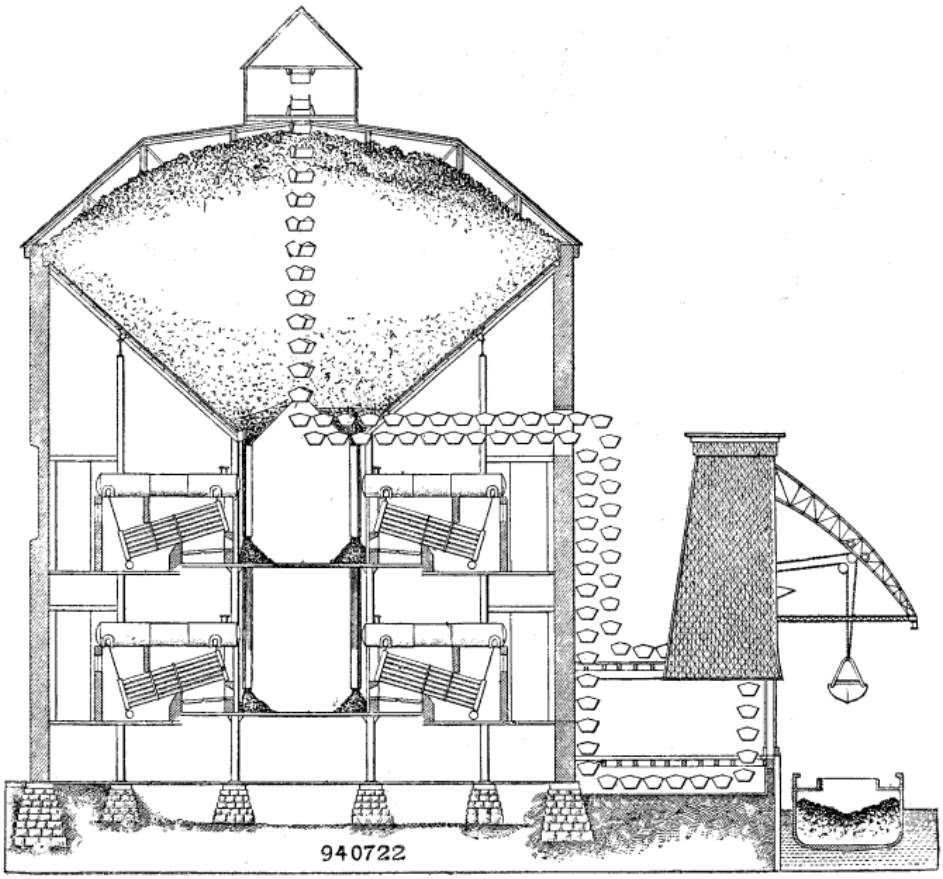


Fig. 6. — Station Edison de la *Brooklyn Heights Ry. C°*. Convèyeur *Hunt* desservant la chaudière de charbon pris au quai ou sur la chaussée.

des chaussées existant avant son installation. Cette juxtaposition des voies a exigé l'établissement de nombreuses courbes, dont la fig. 7 représente clairement le détail.

Le déchargement des bateaux s'opère au moyen d'une grue dont la volée peut s'appliquer contre le mur parallèlement au quai, de manière à le dégager complètement quand on ne se sert pas de la grue. Le charbon est saisi par des grappins à fermeture automatique d'une capacité d'une tonne environ (fig. 8 et 9) qui s'ouvrent d'eux-mêmes pour se décharger dans la trémie de la grue. De la trémie, le charbon passe, par un dispositif analogue à celui de la fig. 5, aux convèyeurs, qui l'amènent à la trémie des chau-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dières, d'une capacité de 6 000 tonnes, et située à 30 mètres au-dessus du quai. Le

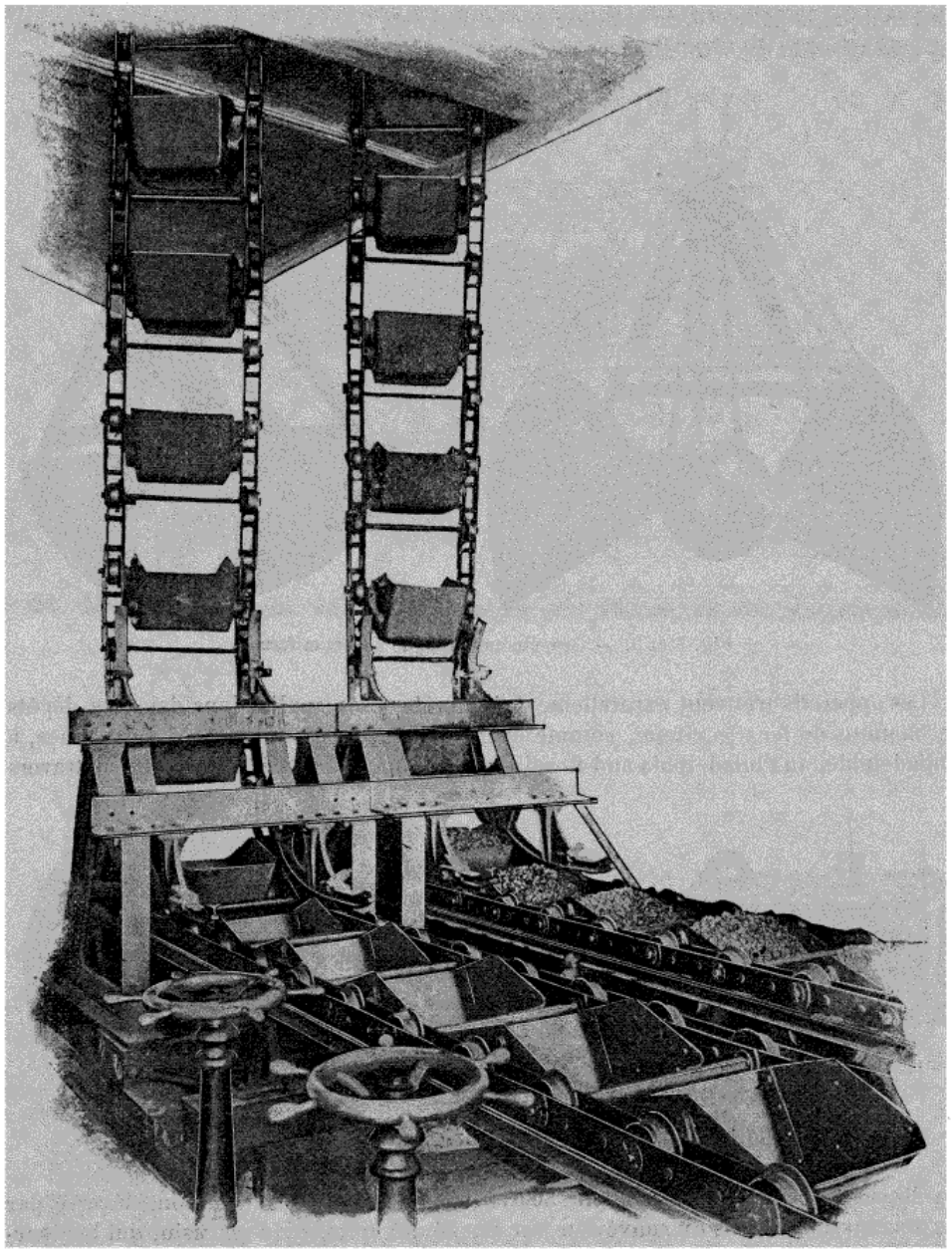


Fig. 7. — Passage en courbes des convèyeurs *Hunt*. La voie montante et chargée se trouve à droite.

charbon de cette trémie est amené, par des bascules automatiques, au plancher des chaudières, bien à la portée des chauffeurs et sans déchet.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les machines à vapeur qui actionnent les grues de ces appareils sont souvent exposées à des froids très rigoureux; aussi, a-t-on soin d'en disposer la distribution, ainsi que l'indique la figure 10, de manière que la purge de l'eau s'y fasse automatiquement. Les grues font environ une levée par minute, correspondant à 60 tonnes par heure.

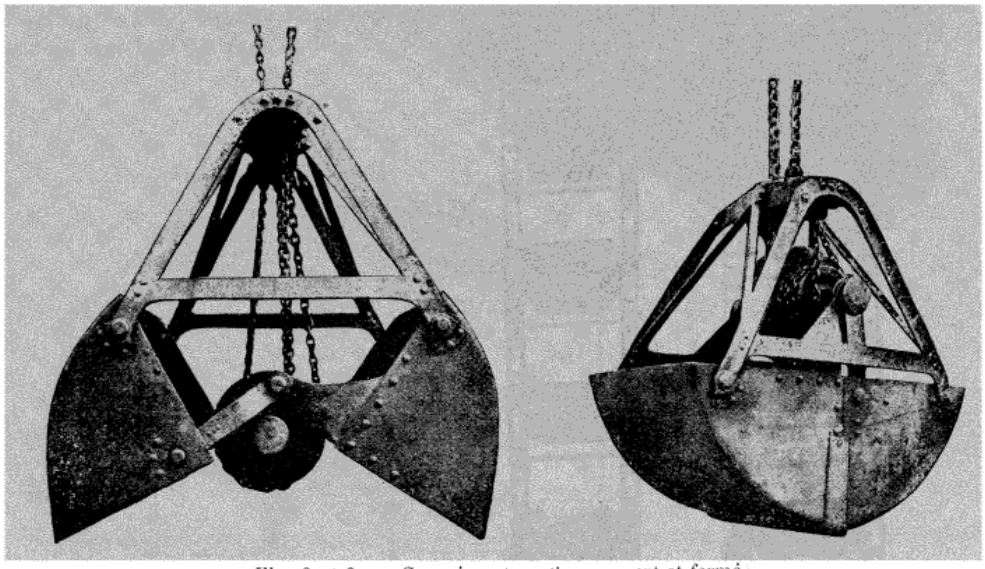


Fig. 8 et 9. — Grappin automatique ouvert et fermé.

Ces appareils trouvent naturellement de nombreuses applications dans les dépôts de chemins de fer : je citerai, comme exemple, l'installation du dépôt de Wallace, à Philadelphie, au Philadelphia and Reading Ry. Le magasin posé (fig. 11 et 12) en travers

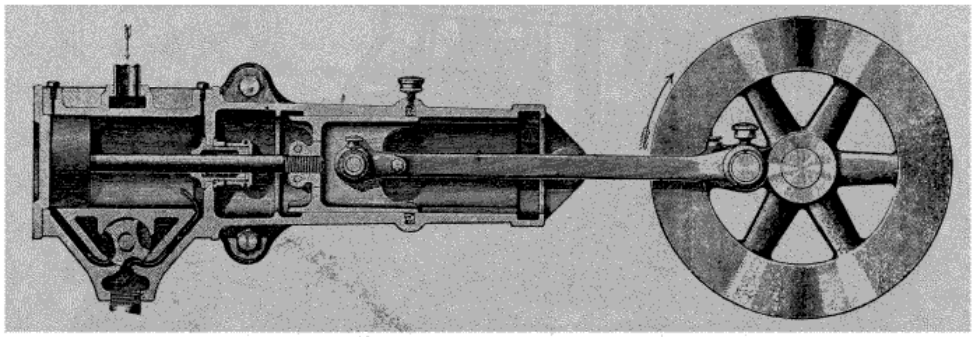
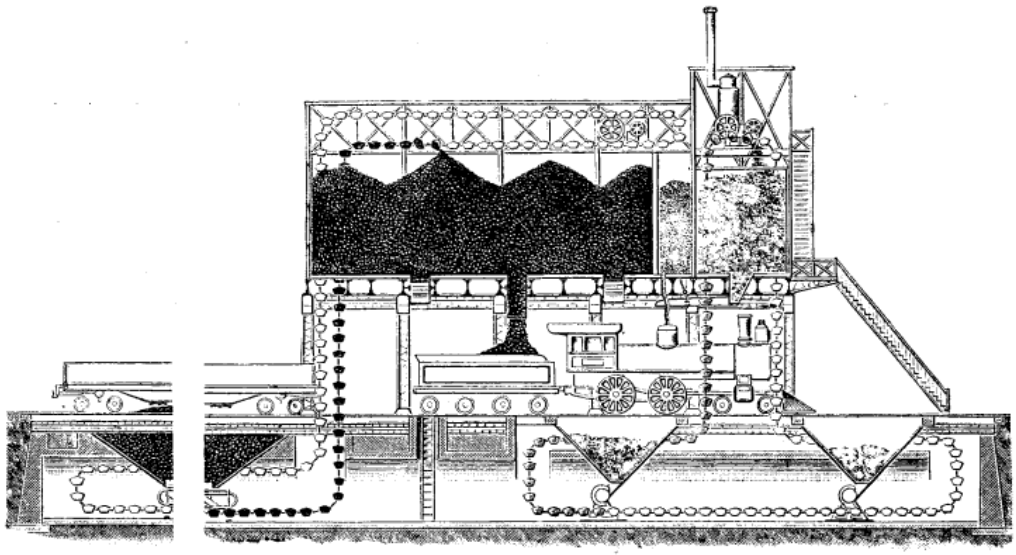


Fig. 10. — Machine à vapeur *Hunt*, du type dit incongelable.

au-dessus de la voie, peut contenir 500 tonnes de charbon. Ce charbon, déversé par six wagons dans le bas du convèyeur, est amené aux trémies du magasin, qui le répartissent aux locomotives par des becs commandés par des manœuvres hydrauliques. On peut ainsi fournir simultanément le charbon, le sable et l'eau à quatre locomotives, dont les cendres sont en même temps reprises par le convèyeur, après avoir été éteintes à l'eau dans les trémies du bas, puis amenées à la trémie supérieure de droite

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'où elles sont déversées dans les wagons de décharge. La trémie du sable est située entre celle des cendres et celle du charbon. On charge ainsi, en moyenne, 400 tonnes de charbon par jour, distribuées à 126 locomotives; la puissance du convèyeur est



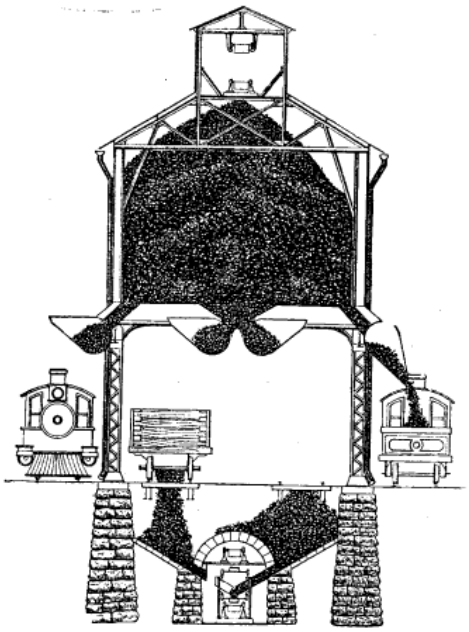


Fig. 11 et 12. — Installation d'un convèyeur *Hunt* au dépôt de Philadelphia-Readung Rg. à Philadelphie.

Coupe longitudinale, et coupe transversale par le magasin à charbon.

A la suite du magasin à charbon, de 500 tonnes — indiqué en noir — viennent le magasin à sable puis celui des cendres, prises au tunnel, dans sa partie de droite, tandis que la partie gauche de ce même tunnel reçoit, comme l'indique la coupe transversale, le charbon des wagons amenés sur la voie, sous le magasin.

de 600 tonnes par jour. Le personnel, composé de 11 hommes, suffit pour décharger les wagons — au nombre de 16, — alimenter les locomotives d'eau, de sable et de charbon, et en évacuer les cendres; il comprend un mécanicien, un surveillant, 4 hommes pour

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

décharger les wagons — un homme dans le tunnel — un pour éteindre les cendres — un au magasin de charbon — deux pour les trémies de charbon et de cendres et les prises d'eau ; toute la besogne se fait en 10 heures.

Je citerai encore le magasin du Boston and Maine Ry, à Causeway Street Boston, qui renferme 40 000 tonnes de charbon ; celui du Baltimore and Suburban Ry, de 3 000 tonnes, et enfin celui de la United Electric Light and Power C°, de New-York, pour desservir une puissance de 19 000 chevaux.

Les chaînes des convéyeurs Hunt ont été étudiées avec le plus grand soin de

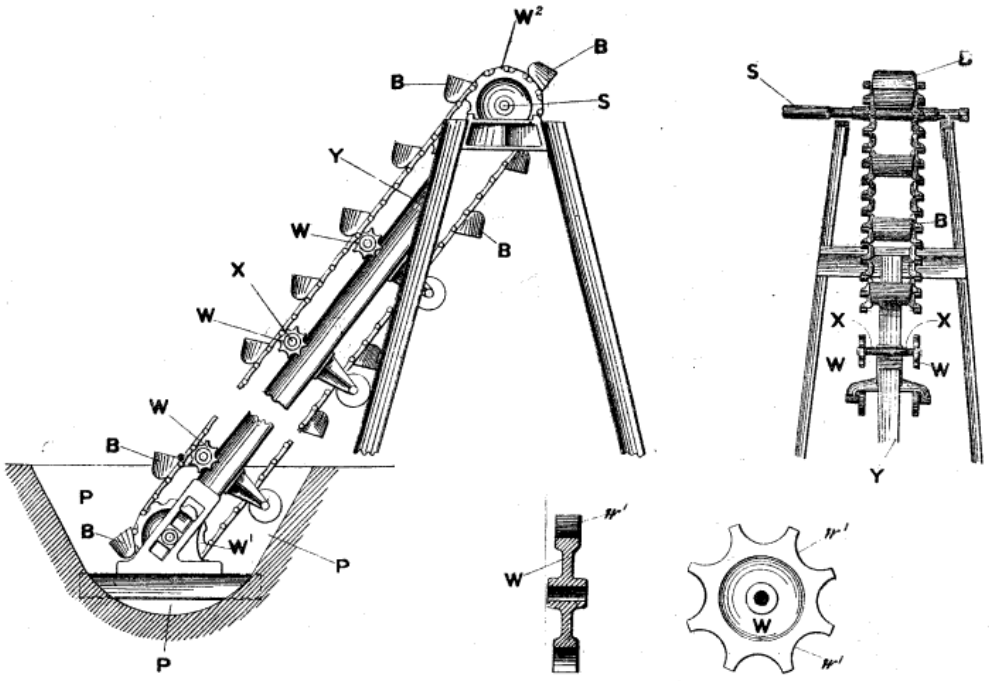


Fig. 13 à 16. — Détail d'une chaîne de convèyeur *Hunt*.

manière à réduire le plus possible l'usure de leurs tourillons et à en faciliter le remplacement.

Ainsi que l'indiquent les figures 13 à 21, dans les appareils importants, les maillons des chaînes sont de deux sortes : les maillons à godets A_1 et les maillons intermédiaires ou sans godets A (fig. 20 et 21). Les premiers, A_1, sont pourvus de joues $a_8\,a_8$, avec rivets ou boulons $a_7\,a_7$, pour leur attacher les godets, et de douilles $a_3\,a_3$, pour recevoir les tourillons creux $a_2\,a_2$ des maillons A, différents de A_1 seulement par l'absence des joues $a_7\,a_7$. Les axes a_6, enfilés dans a_2, ne font que maintenir ces tourillons dans a_3 par le serrage de leurs rondelles à goupille a^5 ; tout l'effort de levée et l'usure de rotation sont supportés par les gros tourillons a_3.

Avec les petits godets, on peut, comme l'indiquent les figures 22 et 23, supprimer les maillons A_1, les godets a_3 formant eux-mêmes maillons avec tourillons a_3.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les maillons sont en acier coulé ou étampé, et les godets sont à face avant b_2 (fig. 19) la plus sujette à l'usure, rivée en b_5 b_3, de manière à pouvoir facilement se remplacer.

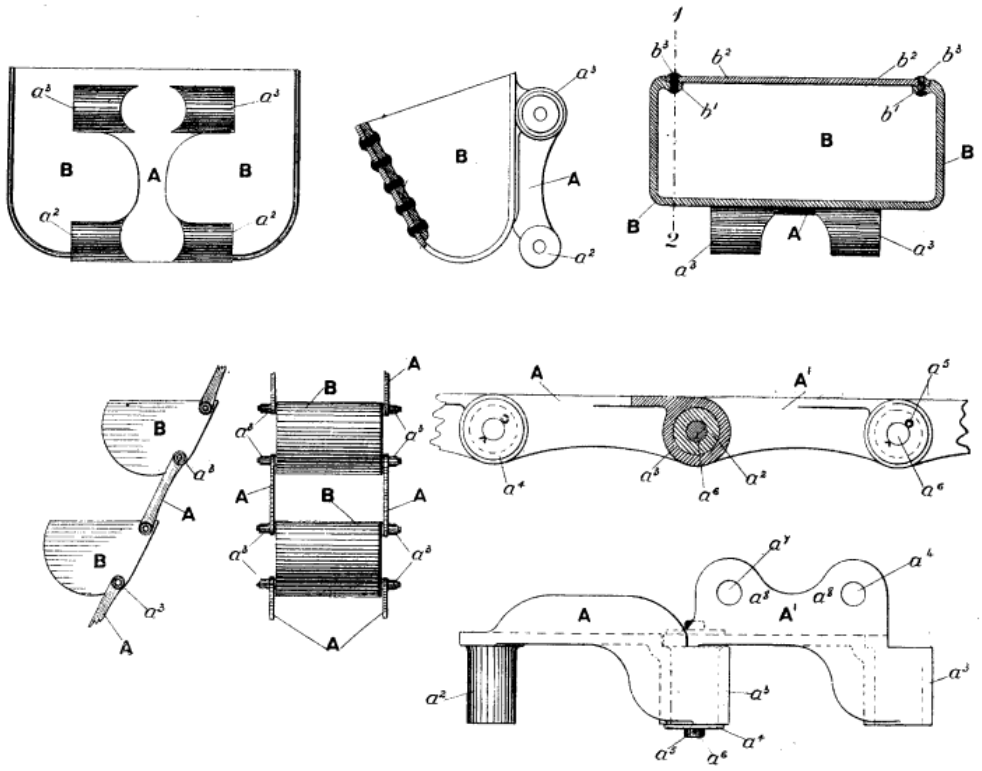


Fig. 17 à 23. — Détails de la chaine et des godets du convéyeur *Hunt*.

Fig. 17 à 19. — Vue d'arrière. Coupe 1-2 et plan-coupe d'un godet. — Fig. 20 et 21. — Détail de la chaine. B, godet rivé en a_7 a_7 (fig. 21) à deux maillons A_1, à joues a_8 a_8 et douilles a_3 a_3, pour recevoir les axes a_2 a_2 des maillons intermédiaires AA, maintenus par les goupilles a_5 a_5 des axes a_6. — Fig. 22 et 23. — Chaine simplifiée pour petits godets B, sans maillons A_1.

Outre les deux paires de roues terminales W_1 et W_2 (fig. 12) actionnant en w' les tourillons a_3, la chaine est soutenue à des intervalles convenables par des galets fous W.

G. R.

SUR L'EMPLOI DU POINÇONNAGE ET DU CISAILLEMENT COMME MÉTHODES D'ESSAI DES MÉTAUX

NOTE DE **MM. L. Baclé** ET **Ch. Fremont** (1).

Il a été démontré, dans deux notes précédemment communiquées à l'Académie, le 10 décembre 1894 et le 24 juin 1895, qu'il était possible d'obtenir l'inscription continue et détaillée des différentes phases du travail du poinçonnage ou du cisaillement

(1) *Compte rendu de l'Académie des Sciences*, 18 novembre 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans les diagrammes tracés au moyen de l'élasticimètre décrit dans les notes susvisées (1).

Il semble donc possible de profiter de ces opérations, qui se rencontrent si fréquemment au cours de l'utilisation industrielle des métaux, pour relever en même temps ces diagrammes et rechercher s'il est possible d'en dégager, touchant les propriétés diverses du métal ainsi traité, des indications caractéristiques, qu'on obtiendra dès lors sans aucune préparation d'éprouvettes spéciales, dans des conditions de rapidité et d'économie certainement supérieures, et dans des conditions d'exactitude peut-être comparables à celles que peut donner l'essai habituel à la traction.

Nous nous sommes attachés, à cet effet, à déterminer avec certitude, par des observations poursuivies dans les conditions d'expérience les plus variées, l'interprétation à donner aux divers éléments caractéristiques des diagrammes de poinçonnage et de cisaillement.

Nous avons opéré sur des métaux de nuances de dureté aussi différentes que possible, représentant toute l'étendue de l'échelle des résistances, depuis le cuivre rouge, cédant à un effort de 20 kilog. par millimètre carré, jusqu'à l'acier dur supportant sans rupture une charge de 95 kilog.

En étudiant un échantillon de chacune de ces nuances, nous avons toujours obtenu un diagramme bien déterminé, et qui s'est constamment reproduit, avec une fidélité invariable, lorsque nous avons renouvelé l'expérience en des points divers de la même barre, ou même en opérant sur des machines-outils différentes.

Nous sommes donc fondés à penser que ce diagramme doit être considéré comme caractérisant bien la nuance étudiée et comme possédant, par conséquent, des éléments qui permettent de définir la résistance qu'elle présente.

Or, ces éléments ne peuvent pas être cherchés, comme on l'a pensé autrefois, dans le relevé pur et simple de la surface du diagramme donnant cependant la valeur du travail dépensé; car, pour le poinçonnage, par exemple, ce diagramme renferme une partie correspondant au travail d'expulsion de la débouchure, qui est indépendante par conséquent de l'opération proprement dite, et qu'on ne peut pas cependant distraire avec exactitude.

Nous avons observé, au contraire, que l'ordonnée maximum du diagramme fournit une indication rigoureusement proportionnelle à la valeur de l'effort développé, ce qui se comprend d'ailleurs immédiatement, puisqu'elle enregistre la déformation élastique qu'a subie le col de cygne de la machine employée, poinçonneuse ou cisaille, pour fournir cet effort.

Nous avons pu montrer, en effet, que, tout d'abord, l'ordonnée obtenue est bien proportionnelle à l'épaisseur de la section à trancher, comme c'est le cas pour l'effort lui-même. Nous avons fait raboter, à cet effet, les barres étudiées pour obtenir à la fois les épaisseurs de 5^{mm}, 10^{mm}, 15^{mm}, 20^{mm}, 25^{mm}; puis, nous avons effectué les expériences de poinçonnage et de cisaillement sur les différentes barres pour chacune de ces épaisseurs. Le diagramme a donné chaque fois une ordonnée proportionnelle à celle-ci, comme on peut le voir sur la fig. 1, qui représente, à titre d'exemple, les diagrammes obtenus sur une même barre en métal demi-dur, rabotée aux diverses épaisseurs indiquées.

Si, pour une même épaisseur donnée, nous comparons maintenant les diagrammes

(1) Voir aussi la *Revue Technique* des 25 janvier et 30 novembre 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

obtenus sur l'ensemble des barres préparées, comme il a été indiqué, avec des métaux de nuances de dureté différentes, nous pouvons constater que l'ordonnée maxima correspondant à chacune de ces barres est toujours bien proportionnelle à la charge de rupture déterminée d'autre part par l'essai de traction habituel.

Nous avons même pu vérifier ce fait en mesurant numériquement, dans certaines expériences de poinçonnage, l'effort développé par la machine employée, et en le rapprochant de la charge de rupture à l'essai à la traction, et nous avons pu constater,

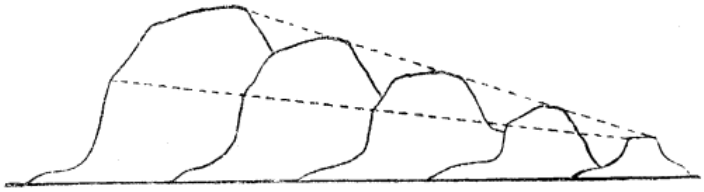


Fig. 1. — Diagrammes obtenus en poinçonnant successivement une barre d'acier demi-dur, rabotée aux épaisseurs de 25, 20, 15, 10, 5 millimètres.

entre les deux, un rapport qui se maintient sensiblement constant pour toutes les nuances de dureté considérées, et qui est toujours voisin des 0,70, la charge de rupture par poinçonnage, atteignant ainsi les 7/10 de la rupture par traction calculée pour une surface égale à celle de la section tranchée.

Il nous paraît donc établi, par ces expériences, que l'ordonnée maximum du diagramme de poinçonnage fournit sur la résistance du métal un renseignement aussi précis que pourrait le donner l'essai à la traction.

Il faut ajouter que les autres éléments du diagramme apportent, de leur côté, des

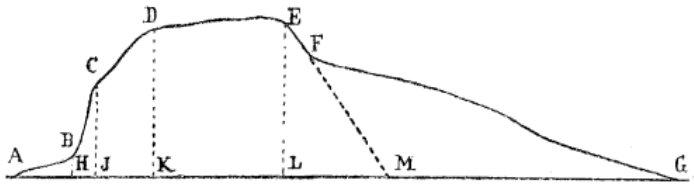


Fig. 2. — Diagramme type du poinçonnage.

indications non moins caractéristiques sur les propriétés de malléabilité du métal étudié; ils permettent ainsi d'en apprécier la nature d'une façon aussi complète que peut le faire le diagramme, de l'essai à la traction.

La figure 2 représente le type du diagramme de poinçonnage.

Dans ce diagramme, la dureté du métal est accusée par l'inclinaison initiale de la courbe à l'origine de l'effort; le tracé s'élève, en effet, d'une façon d'autant plus brusque, et en se rapprochant mieux de la verticale, que le métal présente plus de raideur; plus loin, dans la partie CD, les valeurs simultanées que prennent l'ordonnée et l'abscisse à la suite de cette période préliminaire, au moment où se produit le changement d'inclinaison, fournissent, par leur concours, une indication précise de la malléabilité du métal et définissent, en un certain sens, la période élastique de l'opération étudiée, car

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

elles figurent exactement les déformations qu'il est susceptible d'éprouver, ainsi que l'intensité de l'effort qui les provoque avant l'apparition des déchirures élémentaires.

Si l'on considère ensuite la région de la courbe DE, qui s'étend jusqu'à l'ordonnée maximum correspondant à l'effort de rupture total, on y voit la représentation de cette période de déchirures élémentaires qui, dans le diagramme de traction, apparait aussitôt que la limite élastique est dépassée.

L'allongement qu'éprouve le métal au cours de cette période est figuré par l'écartement des deux ordonnées DK et EL qui la limitent, le métal étant évidemment d'autant plus ductile que cet écartement représente une proportion plus élevée de l'épaisseur totale de la section tranchée.

Dans cette partie du diagramme, les métaux les plus ductiles donnent toujours une abscisse supérieure à celle des métaux durs; l'allongement dans le poinçonnage fournit donc, à cet égard, une donnée aussi précise que l'allongement dans la traction.

La même observation s'applique encore à la mesure de la striction, qui se retrouve aussi dans le diagramme de poinçonnage, à condition de prolonger jusqu'à la ligne des abscisses la tangente à la courbe menée au point sommet de l'ordonnée maximum, de façon à distraire toute la partie située au delà de cette tangente, laquelle correspond seulement au travail d'expulsion de la débouchure.

Le triangle LEM, ainsi déterminé, entre l'ordonnée maximum EL et la ligne des abscisses, varie avec la striction, et s'accroît en même temps qu'elle; il peut donc en fournir une mesure indirecte, présentant même, à certains égards, une valeur comparable à celle qui se déduit de l'essai de traction.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PROCÈS-VERBAUX

Séance du 25 octobre 1895.

Présidence de *M. Mascart*, président.

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

La *famille de M. Pasteur* adresse ses remerciements à la Société pour la part qu'elle a prise aux funérailles de cet illustre savant.

Faire part de la mort de *MM. Lecourt*, fabricant de conserves alimentaires, et *Lœbnitz*, fabricant de faïences artistiques, président de l'Union céramique et chaufournière de France. *M. Aimé Girard* rappelle en quelques mots la brillante carrière industrielle et philanthropique de M. Lœbnitz et celle de M. Lecourt, tous deux membres de la Société.

La Société des *Mechanical Engineers*, de New-York, envoie une note nécrologique sur son président, M. E.-F. Davis.

Convocation d'assister au *Congrès des habitations à bon marché*, qui vient d'avoir lieu à Bordeaux, et auprès duquel le bureau avait délégué M. Cheysson.

Lettres de remerciements de *MM. d'Eichthal*, *Schlumberger* et *Lazerges*, nommés membres de la Société; *Martin*, pour la récompense accordée à son ouvrage sur les voies de communication à Paris; *Boramé*, pour la récompense accordée à ses joints de tuyaux; *Tellier*, pour les paroles prononcées à son sujet par M. le Président dans la dernière séance générale et de *M. Foncin*, pour le bon accueil fait à l'Alliance française.

M. Tellier envoie communication d'un mémoire adressé par lui, en 1859, au Préfet de la Seine, et dans lequel il propose l'établissement d'une distribution de la force par l'air comprimé dans Paris.

Sont renvoyées au *Comité des Arts mécaniques* les communications suivantes :

M. Montreuil, 11 *bis*, rue Charrière, à Honfleur, *Emploi économique de l'énergie*.

MM. Cloos et *Schmalzer*, à Boulogne-sur-Seine, *Attelage automatique*.

M. E. Heu, 49, rue des Ayres, à Bordeaux, *Hélice et roue à aubes*.

M. E. Chevalier, 78, rue Championnet, *Appareil fumivore*.

M. L. Eynard, 134, rue Ordener, *Parachute et direction des aérostats*.

M. Riboulet, à Bicêtre, *Levier sans fin*.

M. Fauquet, à la Foudre, Petit-Quevilly-les-Rouen, *Carde à chapeaux chaînés*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Colombier, 6, rue Custine, *Vélocipède.*

M. Guichard, à Saint-Vincent-de-Connezac (Dordogne), *Appareil permettant de servir de frein et d'auxiliaire aux vélocipèdes.*

M. Vimont, 14, rue des Petites-Écuries, *Appareil facilitant l'évolution des navires.* (Annuité de brevet.)

M. Cairol, à Montpellier, *Moteur hydraulique.*

M. Decorbe, 37, rue du Vert-Bois, *Extincteur automatique d'incendies.* (Annuité de brevet.)

M. Luigi y Guano, 18, rue de Lyon, *Appareil permettant la navigation fluviale pendant les gelées.* (Annuité de brevet.)

M. Blérie, à Argentière (Oise), une *série d'appareils mécaniques* pour la mise en exploitation desquels il sollicite l'appui de la Société.

M. A. Roux, rue Albrand, 30 (Marseille), *Nouveau moteur.* (Annuité de brevet.)

M. Coret, à Neuilly, sollicite le concours de la Société pour l'exploitation d'un *Hygromètre à tubes concentriques.* (Arts économiques.) (Voir p. 1257 du présent *Bulletin.*)

M. Tartarin, 75, rue Doudeauville, sollicite également ce concours pour un *Allumeur électrique.* (Arts économiques.)

M. A. Morineau, 29, boulevard Henri IV, *Nouveaux appareils de bains.* (Arts économiques.)

M. Delaurier, 77, rue Daguerre, *Pile sans liquide. Expériences sur les piles.* (Arts économiques.)

M. G. Malleval, à Tarare, *Filtre rapide.* (Arts économiques.)

M. F. Perou, à Moule (Guadeloupe), *Téléphone photo-électrique.* (Arts économiques.)

M. le Dr Détourbe, notes sur son *Masque respiratoire.* (Arts économiques.)

M. Leca, ingénieur à Lille, *Économiseur de gaz.* (Arts chimiques.)

M. Z. Simon, 33, rue Victor-Hugo, *Appareils à faire le vide dans les lampes à incandescence.* (Arts économiques.)

M. le Dr Castaing, à la Rochelle, *Aération des habitations par les vitres parallèles à ouvertures contrariées.* (Arts économiques.)

M. L. Rouveiroulis, à Saint-Hippolyte-du-Fort (Gard), *les Latyrus et les travaux de M. Wagner*, concours pour un prix d'Agriculture. (Plantes fourragères.)

M. D. Sidersky, 62, rue Tiquetonne, *Mémoire sur le contrôle chimique de la distillation agricole.* (Arts chimiques.)

M. A. Waldmann, à Pont-l'Évêque, un mémoire intitulé : *l'Agriculture et la terre dans le pays d'Auge*, recherches pour servir à l'établissement de la carte agronomique de l'arrondissement de Pont-l'Evêque. (Concours pour le prix d'Agriculture.)

Correspondance imprimée. — MM. les Secrétaires présentent au Conseil, avec

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

remerciements aux donateurs, les ouvrages mentionnés à la page 1144 du *Bulletin* d'octobre, et qui seront examinés par les comités compétents.

MORT DE M. PASTEUR

M. le Président prononce l'allocution suivante :

MESSIEURS,

Depuis notre dernière réunion, la mort de M. Pasteur a été un véritable deuil public.

Nous avions l'honneur de compter ce savant, illustre entre tous, parmi nos collègues du Conseil, comme membre du Comité d'Agriculture. Ce n'est pas ici le lieu de rappeler le détail de ses travaux, et je n'aurais pas toute la compétence nécessaire; mais nous ne pouvons le voir disparaître sans exprimer les profonds regrets de la Société d'Encouragement, et lui adresser un éternel adieu.

Dans son ensemble, l'œuvre de M. Pasteur présente un caractère d'unité dans les vues et de fécondité dans les résultats dont il serait difficile de trouver un autre exemple.

A peine sorti de l'École normale, il débutait par une découverte magistrale sur les relations qui existent entre la forme des cristaux et les propriétés optiques de leurs dissolutions. La dyssymétrie des molécules constituantes, qui se traduit ainsi par la structure géométrique qu'elles prennent à l'état solide et par le pouvoir rotatoire des liquides, est toujours d'origine organique, et elle implique la dyssymétrie des causes qui l'ont provoquée. M. Pasteur est ainsi conduit à l'étude des phénomènes de fermentation, qu'il montre intimement liés au développement et à la reproduction des petits organismes vivants, plantes ou animaux, aujourd'hui compris sous la dénomination générale de microbes, visibles au microscope ou même invisibles, suivant leurs dimensions, sans que cette circonstance modifie les méthodes de culture et de propagation. Ces microbes, d'espèces très variées, peuvent venir en aide aux phénomènes que l'on veut réaliser, ou leur faire obstacle, et constituer de véritables maladies des liqueurs en fermentation. Des êtres analogues, les corpuscules des vers à soie, menaçaient de ruiner une de nos plus grandes industries ; le remède a été trouvé à côté du mal, par l'étude approfondie de l'origine et des mœurs de ces corpuscules.

Enfin, il ne reste plus qu'un pas, facile à franchir aujourd'hui, pour chercher dans le développement accidentel de certaines espèces de microbes la cause de la plupart au moins des maladies qui ravagent les animaux de nos fermes et qui déciment l'humanité.

Qui ne se souvient de l'émotion publique quand on apprit que M. Pasteur,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

abordant cette redoutable maladie de la rage, avait trouvé un traitement préventif contre les animaux contaminés, un remède efficace pour ceux qui étaient mordus, et que, au milieu des angoisses les plus poignantes, il avait eu le courage d'en faire l'application à l'homme?

On ne sait ce qu'il convient d'admirer davantage chez M. Pasteur : l'imagination qui conçoit les problèmes, l'esprit pénétrant qui en suit les conséquences, l'invention dans le choix des méthodes qui permettent de les aborder successivement, l'habileté expérimentale qui les réalise et la critique sévère qui ne laisse rien dans l'ombre, soulève et résout les objections par des expériences indiscutables.

Au point de vue philosophique, ces microbes, si longtemps méconnus, jouent un rôle capital dans l'économie des êtres vivants. Ils interviennent dans toutes les fonctions, facilitent ou entravent la nutrition et le développement des organes ; quand la vie a cessé, leur rôle apparaît de nouveau, pour présider à la transformation progressive des édifices constitués, et pour restituer finalement au sol, à l'eau et à l'atmosphère les éléments que la vie leur avait provisoirement empruntés.

Si l'on descend dans la pratique, on voit M. Pasteur semant les bienfaits sur sa route; il transforme les industries de liqueurs fermentées, sauve du désastre la sériciculture, protège les animaux domestiques contre les plus graves épidémies, bouleverse les idées de la médecine, inspire les progrès merveilleux de la chirurgie et fournit des méthodes qui, entre les mains de ses successeurs, ont permis déjà et permettront plus encore dans l'avenir de soulager les maux de l'humanité. Son nom grandira, et sa mémoire sera bénie d'âge en âge dans le cours des siècles.

Cet homme, si modeste dans sa vie privée, eut la satisfaction d'assister pour ainsi dire à son apothéose dans ce jubilé mémorable où les savants les plus autorisés du monde entier lui apportèrent le témoignage de leur admiration, et où le Président de la République, celui que la France a tant pleuré depuis, venait, par sa présence, donner à la cérémonie le caractère d'un hommage national.

Bientôt après, nous l'avons suivi à sa dernière demeure. Là encore, le chef de l'État, entouré de princes étrangers et de membres du gouvernement, ainsi que les représentants de toutes les nations, se sont joints aux délégations scientifiques, à la foule des personnes de tout rang qui ont profité de ses travaux, aux mères qui lui devaient le salut de leurs enfants, pour apporter à ce bienfaiteur de l'humanité un témoignage ému et silencieux de leur reconnaissance.

La plus grande joie de M. Pasteur était de penser que ses travaux seraient une gloire pour le pays : *Par la science, pour la patrie.* Quelle plus noble devise aura été mieux justifiée?

Conférence. — *M. Merveilleux du Vignaux* fait une conférence sur les *Progrès récents de l'artillerie.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. le Président remercie M. Merveilleux du Vignaux de sa très intéressante communication, qui sera renvoyée au *Comité des Arts mécaniques*.

Séance du 22 novembre 1895.

Présidence de *M. Mascart*, président.

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

MM. Boramé, *Demenge*, *Werth*, *Charnelet* et *Lazerges* adressent leurs remerciements pour leur nomination comme membres de la Société.

Faire part de la mort de *M. C. C. Paris*, membre de la Société, fabricant d'émaux et de cristaux, ancien maire du Bourget.

Correspondance imprimée. — MM. les Secrétaires présentent au Conseil les ouvrages signalés à la page 1241 du *Bulletin* de novembre, avec remerciements aux donateurs.

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

MM. Chanove et *Raoul Duval*, ingénieurs civils des mines, *Guiard*, ingénieur en chef des ponts et chaussées, présentés par *M. Le Châtelier; M. Sarazin*, ingénieur civil des mines, présenté par *MM. Sauvage*, *Le Châtelier* et *G. Richard*.

Conférence. — *M. de Luynes* fait, sur *la Céramique*, une conférence qui sera reproduite *in extenso* au *Bulletin*.

S'associant aux applaudissements répétés de l'auditoire, *M. le Président* remercie M. de Luynes de sa très intéressante conférence, avec l'espoir que le beau succès de cette soirée l'encouragera à venir le renouveler de temps en temps au milieu de nous.

Séance du 13 décembre 1895.

Présidence de M. Mascart, *Président.*

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

M. Tresca, retenu par une indisposition, s'excuse de ne pouvoir assister à la séance, et d'être obligé de remettre à un autre jour sa communication sur les *Appareils de chauffage de M. Bourdon*.

Faire part de la mort de *M. Thomas Elwell*, le constructeur mécanicien bien connu, décédé à Gand, le 21 novembre 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M^me^ H. Aernoudt, 34, rue de la Bienfaisance, remet un pli cacheté relatif à un perfectionnement à la construction des lampes à gaz.

M. le chevalier Descamps, président de l'*Institut international de bibliographie de Bruxelles*, attire l'attention de la Société sur la méthode de classification bibliographique universelle, dite *méthode décimale*, et *M. Mascart* a reçu, d'autre part, une lettre de *M. Gariel*, proposant d'exposer cette question devant la Société d'Encouragement. (Renvoyé à la Commission du *Bulletin*.)

Circulaire de M. le ministre de l'Instruction publique, invitant la Société à nommer des délégués pour la représentation au prochain *Congrès des Sociétés savantes*. (Renvoyée au Bureau.)

M. Ramont, ingénieur, 10, rue Lakanal, demande une annuité de brevet pour un appareil à découper les viandes. (Arts économiques.)

M. E.-M. Point, monteur de métiers, soumet à l'appréciation de la Société un métier nouveau, et demande qu'on s'intéresse à lui. (Arts mécaniques.)

M. B. Paut, impasse Guépine, 4, demande qu'on l'aide pour la prise de différents brevets. (Arts mécaniques.)

M. Vuaflart, du laboratoire départemental agricole de Boulogne-sur-Mer, attire l'attention de la Société sur des recherches qu'il a entreprises, pour conserver les filets de pêche au moyen d'huiles minérales. (Comité des Arts chimiques.)

MM. See, *Lainboi* et *Camuset*, ingénieurs, présentent à la Société un nouveau *Carbonateur instantané* pour les jus sucrés. (Renvoyé au Comité des Arts chimiques.)

Circulaire du Comité des Agriculteurs de Seine-et-Marne et des médecins vétérinaires français, pour élever une *statue à Pasteur*, dans la ville de Melun. (Renvoyée au Bureau.)

CORRESPONDANCE IMPRIMÉE. — MM. les Secrétaires présentent au Conseil les ouvrages mentionnés à la page 1396 du présent bulletin, dont ils remercient les donateurs.

NOMINATION D'UN MEMBRE DU COMITÉ DES BEAUX-ARTS. — *M. Belin*, éditeur, est nommé membre du Conseil, au Comité des Beaux-Arts, en remplacement de *M. Plon*.

M. le Président invite M. Belin à prendre place parmi ses collègues.

NOMINATIONS DE MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ. — Sont nommés membres de la Société :

MM. le prince Roland Bonaparte, présenté par *MM. de Salverte* et *Mascart*;

Lyonnet, ingénieur civil des mines, présenté par *MM. Le Châtelier* et *Masse*.

COMMUNICATIONS. — *M. R. Lezé*, professeur à l'École de Grignon, décrit un appareil destiné à la *Fabrication directe du beurre au moyen du lait*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le problème résolu présente une importance pratique réelle à une époque où la concurrence étrangère se fait si durement sentir dans le commerce des produits de laiterie.

Dans la préparation directe du beurre, on réalise une économie notable, car on évite de passer par cet intermédiaire de l'écrémage et du travail subséquent, si difficile et si délicat, de l'acidification de la crème; on évite tous les déchets, conséquence des manipulations nombreuses auxquelles on doit se livrer pour atteindre le but poursuivi. L'idée de l'inventeur, un Suédois, *M. Salénius*, consiste à écrémer du lait chauffé à 65° ou 70° et à baratter la crème séparée dans l'appareil lui-même, après avoir ramené, toutefois, cette crème à la température de 15°.

La solution est des plus ingénieuses, des plus élégantes. L'appareil, qui tourne à 6 000 ou 6 500 tours, comprend deux bols superposés, montés sur le même axe.

Dans le bol inférieur, on introduit le lait chauffé; on l'écrème à cette température élevée, qui détermine une pasteurisation de la matière. Puis le lait écrémé est évacué chaud encore, tandis que la crème monte dans le bol supérieur.

Là, elle est refroidie par un courant d'eau glacée circulant pendant la rotation, et on la fait se baratter elle-même en projetant une certaine portion prélevée par un tube de prise contre la crème en mouvement.

Cette machine sort des ateliers du constructeur suédois Nordenfelt, et son fonctionnement paraît irréprochable. La machine est encore à peine connue en France, où elle a été essayée seulement à l'École de Poligny; mais, en Suède, elle est déjà d'usage courant, et les produits qu'elle donne jouissent sur le marché d'une excellente réputation de qualité et de conservation facile et longue.

M. **Trouvé** présente sous le titre : *Solution pratique de l'éclairage domestique portatif et général par le gaz acétylène,* des appareils se divisant en deux classes : les appareils *portatifs* et les appareils *fixes*.

1° *Lampes portatives.* — Ces lampes, de divers modèles, les uns usuels et de démonstration, les autres plus riches, pour appartements luxueux, ont une flamme remarquable par sa blancheur éclatante, sa fixité et sa constance, que l'on éprouve une sorte d'émerveillement à voir produite par l'immersion d'un corps noirâtre, semblable à du coke, dans de l'eau simple.

2° *Appareils fixes.* — Ces appareils se composent d'un gazomètre chargé par des générateurs indépendants, pouvant, sous un volume très restreint, alimenter une grande quantité de becs : 18, 15, 20 et plus, pour l'éclairage des châteaux, villas, maisons particulières, etc.

M. Trouvé présente ensuite un bec intensif de 35 carcels environ, destiné aux appareils de projections; puis une série de becs de très faible consommation,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mais d'une lumière excessivement blanche, destinés à l'éclairage des appareils de microscopie et des instruments d'optique et de chirurgie.

M. Trouvé fait remarquer que ses appareils sont d'une grande sécurité, et qu'il n'y a pas à craindre le moindre accident amené avec les autres modes d'éclairage au pétrole, etc., et que au point de vue physiologique, l'acétylène est beaucoup moins toxique que le gaz d'éclairage, ainsi que cela résulte d'expériences récentes faites par M. le Dr Gréhaut, professeur au Muséum, et communiquées à l'Académie des sciences : c'est là un point à mettre en lumière au moment où ce gaz va entrer en usage courant.

En résumé, les appareils de M. Trouvé, d'une grande simplicité, donnent une solution immédiate de l'éclairage domestique par l'acétylène, dont le pouvoir éclairant est quinze fois supérieur à celui du gaz d'éclairage.

A même unité (le carcel-heure), l'éclairage à l'acétylène est trois fois moins cher que l'éclairage au gaz, et promet, d'ici peu, de fournir le carcel-heure à un quart de centime. C'est, d'après M. Trouvé, l'éclairage de l'avenir.

A l'occasion de la communication de M. Trouvé, *M.* **H. Le Châtelier**, membre du Conseil, rend compte de quelques expériences qu'il a entreprises sur la *combustion de l'acétylène*.

Réactions de combustion. — Les mélanges de ce gaz avec l'air renfermant moins de 7,7 p. 100 de gaz combustibles brûlent avec une flamme jaune, dont l'éclat croît avec la proportion de gaz. Il se forme exclusivement de l'acide carbonique et de l'eau.

De 7,7 à 17,3 p. 100, la flamme est bleue; il se forme de l'oxyde de carbone et de l'hydrogène, en même temps que l'eau et l'acide carbonique.

Au delà de 17,3, il se forme de l'oxyde de carbone et de l'hydrogène, en même temps qu'une certaine proportion de gaz reste inaltérée. En même temps, il se précipite du carbone non brûlé qui, à partir de 25 p. 100, forme un nuage noir absolument opaque.

Limites d'inflammabilité. — Les mélanges de ce gaz avec l'air ne commencent à être inflammables qu'à partir de la teneur 2,7 p. 100, et cessent de l'être au delà de 65 p. 100. Comme terme de comparaison on peut rappeler que le gaz d'éclairage ne commence à donner des mélanges inflammables qu'à partir de la teneur de 8,1 p. 100.

Température d'inflammation. — L'acétylène est beaucoup plus inflammable que les autres gaz combustibles, même que l'hydrogène; sa température d'inflammation est voisine de 500°. Un mélange avec l'air enfermé dans un tube à essais s'enflamme rapidement quand on chauffe extérieurement le tube sur une lampe à alcool.

Vitesse de propagation de la flamme. — Les mélanges les plus combustibles, renfermant des proportions de gaz comprises entre 5 et 15 p. 100, ont une vi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tesse de propagation comprise entre 4 et 8 mètres. Au delà de 25 p. 100, la vitesse tombe au-dessous de $0^m,40$ par seconde. Elle n'est plus que de $0^m,05$ par seconde à la limite supérieure d'inflammabilité, correspondant à la teneur de 65 p. 100.

Dans les mélanges à vitesse maxima, correspondant aux teneurs de 8 à 10 p. 100, la flamme remonte à travers des tubes de 1 millimètre de diamètre, mais est arrêtée par les tubes de $0^{mm},5$ de diamètre.

Température de combustion. — Le calcul assigne à ce gaz, brûlé avec l'air, une température de combustion de 2 400°, supérieure de 500° à la température de combustion du gaz d'éclairage, qui est de 1 909°.

Pouvoir éclairant. — Le pouvoir éclairant de ce gaz tient à deux causes : 1° l'*abondant dépôt de carbone* qui se produit pendant la combustion et qui suffirait, à lui seul, à lui donner un pouvoir éclairant quadruple de celui du gaz d'éclairage, comme le montrent les résultats obtenus avec le gaz carburé par la naphtaline ; 2° la *température élevée de sa combustion* qui suffirait, à elle seule, d'après les résultats obtenus par les récupérateurs, à lui assurer un pouvoir éclairant triple de celui du gaz ordinaire. La réunion de ces deux causes suffit pour prévoir que le pouvoir éclairant de l'acétylène doit être au moins douze fois celui du gaz ordinaire, ce qui est bien d'accord avec les résultats déjà annoncés.

La flamme de l'acétylène tend à être fuligineuse. Pour éviter cet inconvénient, et donner à la flamme tout son éclat, il faut brûler le gaz sous une pression très forte et avec des becs à fente très fine, ce qui, au point de vue pratique, occasionne de nombreuses difficultés. On peut éviter ces difficultés en mêlant le gaz, avant sa combustion, avec un volume d'air variant de une fois à deux fois son propre volume. L'addition de petites quantités d'air à l'acétylène ne réduit pas son pouvoir éclairant, comme elle le fait pour le gaz ordinaire, en raison du grand excédent de carbone disponible. Il serait plus avantageux encore de mêler le gaz avec un volume d'oxygène compris entre le dixième et le cinquième de son propre volume, ce qui élèverait la température de combustion. Pour éviter les accidents pouvant résulter d'une addition exagérée d'air ou d'oxygène, il ne faut faire le mélange qu'au bec même où se fait sa combustion, en employant, pour le mélange avec l'air, le dispositif du brûleur Bunsen et, pour le mélange avec l'oxygène, le dispositif des chalumeaux ordinaires à gaz. La forme et la dimension des brûleurs, la pression d'écoulement du mélange et la proportion d'air la plus convenable sont fonctions les unes des autres, et doivent, comme dans tous les brûleurs à gaz, être réglées un peu au-dessous d'un point où la flamme commence à devenir fuligineuse, et qui donne le maximum de pouvoir éclairant.

Force motrice. — Il semble, qu'en raison de sa basse température d'inflammation et de sa basse limite d'inflammabilité, l'acétylène conviendra particulièrement pour alimenter les petits moteurs à gaz.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LIVRES ET OUVRAGES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE

EN DÉCEMBRE 1895

Bulletin de l'Institut international de Bibliographie, 1891, n° 1, Bruxelles, rue Ravenstein.

Du Ministère du Commerce et de l'Industrie. — **Description des machines et procédés brevetés**, volume 81 (année 1891). Filature, teinture, apprêt, impression des tissus, tissage, parfumerie, tricots, tulles, dentelles, matériaux et outillage. Ponts et routes, travaux d'architecture, voitures, sellerie, compteurs, fusils, canons, équipements et travaux militaires — *Volume* 62 (1892). Machines agricoles, engrais, travaux d'exploitation, horticulture, meunerie, boulangerie, mines et métallurgie, papeterie, produits chimiques, habillement — *Volume* 83 (1892). Hydraulique, économie domestique, céramique, article de Paris et petites industries, instruments de précision (y compris la production, le transport et les applications de l'électricité), cuirs et peaux, éclairage et chauffage, arts industriels (y compris la photographie et la musique).

Donné par M. H. Le Chatelier, membre du conseil : **Le viaduc de Garabit**, par L. Boyer. 1 vol. in-4, 400 p. et un atlas de 74 pl. Paris, Dunod. 1888.

Rapports sur l'application, en 1894, des lois réglementaires du travail. — Rapports des membres de la commission supérieure du travail, des inspecteurs divisionnaires du travail et des ingénieurs en chef des mines, 1 vol. in-8, 700 p. Imprimerie nationale.

La topographie, par le lieutenant-colonel Moissard, 1 vol., Collection Leauté. Paris, Gauthier-Villars.

Annuaire de l'Imprimerie, par A. Muller, 1 vol. in-18, 250 p. Paris, 4, rue des Beaux-Arts.

De M. A. Carnot, membre du conseil. — **Sur les cristaux des scories de déphosphoration. Sur l'oxydation du cobalt et du nickel en liqueur alcaline et en liqueur ammoniacale. Emploi de l'eau oxygénée dans le dosage du chrome et du manganèse. Sur quelques phosphates d'alumine**, 4 brochures extraites des *Annales des mines*.

Dictionnaire des chemins de fer. — Dictionnaire technique allemand-français et français-allemand, par J. Rubenach, 1 vol. gr. in-8, 305 p. Paris, Baudry.

Elektro-Metallurgie, par le Dr W. Borchers, 1 vol. in-8, 188 fig., chez Harald Bruhn à Brunschweig.

Le fer et l'acier, par A. Ledebur, traduit par M. Ch. Seligmann, 1 vol. in-18, 170 p. Paris, J. Fritsch.

Du Ministère de l'Instruction publique. — **Revue des travaux scientifiques**. vol. XI, nos 6, 7 et 8.

Contrôle des installations électriques au point de vue de la sécurité, par A. Monmerqué, 1 vol. in-18, 500 p. Paris, Baudry.

Étude sur le rétablissement des droits de péage sur la navigation intérieure, par Albert Jubault, 1 broch. in-8, 28 p. Imprimerie dieppoise, à Dieppe.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Étude scientifique de la combustion dans les fours chauffés au gaz, par MM. ALBERT DROIT et AUGUSTE PIVONT, 1 broch. in-18, 22 p. à Charleroi. Imprimerie Delacre-Misonne.

Bulletin de l'Institut Égyptien, 3e série, n° 5.

Projet de réforme de l'impôt des boissons, présenté au concours viticole et agricole de Cadillac. 1 broch. in-18, 14 p. Imprimerie V. Cadoret, Bordeaux.

Bulletin of the Department of Labor, n° 1, novembre 1895, 1 broch. in-8, 111 p., publiée par MM. CAROLL D. WRIGHT O. W. WEAVER. Washington (Government Printing Office).

Special Consular Reports, vol. XII. *Les Grandes voies commerciales.* Marine. Canaux. Chemins de fer des pays autres que les États-Unis. 1 vol. in-8, 760 p. Édité par le *Bureau de statistique.* Washington (Government Printing Office).

Léon Jaubert, son œuvre, etc. 1 brochure in-8, 36 p. Chez l'auteur, à l'Institut populaire du Progrès, Parc du Trocadéro.

L'invention des allumettes chimiques et son origine franc-comtoise, par M. L. CHAPOY, 1 brochure in-18, 55 p., à Besançon, imprimerie Dodiviers.

Traité des machines agricoles, par M. RINGELMANN. 1er fascicule : Brise-tourteaux, appareils à cuire les aliments du bétail et à chauffer l'eau. Broyeurs de tubercules. Ateliers de préparation des aliments du bétail. 1 brochure in-8, 124 p. Paris, Librairie agricole, 26, rue Jacob.

Annali di Statistica industriale, province de Modane, 1 brochure in-4, 60 p. Rome, Tipografia Nationale (1895).

Séances de la Société française de physique. Année 1895. 2e fascicule. Paris, au siège de la Société, 44, rue de Rennes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LITTÉRATURE

DES

PÉRIODIQUES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIÉTE

Du 15 Novembre au 15 Décembre 1895.

DÉSIGNATIONS ABRÉGÉES DES PUBLICATIONS CITÉES

Ag. . . . Journal de l'Agriculture.
Ac. . . . . Annales de la Construction.
Acp. . . . Annales de Chimie et de Physique.
AM. . . . Annales des Mines.
Ap. . . . Journal d'Agriculture pratique.
APC . . . Annales des Ponts et Chaussées.
At. . . . Annales télégraphiques.
Bam . . . Bulletin technologique des anciens élèves des écoles des arts et métiers.
Btp. . . . Bulletin du ministère des Travaux publics (statistiques).
BmA. . . Bulletin du ministère de l'Agriculture.
Ci. . . . Chronique industrielle.
Co. . . . . Cosmos.
CN. . . . Chimical News (London).
Cs. . . . . Journal of the Society of. Chemical. Industry (London).
CR. . . . Comptes rendus de l'Académie des Sciences.
Dp. . . . Dingler's Polytechnisches Journal.
E. . . . . Engineering.
E'. . . . . The Engineer.
Eam. . . . Engineering and Mining Journal.
EE. . . . . Eclairage Électrique.
El. . . . . Electrician (London).
Elé. . . . L'Électricien.
Ef. . . . . Économiste français.
Es. . . . . Engineers and Shipbuilders in Scotland (Proceedings).
Fi . . . . Journal of the Franklin Institute (Philadelphie).
Gc. . . . Génie civil.
IC. . . . . Ingénieurs civils de France (Bulletin.).
Ie. . . . Industrie électrique.
Im. . . . . Industrie minérale de Saint-Étienne.
IME. . . Institutions of Mechanical Engineers (Proceedings).
In. . . . Inventions nouvelles.
Ln. . . . La Nature.
Ms. . . . Moniteur scientifique.
N. . . . Nature (anglais).
Pc. . . . Journal de Pharmacie et de Chimie.
Pm . . . *Portefeuille* économique des *machines*.
Rgc. . . . Revue générale des chemins de fer.
Rgds. . . Revue générale des Sciences.
Ri. . . . Revue industrielle.
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 (Bulletin).
Sfp . . . Société française de photographie (Bulletin).
Si. . . . La Science illustrée.
Sie . . . Société internationale des Électriciens (Bulletin).
Sg. . . . Bulletin de la Société de géographie.
Sgc . . . Bulletin de la Société de géographie commerciale.
SL. . . . Bulletin de statistique et de législation.
SuE. . . Shahl und Eisen.
USR. . . Consular Reports to the United States Government.
VDI. . . Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure.
ZOI. . . Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieure und Architekten. Vereins.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

Agronomie. Revue annuelle (Dehérain). *Rgds* 30 *Nov.*, 1009.

Bétail. Péripneumonie contagieuse. Programme d'expérience de la Société d'agriculture de Melun. *Ap.* 21 *Nov.*, 734.

— Race bovine gasconne. *Ap.* 7 *Déc.*, 846.

Betterave à sucre (Culture de la). *Ag.* 14 *Déc.* 921.

Beurre (Fabrication du). *E.* 29 *Nov.*, 671.

— Surfins et beurres de centrifuges. *Ag.* 14 *Déc.*, 924.

Blé (Production du). Desprez. *Ap.* 28 *Nov.*, 763.

Coton. Récolte et consommation aux États-Unis. *Rt.* 10 *Déc.* 542.

Electricité. Emploi dans les fermes. *Ag.* 7 *Dec.*, 890.

Engrais. Industries chimiques auxiliaires de l'agriculture. *Cs.* 30 *Nov.*, 922; *Ap.* 12, *Déc.*, 837.

— Fumure des arbres fruitiers. *Ap.* 21 *Nov.*, 5 *Déc.*, 721, 793.

— Rôle du calcaire dans le mode d'emploi des. *Ap.* 21 *Nov.*, 741.

— Le fumier de tourbes. *Ag.* 7 *Déc.*, 997.

— Analyse du sol par les plantes (Lechartier). *Cr.* 9 *Déc.*, 866.

— Phosphates d'Algérie et de Tunisie. *Rs.* 23 *Nov.*, 7 *Déc.*, 652, 807.

— Emploi du nitrate de soude au domaine de l'Arba. *Ap.* 28 *Nov.*, 759.

Labourage électrique (Brutschke et Schimpf). *EE.* 23 *Nov.*, 367.

Légumes. Conservation en pleine terre en hiver (Heuzé). *Ap.* 28 *Nov.*, 7 *Déc.*, 732, 769, 799.

Lait. Écrémeuse à bras Garin. *Ag.* 30 *Nov.*, 848.

— Écrémage dans les petites exploitations. *Ag.* 7, *Déc.* 895.

Luzernes nouvelles pour sols pauvres. *Ag.* 23 *Nov.*, 808.

Pêche nouvelle. Variété. *Ag.* 7 *Déc.*, 894.

Plantation sur routes (les). *Ag.* 23 *Nov.*, 844.

Plantes et fourmis (Heim). *Rs.* 14 *Déc.*, 737.

Poirier (Chlorose du). *Ag.* 23, *Nov.*, 846.

Polders de Normandie. *Ap.* 21 *Nov.*, 723.

Vin. Les levures sélectionnées et le phosphate d'ammoniaque. *Ag.* 30 *Nov.*, 850.

— Décoloration des vins blancs provenant des cépages rouges (Croizel et Joué). *Pc.* 1er *Déc.* 509.

— Reconstitution des vignes de Champagne. *Ag.* 7 *Déc.*, 876.

— Les engrais et la durée de la vigne, *Ap.* 12 *Déc.* 848.

— Pressoirs. (Transmission des pressions dans les). *Ap.* 12 *Déc.*, 846.

CHEMINS DE FER

Alimentation. Augmentation du débit des grues alimentaires (Coda). *Ci.* 15 *Déc.*, 660, 665.

Ateliers de Midland à Derby. *E'.* 13 *Déc.* 584.

Chauffage pour voitures de chemins de fer et de tramways. *Rt.*, 10 *Déc.*, 531.

Chasse-neige rotatif Kurth. *Fi. Déc.* 477.

Chemins de fer. Canadian-Pacific (Reconstruction du). *E.* 29 *Nov.*, 627, 657, 13 *Déc.*, 721.

— des Galles du Sud. *E'* 29 *Nov.*, 528.

— de l'Inde. *E'.* 7 *Déc.*, 556.

— de l'Australie. *E'.* 7 *Déc.*, 562.

— de Sceaux (prolongement). *Rgc. Nov.*, 187. de l'État français, statistique pour 1892, 1893, 1894. *Rgc. Nov.*, 239.

— Métropolitain de Londres (Histoire du). *E'.* 7 *Déc.*, 546.

— Nouveaux aériens, *VDI.* 7 *Déc.*, 1453.

— Secondaires, *E.* 7 *Déc.*, 703; *E'.* 7 *Déc.*, 555

Dégrèvement de la grande vitesse et ses conséquences. *Ef.* 30 *Nov.*, 699.

Freins. Expériences de North Eastern. *E.* 13 *Déc.*, 743.

Locomotives. Avantage des chaudières surélevées. *Gc.* 23 *Nov.*, 49.

— à l'Exposition d'Anvers. 29 *Nov.*, 569.

— Express américains. *E.* 22 *Nov.*, 627.

— *Compound* du *London and N. W. Rgc. Nov.*, 250.

— Tender du suburbain de Glasgow. *E.* 7 *Déc.*, 714.

— *à voie étroite*. Chemins du Cap. *E'* 22 *Nov.*, 497.

— à crémaillère Peacock. *E.* 29 *Nov.*, 686.

— (Pistons de) en acier moulé. *Rgc. Nov.*, 252.

— Ramonage des tubes à la vapeur. *Rgc. Nov.*, 253.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pentes compensatrices (les). *E'.* 22 *Nov.*, 508.
Rails continus. *Ln.* 14 *Déc.*, 26.
Roues en fonte américaines (Fabrication des). *SuE.* 15 *Nov.*, 1050.
Services rapides aux Etats-Unis, *Rgc. Nov.*, 247.
Traverses métalliques Hayman. *E.* 29 *Nov.*, 686.
Voitures de 1re classe à compartiments conjugués du *P.-L.-M. Rgc. Nov.*, 237.
Wagon à trémie Héron. *Ri.* 23 *Nov.*, 464.

TRANSPORTS DIVERS

Électricité. *Traction électrique* (Dawson). *E.* 29 *Nov.*, 641, 660; 13 *Déc.*, 721.
— Souterraine (Bellet). *Rs.* 30 *Nov.*, 686.
— Baffard. *Gc.* 16 *Nov.*, 45.
— Locomotive du Baltimore-Ohio. *E'.* 7 *Déc.*, 549.
Chemins de fer de montagne. *Elé.* 14 *Déc.*, 374.
Tramways de Coventry et du district. *El.* 22 *Nov.*, 113, 6 *Déc.*, 689.
— de Hambourg. *E'* 29 *Nov.*, 537.
— de Fair Haven. *Gc.* 30 *Nov.*, 74.
— à conducteurs souterrains. *Rt.* 25 *Nov.*, 503 (Lavezzari); *Ic. Oct.*, 363; Burth. *Elé.* 7 *Déc.*, 357.
— avec distribution à 3 fils : contrôle des moteurs. *EE.* 23 *Nov.*, 372.
— Funiculaire de Stanserhorn. *Ln.* 30 *Nov.*, 420.
— à crémaillère du Monte Salvatore. *Elé.* 30 *Nov.*, 337.
— à l'électricité et par les autres systèmes à Paris (Barbet). *Gc.* 7 *Déc.*, 84.
— (Statistique des). *Gc.* 30 *Nov.*, 79.
— Arrêt des dynamos. *El.* 13 *Déc.*, 289.
— à accumulateurs : récupération (Sartia). *Ie.* 10 *Déc.*, 321.
— Suppression des phénomènes d'induction dus aux). *Elé.* 14 *Déc.* 372.
— (Progrès des). *EE.* 7 *Déc.* 466.
— Retour par les rails. *EE.* 7 *Déc.* 464.
Locomotives routières Compound Marschall. *E.* 13. *Déc.*, 731.
— Burrell. *E'.* 13 *Déc.*, 579.
Postal pneumatique de Philadelphie. *E.* 29, *Nov.*, 662.
Tramways de Saint-Germain à Poissy. Locomotive sans foyer. *Rt.* 25 *Nov.*, 524.
— à moteurs à gaz (Barbet) *Gc.* 14 *Déc.*, 97.
— (Traction mécanique des) (Pélissier). *EE.* 7 *Déc.*, 447.
Transports en commun et circulation à Londres. *Gc.* 30 *Nov.* 68.
Tricycle à pétrole de Dion et Bouton. *Gc.* 30 *Nov.*, 78.
Vélocipédie. Frein automatique Jubel. *Bam. Nov.*, 977.
— Chaîne Humber. *E'.* 29 *Nov.*, 528.
— Sans chaine Deschamps. *Si.* 7 *Déc.* 12.
Voitures automobiles américaines. *E'.* 22 *Nov.*, 495.
— (les) Cunynghame. *SA.* 29 *Nov.*, 23, 13 *Déc.*, 55.

CHIMIE ET PHYSIQUE

Acide *sulfurique* fumant (l')(Hell). *ScP.* 20 *Nov.*, 1272.
— étendue, propriétés électro-capillaires (Gouy). *CR.* 25 *Nov.*, 765.
— oxalique et chlorure ferrique; action chimique de la lumière pour leur décomposition mutuelle (Lemoine). *Acp. Déc.*, 433.
— tartrique et tartrates alcalins : réactions des. *CR.* 25 *Nov.*, 174.
— borique ; dispersion dans la nature (Jay). *CR.* 9 *Déc.*, 896.
— lactique; application à l'analyse électrolytique et à la galvanoplastie (Granger). *Ms. Déc.*, 842.
Alcool. Action sur l'iodure mercureux (M. François). *CR.* 9 *Déc.*, 888.
— Rectificateur Saint-Martin. *Ci.* 8 *Déc.*, 654.
Analyse. Dosage volumétrique du nickel (Lecœuvre). *ScP.* 20 *Nov.*, 1011.
— Quantitative de la galène (Jannash). *ScP.* 20 *Nov.*, 1273.
Antitoxines (les). Charrin. *Pc.* 1er *Déc.*, 481.
Argon (Nasini). *CN.* 22 *Nov.*, 247. Charpy. *Rgds.* 30 *Nov.*, 1017. et hélium dans les gaz des eaux sulfureuses (Troost et Ouvrard). *CR.* 2 *Déc.*, 198. Présence dans une source d'azote naturelle (Moureau). *CR.* 2 *Déc.*, 819. Séparation de l'azote atmosphérique (Limb). *CR.* 9 *Déc.*, 887.
Brasserie. Purification et utilisation des eaux de. *Zol*, 22 *Nov.*, 563.
Cadmium. Dosage du. (Muspratt). *Ms. Déc.*, 846.
Chaleurs spécifiques. Variations du rapport des.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Acide carbonique (Amagat). *CR.* 9 *Déc.*, 863.

Chaux et ciments. Les briques réfractaires de Dinas. *SuE.* 1er *Déc.*, 1084.

— Dosage de l'oxyde de calcium dans la chaux vive (Stone). *Ms. Déc.*, 844.

— Fours à chaux Deighton. *Cs.* 30 *Nov.*, 956.

— Ciment de Portland mélangé. *Ri.* 14 *Déc.*, 498.

Chloroforme. Moyen d'éviter sa décomposition à l'aide du soufre (Allain). *ScP.*, 5 *Déc.* 1068.

Chlorures métallifères. Action de l'oxyde nitrique sur les (Thomas). *ScP.* 20 *Nov.*, 1009.

Chocolat. Composition des cacaos du commerce. *Pc.* 1er *Déc.*, 515-516.

Chrome. Amalgame du — et propriétés du chrome métallique (Féru). *CR.* 2 *Déc.*, 822.

Combustion spontanée des huiles répandues sur le coton (Mackey). *Cs.* 30 *Nov.*, 940.

Conductibilité thermique du marbre et de l'ardoise (Peirce et Willson). *American Journal of Science. Déc.*, 435.

Cyanures. Brevets divers. *Cs.* 30 *Nov.*, 967.

— Analyse technique des dissolutions des (Bettel). *CN.* 13 *Déc.*, 286.

Distillerie de pommes de terre. *Ac. Déc.*, 182.

Eau oxygénée. Nouveaux réactifs (Ilosvay). *ScP.* 5 *Nov.*, 1351.

Éclairage. Lampe à alcool Engelfred. *Lu.* 7 *Déc.*, 4.

Éclairage au gaz, bec Denayrouse. *E.* 22 *Nov.*, 651.

— Hempel. *E.* 29 *Nov.*, 685.

— Incandescence par le gaz. *Rt.* 10 *Déc.*, 334. Brûleurs atomiseurs Bandsept. *Bam. Déc.*, 1105.

— Gazomètres Livesay. *E*, 7 *Déc.*, 717. Sans colonnes Ashmore. *E.* 7 *Déc.*, 547. Télescopique à 3 levées de Glasgow. *Ac. Déc.*, 178.

— Cornue ondulée Teissier et Nègre. *Bam. Nov.*, 1050.

— Gazogène Lewes. *Cs.* 30 *Nov.*, 955.

— Scrubber Slocum. *Cs.* 30 *Nov.*, 957.

— *Acétylène*. Production par l'électricité (D. Korda). *Ri.* 30 *Nov.*, 474.

— — Toxicité (Brogmer). *CR.* 25 *Nov.*, 773. (Grehant). *PC.* 15 *Déc.*, 551.

— — Lampe Trouvé. *Ln.* 7 *Déc.*, 1.

— — Fabrication et emploi (Lupke). *Cs.* 30 *Nov.*, 951.

Eliasite. Gaz tiré de l'. (N. Lockyer). *CN.* 13 *Déc.*, 283.

Explosifs. Poudre sans fumée pour la marine américaine. *E'.* 30 *Nov.*, 527.

— Explosion de dynamite à Clèves en 1895. *Bulletin de la Société d'Encouragement de Berlin, Nov.*, 198.

Extracteur de Koninck. *Ri.* 13 *Déc.*, 495.

Ferments solubles dans l'alcool (Dastre). *CR.* 9 *Déc.*, 899.

Gaz à l'eau Glasgow. *Cs.* 20 *Nov.*, 956.

Gélatine. Liquéfaction de la (Dastre) *Pc.* 1er *Déc.*, 513.

Hélium. Poids atomique (Langlet). *CN.* 29 *Nov.*, 259. Classification (Wilde). *CN.* 13 *Déc.*, 291.

Industrie chimique (l') pendant un quart de siècle. Davis. *Cs.* 30 *Nov.*, 929.

Optique. Jumelle pliable Beck. *E'.* 22 *Nov.* 511.

— Mesure précise des longueurs d'onde (Michelson). *Ln.* 30 *Nov.*, 427.

— Relation entre l'intensité de la lumière et la décomposition chimique qu'elle produit. (Lemoine). *CR.* 2 *Déc.* 817.

— Anaglypes (les), (Walch). *Fi Déc.*, 401.

— Photographie des ondes stationnaires lumineuses (Izarn). *CR.* 9 *Déc.*, 884.

Ozone. Spectre de (Schine). *ScP.* 20 *Nov.*, 1268.

Papier-cuir du Japon. *Cs.* 30 *Nov.*, 983.

Peintures murales à silicates solubles et oxydes métalliques (R. Austen). *Ln.* 6 *Déc.*, 37.

Pélagéine. Préparation (Griffiths et Platt). *Pc.* 1er *Déc*, 496.

Perchlorates. Détermination quantitative (Kreidner). *CN.* 29 *Nov.*, 251-261.

Pétroles. Composition du kérosène russe (Anklyn). *ScP.* 20 *Nov.*, 1642, des pétroles sulfurés américains. *Cs.* 30 *Nov.*, 958.

— Brûleurs Homan Barthel. *Cs.* 30 *Nov.*, 955-957.

— Industrie du naphte de Bakou en 1894. *Ri.* 14 *Déc.*, 497.

Phénol. Action sur l'iodure mercureux (François). *CR.* 25 *Nov.*, 758.

Phosphates et superphosphates. État de l'industrie des. en France (Sorel). *Rgds.* 15 *Déc.*, 1038.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Phosphore rouge. Action de l'hydrogène. *ScP.* 20 *Nov.*, 1272.

Poids moléculaires. Nouveau système de détermination, méthode ébullioscopique. *ScP.* 20 *Nov.*, 1249.

Séchoir à air chaud Cronier. *Ri.* 23 *Nov.*, 465.

Soude. Fabrication électrolytique Castner et Kellner. *Eam.* 23 *Nov.*, 489.

Spectroscopie. Recherche de. (Stas). *CN.* 29 *Nov.*, 248-259. 6-17 *Déc.*, 274-284.

Sucrerie. Accumulation du sucre dans les racines de betteraves. *CR.* 2 *Déc.*, 834.

— Analyse des cendres des matières sucrées (Wiechmann). *Ms. Déc.*, 849.

— Coloration grise du sucre brut. (Herrfeld.)*Cs.* 30 *Nov.*, 377.

— Action du pneumocoque Friedländer sur les sucres (Grumbert). *Pc.* 15 *Déc.*, 529.

Tannerie. Dosage du sucre dans les matières tannantes. *Ms. Déc.*, 827. Le Catéchu. *Cs.* 30 *Nov.*, 961.

Teinturerie. Revue des matières colorantes nouvelles (Reverdin). *Ms. Déc.*, 823.

— Bleu indigo, procédé Bayer. *Cs.* 30 *Nov.*, 963.

— Noirs, fabrication Bayer. *Cs.* 30 *Nov.*, 963.

— Synthèse de la parafuchsine et de ses dérivés. (Prudhomme). *CR.* 9 *Déc.* 891.

— Fixation des acides tannique et gallique par la soie (Vignon). *CR. Déc.*, 916.

— Couleurs azoïques, lois de formation. Vaubel. *Cs.* 30 *Nov.*, 960.

— Détermination des couleurs artificielles sur les tissus. *Cs.* 30 *Nov.*, 990.

Tensions de vapeur des mélanges volatils (Linebarger). *CN.* 29 *Nov.*, 250-263.

— *Superficielles* et formes cristallines (Brillonin). *Acp. Déc.*, 575.

Théorie Cosmogénique Duponchel. *Rs.* 23 *Nov.*, 645.

Thermodynamique. L'entropie. (Mouret). *Rgds.* 30 *Nov.*. 1001.

Uranite. Nouveau gaz de l'. (N. Lockyer.) *CN.* 6 *Déc.*, 271.

Verre. Glaceries de Jeumont. *Si.* 30 *Nov.*, 421.

COMMERCE ET ÉCONOMIE POLITIQUE

Agraire (La question) en Angleterre. *Rso.* 1er *Déc.*, 824.

Alcoolisme (Lutte contre l'). *Rso.* 1er *Déc.*, 843.

Coopération (la) au dernier congrès international. *Ef.* 23 *Nov.*, 667.

Détermination des prix (Théorie de la) (Robin). *Co.* 7 *Déc.*, 18.

Économie sociale à l'Exposition de Bordeaux. *Ef.* 30 *Nov.*, 705.

États-Unis (Mouvement commercial entre les) et les différents peuples. *Ef.* 23 *Nov.*, 674.

Grèves de la Clyde. *E.* 7 *Déc.*, 707; *E'.* 7 *Déc.*, 535, 559.

— aux États-Unis. *Ef.* 7 *Déc.*, 739.

Habitations ouvrières à Inspruck. *Rso.* 1er *Déc.*, 824.

Impôt progressif successoral. *Ef.* 23 *Nov.*, 665.

Inde anglaise. Situation économique. *SL. Nov.*, 547.

Mutualité. Congrès de Saint-Étienne. *Ef.* 7 *Déc.*, 736.

Or. Rôle commercial et industriel (Le Verrier). *Gc.* 7 *Déc.*, 88.

Russie. Au point de vue commercial (de Lignerolles). *Bulletin de la Société industrielle d'Amiens. Juillet*, 205.

— Commerce extérieur en 1894. *SL. Nov.*, 539.

Socialisme d'État à la Nouvelle-Zélande. *Ef.* 23 *Nov.*, 669.

Syndicats (Réformes urgentes de la loi des). *Ef.* 14 *Déc.*, 765.

Ville de Paris. Emprunts depuis 1851. *SL. Nov.*, 504.

CONSTRUCTIONS ET TRAVAUX PUBLICS

Charpentes en bois (Résistance des). *E'.* 29 *Nov.*, 536.

Maçonneries en souterrains. Assainissement. *Bam.* 20 *Nov.*, 1035.

— Massifs de (Stabilité des). *Gc.* 16 *Nov.*, 40.

Palais d'hiver du Jardin d'Acclimatation. *Gc.* 30 *Nov.*, 65.

Pilones (Calcul des). *DOI.* 29 *Nov.*, 574; 6 *Déc.*, 584.

Planches en voussoirs creux de ciment et de plâtre. *Bam.* 20 *Nov.*, 1044.

Ponts de campagne hollandais. *Revue du Génie militaire. Nov.*, 432.

— Reconstruction du pont Ely sur l'Ouse. *E.* 7 *Déc.*, 696.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

— de Derschau. *E'.* 7 *Déc.*, 551.
— à relèvement de Halsted St (Chicago) *Gc.* 7 *Déc.*, 81.
— du chemin de fer de l'Est, sur le canal Saint-Denis. *Bam. Déc.*, 1018.
Résistance des poutres droites à travées solidaires sur appuis élastiques (C. Toulon). *CR.* 9 *Déc.*, 872.
Résolution graphique des problèmes de flexion (Anspach). *Ru. Oct.*, 53.
Roues Ferris (Tensions dans les). *E'.* 29 *Nov.* 527.
Toitures diverses. Couverture. *Dp.* 7 *Déc.*, 203.
Tunnel du Simplon. *E.* 7 *Déc.*, 692.
Voûtes en matériaux divers (Essais de). *Rt.* 10 *Déc.*, 535.
— en béton (résistance des). Essais de l'Association des ingénieurs autrichiens. *Gc.* 14 *Déc.*, 106.

ÉLECTRICITÉ

Accumulateurs. Manœuvre à distance des réducteurs. *Elé.* 23 *Nov.*, 321.
— Brown. *E.* 29 *Nov.*, 685; Epstein. *EE.* 7 *Déc.*, 463.
— à navettes Blot. *Ie.* 25 *Nov.*, 500.
— Utilisation comme résistances économiques. *Elé.* 30 *Nov.*, 341.
Charges électriques dans les gaz (Recherches de M. Lehmann). *EE.* 1er *Déc.*, 361.
Commutateur Dingle. *E.* 29 *Nov.*, 685.
Conducteurs concentriques (les) (Mavor). *El.* 29 *Nov.*, 161.
— Calculs des (Keller). *Fi. Déc.*, 455.
Conductibilité électrique et thermique des alliages (Aubel et Paillot). *EE.* 23 *Nov.*, 379.
Décharges électriques dans les gaz (Lehmann). *EE.* 7 *Déc.*, 458.
Dynamo Ferranti de 1250 chevaux. *E'.* 22 *Nov.*, 502.
— à courants triphasés. Applications et avantages. *Pm. Déc.*, 185.
— Essais des (Girault). *Ie.* 25 *Nov.*, 498.
— Variations du flux dans les (Hanappe). *EE.* 7 *Déc.*, 434.
— *Moteur* Sayer. *E.* 22 *Nov.*, 635. (Rôle des fuites dans les) à champs tournants (Blondel). *EE.* 7 *Déc.*, 442.
Éclairage au gaz et à l'électricité, prix comparés (Trotter). *El.* 6 *Déc.*, 197.
— *à l'arc* sous-potentiel constant. *EE.* 23 *Nov.*, 368.
— L'arc électrique Ayrton. *El.* 13 *Déc.*, 225.
— (Lampes Klostermann). *Elé.* 7 *Déc.*, 353; Richardson, *E.* 13 *Déc.*, 746; Jandus, *Elé.* 14 *Déc.*, 369.
— Arc à courants alternatifs. Recherches sur l' (Gorges). *El.* 13 *Déc.*, 230.
— *Incandescence.* Comparaison des principales lampes. *Ie.* 25 *Nov.*, 508.
— *éthérique* Moore. *Elé.* 7 *Déc.*, 354.
Électrolyse des sels fondus. Élé. 23 *Nov.*, 328.
Gramophone (le) (Berliner). *Fi. Déc.*, 419.
Histérésis du fer dans un champ magnétique (Baily). *El.* 22 *Nov.*, 116.
Mesures. Potentiomètre Crompton. *El.* 29 *Nov.*, 158; 7 *Déc.*, 192.
— Appareil Ayrton et Malher pour essai des champs magnétiques. *Elé.* 30 *Nov.*, 343.
— Wattmètre pour courants alternatifs Perry. *Ie.* 25 *Nov.*, 499.
— Propriétés électro-capillaires de l'acide sulfurique étendu (Gouy). *CR.* 25 *Nov.*, 765.
— Unités électriques et magnétiques (Perrin). *EE.* 23 *Nov.*, 355.
Oscillations électriques dans les expériences de Tesla. *EE.* 7 *Déc.*, 476.
Protecteur Siemens et Halske. *EE.* 7 *Déc.*, 462.
Soudure électrique (la) Scott-Anderson. *E.* 29 *Nov.*, 664; *SuE.* 1er *Déc.*, 1089.
Sonnerie Richer. *Elé.* 7 *Déc.*, 355.
Stations centrales. Saint-Victor-sur-Loire. *Ri.* 23 *Nov.*, 462.
— hydro-électriques. *E.* 29 *Nov.*, 655; 13 *Déc.*, 719.
— Niagara. *Ln.* 30 *Nov.*, 424.
— Distribution de l'électricité à Paris (Laffargue). *Si.e. Nov.*, 403; *Ln.* 7 *Déc.*, 5.
— Meilleur mode d'utilisation (Rasch). *Ie.* 10 *Déc.*, 530.
Télégraphie des dessins Lowd. *Ln.* 14 *Déc.*, 26.
— (Avenir de la). *Fi. Déc.*, 472.
Téléphone Marr. *E.* 29 *Nov.*, 685.
— Higgins. *EE.* 7 *Déc.*, 463.
Théorie électromagnétique Heaviside. *El.* 22 *Nov.*, 111.
Transformateur. Marche avec courants alternatifs de différentes périodes (Rois-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sler). *El.* 22 *Nov.*, 125; 6-13 *Déc.*, 184, 219.

Trempe électrique des plaques de blindage cémentées. *El.* 22 *Nov.*, 119. Des fils métalliques (Holland) *EE.* 7 *Déc.*, 463.

GÉOGRAPHIE

Australie. Ef. 7 *Déc* , 733.

États-Unis. Statistique générale. *Rs.* 7 *Déc.*, 729.

Guinée française et Sierra Leone. *Sgc.* 15 *Nov.*, 938.

Johannisberg. Sgc. 15 *Nov.*, 970.

Madagascar. Sgc. 15 *Nov.*, 897.

De la *Sanga* à la *Ouom* (Cloz l). *Sgc.* 15 *Nov.*, 917.

Transvaal. Sgc. 15 *Nov.*, 972.

GUERRE

Artillerie. Canons en acier Maxim. *Ri.* 23 *Nov.*, 467.

— Mitrailleuse Maxim. *E.* 22 *Nov.*, 651.

— Tourelles électriques Canet. *E.* 7 *Déc.*, 690.

— Trajectoire de 20 kilomètres. *Rc.* 25 *Nov.*, 523.

Fortification provisoire et improvisée. *Revue du génie militaire. Nov.*, 394.

Forts détachés et retranchements Vallernaud. *Revue du génie militaire. Nov.*, 377.

HYDRAULIQUE

Barrages de la Saône : étanchement par les cendres d'usine. *APC. Sept.*, 361.

Compteur d'eau Schæneyder. *Rt.* 10 *Déc.*, 537.

Digue de Bouzey, rapport de la commission. *Gc.* 23 *Nov.*, 7 *Déc.*, 57, 90; *Rt.* 25 *Nov.*, 518; *Rs.* 14 *Déc.*, 763.

Distributions d'eau de Leicester. *E'.* 29 *Nov.*, 534.

— Américaines. *Rc.* 14 *Déc.*, 497.

Hydro-électriques. (Installations). *E.* 29 *Nov.*, 655; 13 *Déc.*, 719.

Pompes à vapeur Moore. *Rt.* 10 *Déc.*, 551.

— Chauffées au pétrole. *E'.* 13 *Déc.*, 597.

Turbines (Théorie des). *Dp.* 22 *Nov.*, 180; 7 *Déc.*, 210.

HYGIÈNE

Assainissement de Berlin. APC. Sept., 257.

Bains publics à Budapesth. *Ln.* 5 *Déc.*, 7.

Eaux des rivières. Stérilisation Allain. *Ri.* 30 *Nov.*, 475.

Égouts. Siphon de la Concorde. *Rt.* 10 *Déc.*, 539.

— Filtration des eaux (Dibbin). *Cs.* 30 *Nov.*, 915.

Gadoues. Destruction par le feu (Poetsche). *Ac. Déc.*, 186.

MARINE, NAVIGATION

Amérique. Navigation des grands lacs. *Gc.* 23 *Nov.*, 52.

Ancre Downie. *E.* 29 *Nov.*, 686.

Cargoboats à deux hélices de la Cie Cunard. *Gc.* 14 *Déc.*, 101.

Canal de Corinthe. *E.* 29 *Nov.*, 659.

— de Manchester : collision contre une écluse. *E'.* 29 *Nov.*, 526.

Hélices Parsons. *E.* 22 *Nov.*, 651. Composée. *Ci.* 17 *Nov.*, 619. Armstrong et Vogelsang. *E.* 7 *Déc.* 718.

— (Arbre d'). Morison. *E.* 22 *Nov.*, 651.

Machines marines. Installation dans les navires à hélice. *E'.* 29 *Nov.*, 522; 7 *Déc.*, 543.

Marine de guerre. Lutte entre la cuirasse et le canon; état actuel. *Gc.* 16 *Nov.*, 37.

— Alimentation de charbon pour la flotte anglaise. *E'.* 29 *Nov.*, 531.

— Attache des plaques harveyées. *E'.* 29 *Nov.*, 529.

— Croiseurs américains *New-York* et *Colombia. VDI.* 23 *Nov.*, 1398; *Minneapolis. E.* 13 *Déc.*, 728.

— Bateau sous-marin le *Goubet. Rt.* 25 *Nov.*, 515; *Si.* 7 *Déc.*, 7.

— Navires à faible tirant d'eau pour la marine russe. *E.* 13 *Déc.*, 729.

— Torpilleur le *Forban. Ri.* 7 *Déc.*, 484.

— Contre-torpilleurs *Rocket, Shark* et *Surly. E.* 22 *Nov.*, 629; *Lightning* après une collision. *E.* 7 *Déc.*, 699.

— Cuirassé russe *Rurick. E'.* 29 *Nov.*, 521.

— Influence des canons rapides sur la puissance des navires. *E'.* 29 *Nov.*, 519.

Navigation fluviale. Steamers à faible tirant d'eau employés aux Indes. *Gc.* 7 *Déc.*, 86.

Phares. Perfectionnements récents. *N.* 21 *Nov.*, 56.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

— de la Gironde. *Gc.* 16 *Nov.*, 33.
— Bouées électriques. *Rt.* 25 *Nov.*, 512.
Ports de commerce. Outillage. *Bam. Nov.*, 993.
— de Plymouth. *E.* 7 *Déc.*, 704.
— de Dunkerque. *Ef.* 14 *Nov.*, 766.
Sondage. Appareils de *Dp.* 13 *Déc.* 241.

MÉCANIQUE

Accouplement à friction Brooke. *Rc.* 14 *Déc.*, 493.
Arbre flexible à billes Marotte. *Ri.* 16 *Nov.*, 456.
Ateliers de la Thames Ironworks and Shipbuilding C°. *E'.* 13 *Déc.*, 507.
— du Midland. *Rg.* Derby. *E'.* 13 *Déc.*, 581.
Butée à galets Fanning. *E.* 13 *Déc.*, 751.
Chaudières (Dépenses des). *VDI.* 14 *Déc.*, 1483.
— courtes (résistance des). *E.* 29 *Nov.*, 672, 678.
— tubulaires Prégardien. *Ri.* 30 *Nov.*, 474.
— *tubulées* à la mer. *E.* 22, 29 *Nov.*, 643, 674; 7, 13 *Déc.*, 708, 740. Dans la marine française (Robinson) *E.* 29 *Nov.*, 682; 13 *Déc.*, 749. Mac Gregor. *E.* 22 *Nov.* 652; Haythorn. *E.* 29 *Nov.*, 680; Des Vignes. *E'.* 7 *Déc.*, 553.
— Verticale Johnston. *E.* 22 *Nov.*, 652.
— Explosion de Keal. *E.* 13 *Nov.*, 744.
— Corrosions par matières organiques. *Bam. Nov.*, 1013.
— Purgeur automatique Shaeffer Budenberg. *Ri.* 23 *Nov.*, 466.
— Extracteur de graisse. *Gc.* 23 *Nov.*, 57.
— Arrêt automatique pour conduite de vapeur Grossmann. *Ri.* 16 *Nov.*, 456.
— Manomètre à indications continues Edson. *E.* 22 *Nov.*, 647.
— Explosion de Redcar. *E.* 7 *Déc.*, 715.
— *Foyers*. Tirage forcé (Roney). *Ri.* 23 *Nov.*, 469; au gaz de hauts fourneaux. *E'.* 29 *Nov.*, 532; à poussier de charbon. *VDI.* 16 *Nov.*, 1379; au pétrole. *El.* 6 *Déc.*, 181.
— Grille à eau Graf. *E'.* 7 *Déc.* 553; à air Kudlitz. *Rt.* 20 *Déc.*, 537.
— Alimentateur réchauffeur Mossman. *E.* 22 *Nov.*, 652; pompe alimentaire Marsh. *E.* 13 *Déc.*, 746.
Débrayage Byrne. *Ci.* 1er *Déc.*, 644.
Drague Brown. *E.* 22 *Nov.*, 652; à suçoir Smit. *E.* 29 *Nov.*, 662.
Écrou Surplice. *E.* 22 *Nov.*, 652.
Froid. Machine frigorifique actionnée électriquement. *Ri.* 23 *Nov.*, 463.
— — à acide carbonique. *E.* 7 *Déc.*, 712.
— — résistance de la glace (Vedel). *Fi. Déc.*, 437.
Imprimerie. Machines à composer. *Dp.* 22 *Nov.*, 169, 253; 1er, 6, 13 *Déc.*, 193, 218; Américaines, *VDI.* 30 *Nov.*, 1435; 7 *Déc.*, 1461.
Levage. Ascenseurs Otis. *E'.* 22 *Nov.*, 498.
— — électriques (Hospitalier). *Ie.* 25 *Nov.*, 497.
— Cabestan réversible Sheppard. *E.* 13 *Déc.*, 730; Grue roulante de 40 tonnes, Arsenal de Mare Island *Gc.* 14 *Déc.*, 110.
— Transporteurs de rails Svenson. *SuE.* 1 *Déc.*, 1088; Guyenet. *Rgc. Nov.*, 248.
— — Barnwell. *E.* 7 *Déc.*, 718; Temperley. *Ri.* 7 *Déc.*, 482.
— Palan Alldays. *E.* 7 *Déc.*, 717; Létang. *Gc.* 7 *Déc.*, 89.
Machines-outils diverses. *VDI.* 14 *Déc.*, 1498.
— Perceuse électrique à main Cadiot. *Ri.* 23 *Nov.*, 463.
— Outillage des Américains (Kreutzberger). *Ci.* 15 *Déc.*, 666.
— A faire les tubes Erhardt. *Eam.* 16 *Nov.*, 463. Herse, 15 *Nov.*, 1064. Faulkner. *E.* 7 *Déc.*, 717.
— — les boîtes à graisse Fox, *E.* 7 *Déc.*, 718.
— Pour bicyclettes. *Rt.* 10 *Déc.*, 530.
— Cintreuses pour tôles. *VDI.* 16 *Nov.*, 1374.
— A plier les tôles à chaud. *Pm. Déc.*, 178.
— Compas-calibre. *Ci.* 1 *Déc.*, 641.
— *Fraiseuses* pour éprouvettes Ward. *E.* 13 *Déc.*, 731. Diverses. *VDI.* 14 *Déc.*, 1498.
— Scies à métaux Hurè. *Rt.* 10 *Déc.*, 544.
— *Affuteuses* pour scies Slagelse. *Rt.* 25 *Nov.*, 520. Monninger. *Ri.* 14 *Dec.*, 495. Universelle Kreutzberger. *Ri.* 16 *Nov.*, 453.
— Perceuse radiale Shanks. *E.* 29 *Nov.*, 653. Multiple Herbert. *E'.* 29 *Nov.*, 527. Électrique. *Gc.* 7 *Déc.*, 93.
— Poinçonneuse étampeuse Rourke. *E.* 22 *Nov.*, 651. Et cisailles. *Dp.* 15, 22 *Nov.*, 145, 177.
— Presses à emboutir. *Dp.* 6, 13 *Déc.*, 231, 248. A forger. *SuE.* 15 *Déc.*, 1143.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

— *Tour* à dégager les fraises de Reineker. *Ri.* 30 *Nov.*, 473. à trois pointes. *VDI.* 16 *Nov.*, 1375. Multiple à façonner Wagner. *Ri.* 7 *Déc.*, 481.
— Taraudeuse Coes. *Gc.* 16 *Nov.*, 45.

Meunerie. Usine de la Société la Graineterie française à Madagascar. *Bulletin de la Société industrielle d'Amiens. Mac.* 181.
— Bluteur Henrici. *E.* 7 *Déc.*, 718.

Moteurs à vapeur. divers. *Dp.* 15, 22 *Nov.*, 150, 175, 6, 13 *Déc.*, 227, 245.
— A l'exposition de Strasbourg. *VDI.* 30 *Nov.*, 1425.
— Travaux de l'Association des propriétaires d'appareils à vapeur de la Somme. *Bulletin de la Société industrielle d'Amiens. Juillet.*, 236.
— Chute de détente au condenseur et au réservoir intermédiaire des machines Compound. *E.* 6 *Déc.*, 687.
— Pertes de chaleur dans les (Kent). *Fi. Déc.*, 406.
— Compound grande vitesse Peache. *E'.* 7 *Déc.*, 550.
— Inexplosible Raffard. *CiV. Déc.*, 650.
— Turbine Laval, dépense de vapeur (Compère). *IC. Oct.*, 351.
— Accidents en 1894. *Am. Nov.*, 544.
— Frottements internes des. *E'.* 22 *Nov.*, 507.
— *Régulateurs* direct Robinson. *E'.* 13 *Déc.*, 600. Stein. *VDI.* 7 *Déc.*, 1469. Théorie des (Tolle). *VDI.* 14 *Déc.*, 1492.
— Volant en fer Bollinckx. *Ri.* 23 *Nov.*, 461.
— Stuffing-box métallique Dinas. *E.* 22 *Nov.*, 652. Morison. *E.* 13 *Déc.*, 752; du Midland. *Rg. E'.* 13 *Déc.*, 593.
— **et à air chaud** Field. *IC. Oct.*, 392.
— **à gaz** (les). *El.* 29 *Nov.*, 145. 13 *Déc.*, 213.
— — Otto. Théorie graphique (Ancona). *Bulletin de la Société d'encouragement de Berlin. Nov.*, 213.
Pour distribution de force motrice (Korting). *Ru. Oct.*, 86.
— *à pétrole* Kone Pennington. *E.* 29 *Nov.*, 673, 676.
Gerhart et Oehme. *Pm. Déc.*, 178.

Moulin à vent, Avant-projet d'un, *Ap.* 12 *Déc.*, 850.

Paliers à circulation Mower. *E.* 13 *Déc.*, 751.
Polysius. *Dp.* 13 *Déc.*, 254.

Planimètre Hachette. Revue du génie militaire. Nov., 446.

Résistance et essais des matériaux. VDI. 14 *Déc.* 1481.

Textiles. Métier à tisser Nortrup. *Rt.* 25 *Nov.*, 525.
— Métier Hofmann. *Industria.* 1 *Déc.*, 756.
— Jute indien. (Expériences sur le). *Cs.* 30 *Nov.*, 964.
— Tourbe (fibres de). Cannot. *Cs.* 30 *Nov.*, 964.
— Tissus imperméables Frankestein, *Cs.* 30 *Nov.*, 964.

Transmission à vitesses variables par frottement Watkins. *E.* 22 *Nov.*, 647.

Tuyauterie. Soupape robinet. Abbott. *E.* 29 *Nov.*, 686.
— Vanne Fletcher. *E.* 13 *Déc.*, 752.
— Vinsonneau. *Ri.* 14 *Déc.*, 495; *Bam. Nov.*, 1008.
— Tuyau métallique flexible Levasseur. *Si.* 7 *Déc.*, 10.
— Joints Brotherton. *E.* 13 *Déc.*, 752.

MÉTALLURGIE

Alliages. Classification (Nouvelle). *Rs.* 23 *Nov.*, 663.
— Conductibilités électriques et thermiques (Aubel et Paillot). *EE.* 23 *Nov.*, 379.
— Le pyro-bronze. *E'.* 7 *Déc.*, 545.

Aluminium (Électro-métallurgie de l'). *EE.* 23 *Nov.*, 337.
— Présence du sodium dans l'aluminium préparé par électrolyse (Moissan). *CR.* 2 *Déc.*, 794.

Argent. Utilisation des acides employés dans le raffinage de l'argent et de l'or (Enequist). *Co.* 30 *Nov.*, 947.

Creuset Piat. SuE. 15 *Nov.*, 1063.

Cuivre (Oxyde de fer magnétique dans les mattes de). *Eam.* 16 *Nov.*, 465.
— Four de grillage Brown. *E.* 29 *Nov.*, 665.

Fer et acier. Propriétés physiques (Arnold). *E.* 13 *Déc.*, 745.
— Dilatation, recuit et soudure (Wrigston). *E.* 13 *déc.*, 745.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

— Analyse des fers et des aciers. *SuE.* 15 *Nov.*, 1040.
— Statistique des hauts fourneaux. *SuE.* 15 *Nov.*, 1048.
— *Fonderie moderne* (la). *E.* 22, 29 *Nov.*, 625, 653.
— Progrès de la fabrication de la fonte en Allemagne. *Im.*, vol. IX, 457.
— Forges d'Allevard, *Bulletin de la Société d'Encouragement de Berlin. Nov.*, 339.
— Travail des lingots à la presse. *SuE.* 5 *Déc.* 1143.
— Utilisation des laitiers. *Eam.* 23 *Nov.*, 490.
— *Plaques de blindage.* Fabrication (Demenge). *Rt.* 25 *Nov.*, 509. Recuit partiel électrique. *Gc.* 7 *Déc.*, 92.
— Trempe et recuit électrique des fils métalliques (Holland). *EE.* 7 *Déc.*, 463.
— Analyse des fontes et des aciers (A. Carnot). *Am. Nov.*, 481.
— Relation entre la température et le grain de l'acier (Sauveur et Howe). *Eam.* 7 *Déc.*, 537.
— Aciers propres à la construction des machines. Conditions de recette (Auscher). *Am. Nov.*, 564.
— Carbures de fer (les) (Garrison). *Fi. Déc.*, 464.
— Industrie des aciers en Suède, 1894. *E'.* 22 *Nov.*, 496.
— Pince à lingots Williamson. *E.* 29 *Nov.*, 686.

Galvanisation. Procédé Davis. *E.* 29 *Nov.*, 685.

Manganèse. Réduction au haut fourneau (F. Buttgenbach. *Ru. Oct.*, 53.

Métallurgie. Situation en Europe. *Cf.* 30 *Nov.*, 703.

Nickel. Procédé Mond. *Eam.* 16 *Nov.*, 464; *Cs.* 30 *Nov.*, 945.

Or. Concentration des sulfures en Californie. *Eam.* 9, 16 *Nov.*, 441-466.
— Cyanuration Siemens et Halske. *Rt.* 25 *Nov.*, 508.
— Broyage à sec et cyanuration directe des minerais du Witwatersrand. *Gc.* 14 *Déc.*, 102.
— Électrodéposition au Transvaal (Andreoli). *Elé.* 30 *Nov.*, 345.
— Chimie de la cyanuration (Schneifler). *Eam.* 23 *Nov.*, 489.
— Nouveau procédé pour l'extraction de l'or des tailings (Wilde), *Oct.*, 1.

MINES

Accidents. Responsabilité des patrons de mines. *Im.*, vol. IX, 449.

Argent. Mines d'Oruro (Bolivie). *Eam.* 9 *Nov.*, 440.

Broyeur hydraulique pour quartz Murall. *Eam.* 20 *Nov.*, 517.

Coups de mine. Nouveau procédé d'allumage. *Rt.* 10 *Déc.*, 543; fusées amorces Pettinger et Morris. *EE.* 7 *Déc.*, 463.

Électricité. Emploi dans les mines allemandes (Daaltz). *Ru. Oct.*, 74.

Emploi de la congélation pour les travaux dans les terrains aquifères (Schmidt). *Im.*, vol. IX, 273.

Explosifs. Règlement allemand sur leur emploi dans les mines. *Im.*, vol. IX, 480.

Grisou. Approximation donnée par le grisoumètre à fil de platine dans le dosage du formène (Coquillon). *CR.* 9 *Déc.*, 894.

Houille. Lavage des charbons et fabrication du coke aux forges de Cyfarthfa. *E'.* 7 *Déc.*, 560.
— Four à coke (Semet Solvay). *Eam.* 30 *Nov.*, 512.
— (Pouvoir agglutinant des) (Campredon). *CR.* 2 *Déc.*, 820.
— Stratigraphie des bassins houillers du Kansas (Haworth). *American Journal of Science. Déc.*, 453.

Industrie minérale italienne. Statistique en 1894. *Am. Nov.*, 598.

Lampes de sûreté à flamme d'hydrogène Ashworth et Cloves. *Gc.* 30 *Nov.*, 71.

Machine d'extraction des mines de la Réunion (Espagne). *Rt.* 10 *Déc.*, 529.

Marbres. Carrières de Georgie. *Eam.* 30 *Nov.*, 515.

Or. Industrie minière dans la république Sud-Africaine (Klimke). *Ru. Oct.*, 90. Dans les laves de Californie. *Eam.* 7 *Déc.*, 537; Régions de l'Alabama. *Eam.* 7 *Déc.*, 539; Mines de Douglas Creek (Albany-Wyoming). *Eam.* 7 *Déc.*, 539.

Parachute élastique pour cages. *Pm. Déc.*, 182.

Perforatrices électriques (Marvin). *Eam.* 23 *Nov.*, 492.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

— Diverses. *Dp.* 15 *Nov.*, 157.
— à [main (Nouvelles) (Thinart). *Ru. Oct.* 62.

Phosphates. Usine de Saint-Symphorien. *E.* 22 *Nov.* 633.

Préparation mécanique. Séparation des minerais par densités (Penfield). *American Journal of Science. Déc.*, 446.

PHOTOGRAPHIE

Chambre noire à triple effet Nachet. *Sfp.* 1er *Déc.*, 564.

Cheminée photo-bicolore Decoudin. *Sfp.* 1er *Déc.*, 567.

Liqueurs pour pelliculer les clichés sur gélatine. Reeb. *Sfp.* 1er *Déc.*, 561.

Carbure de calcium ; emploi en photographie (Leroy), *Sfp.* 15 *Nov.*, 549.

Chauffage des développateurs (Hearson). *Cs.* 30 *Nov.*, 951.

Cinématographe Lumière (Gray). *Sfp.* 1er *Nov.*, 505.

Développement des papiers salés ordinaires (Robinson). *Sfp.* 1er *Nov.*, 521.

Obturateur stéréoscopique Leroy (Londe). *Sfp.* 1er *Nov.*, 517.

Objectifs. Derniers perfectionnements (Zenger). *Sfp.* 1er *Nov.*, 519.

Photographie des couleurs (la). Lumière. *Rgds.* 15 *Déc.*, 1034. En couleurs naturelles (Ives). *N.* 28 *Nov.*, 91.
— (Revue des progrès de la) et des procédés d'impression photomécaniques (Jaubert). *Ms. Déc.*, 813.

Photophiles à main Fauvel. *Sfp.* 1er *Déc.*, 559.

Projections accessoires pour (Molteni). *Sfp.* 15 *Nov.* 502. Stéréoscopiques et stéréo-jumelle. *Sfp.* 1er *Déc.*, 353.

Volet obturateur Moissard. *Sfp.* 15 *Nov.*, 546.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LISTE DES NOUVEAUX MEMBRES

ADMIS EN 1895

A FAIRE PARTIE DE LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

MM.

Aguillon, inspecteur général des mines, 71, rue du Faubourg-Saint-Honoré.

Amagat, correspondant de l'Institut.

Arbel (Pierre), administrateur délégué de la Société des forges de Couzon, 4, rue du Luxembourg.

Baclé, ingénieur civil des mines, 57, rue de Châteaudun.

Baillière, éditeur, 19, rue Hautefeuille.

Bardot (Charles), ingénieur des Arts et Manufactures, 19, passage Duranton.

Belin (E.), éditeur, président du Cercle de la Librairie, 52, rue de Vaugirard.

Bénard, président de la Société d'agriculture de Meaux, à Coupvray, par Esbly, (Seine-et-Marne).

Bidermann (Jacques), ingénieur civil des mines, arbitre près le Tribunal de commerce, 4, rue du Bac.

Bigillion (Maurice), agent de la Société Le Nickel, 23, rue de la Chaussée-d'Antin.

Billy (de), ingénieur au corps des mines, à Angers (Maine-et-Loire).

Blin et Blin, manufacturiers, à Elbeuf (Seine-Inférieure).

Blondel, ingénieur des ponts et chaussées, 2, boulevard Raspail.

MM.

Bonaparte (le prince Roland), 10, avenue d'Iéna.

Bondy (le comte de), président du Conseil d'administration des Chantiers de la Gironde, 62, rue de Provence.

Boramé, ingénieur conseil, 8, avenue de la République.

Borreau, ingénieur civil des mines, directeur de l'usine de la Compagnie de Saint-Gobain, à Aubervilliers (Seine).

Bouguereau, artiste peintre, membre de l'Institut, 75, rue Notre-Dame-des-Champs.

Bovet (de), ingénieur civil des mines, directeur de la Cie de touage de la basse Seine, 33, quai Voltaire.

Bruneau, ingénieur des poudres et salpêtres, 24, place Malesherbes.

Buquet, directeur de l'École centrale des Arts et Manufactures, 1, rue Montgolfier.

Chanove (Gabriel), ingénieur civil des mines, ingénieur au Crédit Lyonnais, 95, rue de Prony.

Charnelet (P.), teintures et apprêts d'étoffes, 98, rue Oberkampf.

Charpy, ingénieur au laboratoire d'artillerie de marine, 16 *bis*, boulevard Morland.

Chesneau, ingénieur au corps des mines, 18, rue des Pyramides.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MM.

Clausonne (de), ingénieur civil des mines, 11, place Malesherbes.

Col (Gabriel), manufacturier, à Casteljaloux (Lot-et-Garonne).

Collignon (Félix), directeur de l'usine à zinc de la Cie royale asturienne, à Auby-lez-Douai (Nord).

Collot-Laurent (Amédée), ingénieur-constructeur, à Dijon (Côte-d'Or).

Colson-Blanche, président de l'Association de la Meunerie française, à Chantilly (Oise).

Curières (de), Castelnau (de), ingénieur en chef des mines, directeur de l'École des Mines de Saint-Étienne (Loire).

Damour (J.), ingénieur conseil de la verrerie de Folembray, 11, rue Moncey.

D'Eichthal, ingénieur civil des mines, 19, boulevard de Courcelles.

Delessard, ingénieur des arts et manufactures, à Lardy (Seine-et-Oise).

Demenge, ancien élève de l'École polytechnique, 2, square du Roule.

Desmarres, ingénieur civil des mines, 11 *bis*, rue de Milan.

Diligeon, ingénieur des arts et manufactures, 54, rue Saint-Maur.

Du Marais, ingénieur civil des mines, 5, place Saint-Sulpice.

Dumont, professeur d'exploitation des mines et de physique industrielle à l'Université de Louvain (Belgique).

Dupuis, sous-directeur des Forges et Aciéries de la marine, à Saint-Chamond (Loire).

Ferrand, ingénieur de la marine, 213, boulevard Saint-Germain.

Ferry, maître de forges, à Rupt (Haute-Marne).

Fleury, ingénieur civil des mines, 12, rue du Pré-aux-Clercs.

Follot, fabricant de papiers peints, 43, boulevard Diderot.

Fortin, directeur de l'usine à gaz de Carcassonne, à Carcassonne (Aude).

MM.

Fraenckel, manufacturier, à Elbeuf (Seine-inférieure).

Geoffroy, de l'usine Geoffroy et Delore, constructeurs de câbles électriques, 15, rue Thérèse.

Gottschalk, membre du Comité consultatif des chemins de fer, 13, rue Auber.

Greiner, directeur des établissements John Cockerill, à Seraing (Belgique).

Grobot, directeur de l'usine d'Assailly, près Lorette (Loire).

Guéroult, ingénieur à la cristallerie de Baccarat (Meurthe-et-Moselle).

Guiard, ingénieur en chef des ponts et chaussées, 11, route de Bon-Secours, à Rouen (Seine-Inférieure).

Hamelle, manufacturier, 21, quai Valmy.

Harlé, ingénieur des ponts et chaussées, de la maison Sautter et Harlé, 12, rue Pierre-Charron.

Hauzeur, administrateur, président et directeur de la Cie royale asturienne, à Liège (Belgique).

Heilmann, ingénieur électricien, 38, rue Delaborde.

Herscher, ingénieur civil des mines, à Rouen (Seine-Inférieure).

Holtzer (Marcel), maître de forges, à Unieux (Loire).

Hugot, directeur des Forges et Aciéries de Firminy, à Firminy (Loire).

Ingénieur (l'), en chef du matériel et de la traction de la Cie des chemins de fer d'Orléans, 41, boulevard de la Gare.

Lalande (de), ancien élève de l'École polytechnique, 183, boulevard Saint-Germain.

Larivière (Pierre), ingénieur civil des mines, 164, quai Jemmapes.

Laveissière (Louis), négociant en métaux, 58, rue de la Verrerie.

Lazerges, ingénieur à la Cie française des Métaux, à Sérifontaine (Oise).

Le Chatelier (A.), ingénieur des constructions navales, à Toulon (Var).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MM.

LE CHATELIER, ingénieur en chef des ponts et chaussées, 95, rue de Rennes.

LEGRAND, membre du Comité consultatif des Arts et Manufactures, 26, avenue de Villiers.

LEMONNIER, ingénieur civil des mines, ingénieur des Aciéries de Longwy, 98, rue du Cherche-Midi.

LENCAUCHEZ (A.), ingénieur civil, 56, boulevard Magenta.

LEPROUX, ingénieur au corps des mines, 23, rue Gambetta, à Saint-Étienne (Loire).

LETORT (Alfred), ingénieur directeur du matériel de la raffinerie Say, 123, boulevard de la Gare.

LE VERRIER, ingénieur en chef des mines, professeur à l'École des mines et au Conservatoire des Arts et Métiers, 12, avenue Bugeaud.

LONGUININE, professeur à l'Université de Moscou.

LUUYT, ingénieur des mines, 211, boulevard Saint-Germain.

LYONNET (J.), ingénieur civil des mines, à Assailly, près Lorrette (Loire).

MAGNARD (Émile), administrateur de la Société nouvelle des Ateliers de construction de Fourchambault (Nièvre).

MAIRE, président du Comité d'administration des anciens établissements Cail, 8, rue de la Bienfaisance.

MAISON *Muller et Roger*, fonderie de cuivre, 108, avenue Philippe-Auguste.

MASSE, ingénieur civil des mines, ingénieur à la Cie du gaz, 97, rue d'Hauteville.

MESUREUR (Jules), ingénieur, 77, rue de Prony.

MEYER (L.), fabricant d'outils, 13, rue de la Fontaine-au-Roi.

MOTET, 180, boulevard Saint-Germain.

NÉRON, propriétaire, 15, avenue Hoche.

NICOLAS, maître de forges, à Conflan-Varigny (Haute-Saône).

NOUEL, ingénieur à la Cie de Châtillon et Commentry, à Montluçon (Allier).

MM.

OLRY, ingénieur en chef des mines, 23, rue Clapeyron.

OPPERMANN, ingénieur en chef des mines, 2, rue des Arcades, à Marseille (Bouches-du-Rhône).

PAVIN DE LAFARGE, propriétaire des usines à chaux du Teil, à Viviers (Ardèche).

POSTEL-VINAY, ingénieur-électricien. président de la Société des Électriciens, 38, rue Vaneau.

POURCEL (A.), ingénieur civil des mines, 2, square du Roule.

PRÉANDEAU (de), ingénieur en chef des ponts et chaussées, 21, rue Saint-Guillaume.

PRÉSIDENT (le) du Comité contral des houillères de France, 3, rue Scribe.

QUINETTE DE ROCHEMONT, inspecteur général des ponts et chaussées, 18, rue de Marignan.

RAMU, industriel à Raon-l'Étape, La Neuville (Vosges).

RAOUL DUVAL, ingénieur civil des mines, à Marolles par Genillé (Indre-et-Loire).

RICHET (Charles), professeur à la Faculté de médecine, 15, rue de l'Université.

ROBERTS-AUSTEN, professeur à l'École des mines et chimiste à la Monnaie royale de Londres, Royal Mint, à Londres.

ROLAND-GOSSELIN, ingénieur civil des mines, 30, avenue de Messine.

ROUY, ingénieur civil des mines, ingénieur en chef à la Cie des mines de Dourges, à Henin-Liétard (Pas-de-Calais).

ROZÉ (C.), répétiteur d'astronomie à l'École polytechnique, 62, rue du Cardinal-Lemoine.

SARAZIN, ingénieur civil des mines, 79, rue Duplessis, à Versailles.

SCHLUMBERGER, chimiste, 55, rue Victor-Hugo, à Montreuil (Seine).

SIMÉON (P.), ancien élève de l'École polytechnique, 16, place Vendôme.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MM.

Société H. Ramu et Cie, exploitation des carrières à Raon-l'Étape, La Neuville (Vosges).

Société anonyme de hauts fourneaux, forges et aciéries de Denain et Anzin, à Denain (Nord).

Société française des métaux, 10, rue Volney.

Solacroup, ingénieur des ponts et chaussées, 56, boulevard Malesherbes.

Vernes (L.), ingénieur, 31, rue de Dijon, au Creuzot (Saône-et-Loire).

Vogt, directeur des services techniques de la Manufacture de Sèvres, à Sèvres.

Walckenaer, ingénieur au corps des mines, 218, boulevard Saint-Germain.

MM.

Walrand, ingénieur civil des mines, 9, rue de Logelbach.

Weisgerber, ingénieur en chef des ponts et chaussées, 72, rue de Monceau.

Weiss, ingénieur au corps des mines, à Arras (Pas-de-Calais).

Wendel (de), maître de forges à Hayange (Lorraine).

Werth (Jean), directeur des forges et aciéries de Fourchambault et d'Imphy, à Fourchambault (Nièvre).

Widmann, ingénieur de la marine, directeur des forges et chantiers de la Méditerranée, 135, boulevard Haussmann.

Worms de Romilly, ingénieur en chef des mines, 7, rue Balzac.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLE ALPHABÉTIQUE

DES

NOMS DES AUTEURS MENTIONNÉS

DANS LA QUATRE-VINGT-QUATORZIÈME ANNÉE DU BULLETIN

(*Quatrième série. — Tome X*)

(La lettre (**P**) à la suite d'un article indique qu'il ne s'agit que d'une présentation.

A

ABDANK ABAKANOWITCH. Conférence sur l'industrie des vélocipèdes, 319, 779, (méd. arg.) 826.

ADIASSEWITCH. Bitume de naphte, 1117.

AERNAUDT (M^me^). Envoi d'un pli cacheté, 320, 602, 1392.

ALLARD. Mémoire sur l'agriculture de la Haute-Saône. Encouragement de 500 fr., 63, 777.

ANTOINE (E.). Chef d'atelier (méd. br.), 827.

ARNOLD. Influence physique des divers éléments sur le fer, 390.

B

BACLÉ et FREMONT. Poinçonnage des métaux, 1383.

BALADIER (J.). Ouvrier (méd. br.), 827.

BALTET. « Horticulture dans les cinq parties du monde », 889.

BARBEROT. « Les constructions civiles », 1235.

BARBET. Carbonateur, 153.

— Rectificateur, 928.

— Diffuseur, 913.

— Dénitrage des mélasses, 914.

BARBIER et STAUB. Fabrication de l'acide sulfurique, 143.

BARDY. Communication sur le procédé COL, 873.

BANDSEPT. Brûleurs mélangeurs (P), 1227.

BARRUS et HOADLEY. Évaluation de l'humidité de la vapeur, 405.

BAYARD. Progrès des hauts fourneaux, 309.

BECQUEREL. Photographie des couleurs, 781.

BEDSON et MAC CONNELL. Gaz contenus dans les poussières de houilles, 559.

BELLEROCHE. Chauffage des trains, 21.

BENKER. Rectification de l'acide sulfurique, 142.

BERGHAUSEN. Briquettes et chauffage des trains, 26.

BERNAY. Machine à bielle triangulaire, 577.

BERTHOT. Traité de l'élévation des eaux, 1240.

BÉTREMIEUX. Contremaître (méd. br.), 827.

BIDEAU. Ouvrier (méd. br.), 827.

BILLOTTE et BORDET. Rapport sur l'état financier de la Société, 617, 627.

BILLY (De). Revue de la métallurgie du fer, 997.

BLACKE. Concasseur, 1299.

BOFFET. Ouvrier (méd. br.), 827.

BOLAND. Haveuse électrique, 1320.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Bollée (du Mans). Machine à calculer. Rapport de M. le général Sebert, 977.
Bollenckx. Robinet de distribution Corliss, 247.
Bonehill. Puddlage, 1007.
Bonnejean. Ouvrier (méd. br.), 827.
— Traité des bicycles et bicyclettes, 327.
Bonvalot. Voyages en Asie, 325, 779 (méd. arg.), 826.
Boramé. Joint amovible pour tuyaux. Rapport de M. Raffard, 323 ; médaille d'argent, 807.
Bouillac. Mise en culture des terres de bruyères, 1215.
Boulenger. Surveillant (méd. br.), 827.
Boullenger. Diffuseur, 912.
Boulvin. Cours de mécanique, 1233.
Bourde. Culture de l'olivier en Algérie.
Bourquin. Procédé pour empêcher les explosions de grisou, 322.
Bouvier. Traitement alcoolique des jus sucrés, 152.
Braultet. Tesset, Moulins à cylindres, 928.
Bredin. Culture de la vesce velue, 370.
Brentano. Four à ciment, 1288, machines à mouler, 1289.
Briand. Chauffage des trains, 39.
Brown. Élévateur, 1066. Four de grillage, 1363.
Brull. Rapport sur l'embrayage Fargasse.
Brunhes. Cours élémentaire d'élecricité, 754.
Brustlein. Aciers au chrome, 521.
Buill. Machine à travailler les bois (P), 318.
Bunge. *Planshitter*, 935.

C

Campredon, pouvoir agglutinant des houilles, 1365.
Canard. Découverte pouvant augmenter les bénéfices des éleveurs (P), 322.
Candlot. Revue de l'industrie des chaux et ciments, 1278.
Carré. Ouvrier (méd. br.), 827.
Carnot (A.). Dosage de l'arsenic, 883.
Carpenter. Évaluation de l'humidité de la vapeur, 403.
Cartier. Contremaître (méd. br.), 827.
Chabrier. Ouvrier (méd. br.), 827.
Chapel. Industrie du caoutchouc, 937.
Chapsal. Modérateur pour frein à air comprimé. Rapport de M. Sauvage, 217. Médaille d'argent, 807.
Charpy. Trempe des aciers, 202, 660, 726, 1336. Rapport de M. Hirsch, 655. Four électrique, 670. Médaille d'or, 807.
Chartogne. Contremaître (méd. br.), 827.
Chastanet (Capitaine). Machine à réduire et à sculpter. Rapport de M. Tresca, 905.
Chatenet. Dilatation et soudure du verre, 1027.
Cheysson. Rapport sur l'Association coopérative des employés civils de l'État, 469. Sur le Comité de l'Afrique française, 786. Notice nécrologique sur M. Rousselle, membre du Conseil, 465.
Closs et Schmalzer. Frein de voitures ; attelages de wagons (P), 886.
Clowes. Indicateur de grisou, 562.
Col (G.). Traitement des térébenthines brutes ; communication de M. Bardy, 873.
Collard. Ouvrier (méd. br.), 827.
Colson (Blanche). Industrie de la meunerie, 926.
Convert. Ouvrier (méd. br.), 827.
Coret. Mémoire sur l'électricité (P), 20.
— Hygromètre et thermomètre. Rapport de M. Mascart, 1257.
Cotet. Sauterelle pour longes d'écuries (P), 201.
Courau. Société des ingénieurs coloniaux (P), 205.

D

Darby. Fabrication de l'acier, 1013.
Darus. Cubature des terrassements, 1142.
Davanne. Rapport sur la photographie des couleurs de M. Lippmann, 780.
Debains. Traité de mécanique agricole. Médaille d'or, 807.
D'Eichtal. Notice nécrologique, 772.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

DELAURIER. Piles (P), 412.
DELCROIX (Capitaine). Règle topographique. Rapport de M. le général SEBERT, 727, médaille d'or, 807.
DELEBECQUE. Sondage des lacs, 603 (méd. arg.), 826.
— Monocycle à balancier (P), 412.
DELESSART. Filature du coton. Rapport de M. IMBS, 348; prix ROY, 793.
DELETA-KLEINE. Abécédaire polyglotte (P), 322.
DE LUYNES. Rapport sur l'ouvrage de M. Garçon. *Industrie de la teinture*, 379. Conférence sur la *céramique*, 1392.
DEMOULIN. Construction de la machine à vapeur, 753.
DENIS LEFÈVRE. Nettoyeur de betteraves, 149.
DESCAMPS (Le Chevalier). Institut international de bibliographie (P.), 1392.
DESSAUX. Produits pour l'alimentation du bétail (P), 414.
DÉTOURBE. Masque respiratoire (P), 323.
DÉTRÈS (J.). Prix FOURCADE. Rapport de M. Aimé GIRARD, 778, 791.
DEVOREX. Rectification de l'acide sulfurique, 141.
DIDIER Jean (Comte). Notice nécrologique.
DIETZSH. Four séchoir double, 1286, 1289.
DONKIN. Influence des parois dans les machines à vapeur, 239.
DORNE. Ouvrier (méd. br.), 828.
DORSTEN. Presse à briques, 1284.
DRILLON. Bélier horizontal (P), 600.
DROESHOUL. Filtre continu, 155.
DUDELANGE. Fabrication de l'acier, 1014.
DUMARESQ (Armand). Membre du conseil, notice nécrologique, 771.
DU PASQUIER et KAVALOWSKY. Four séchoir à ciments, 1293, 1294.
DUQUESNE. Étoffes par effets de chaîne. Rapport de M. SIMON, 81. Médaille d'or, 807.
DURAND. Géologie des Vosges, industrie de la Lorraine, 800.
DYBOWSKI. Culture du caoutchouc, 236, (méd. arg.), 826.

E

EFFRONT. Emploi de l'acide fluorhydrique en distillerie, 915.
— Amélioration du pouvoir fermentant des mélasses, 921.
EGLESTON. Jauge américaine, 748.
EISSLER. Métallurgie de l'or, 171.
ELLINGTON. Distribution d'eau sous pression, 1124.
ELLIS. Expériences sur le tirage à vent forcé, 254.
ERISEZ. Chef d'équipe (méd. br.), 820.
EVAN LEIGHT. Cardes, 1159.

F

FAASE. La Corse en 1892-93. Étude d'économie rurale, 63.
FAGOT. Mémoires sur l'agriculture, 800.
FAMCHON. Pour séchoir à ciments, 1291, 1292.
FAMIN (L.-colonel). Ouvrage sur le Tonkin. Rapport de M. LAVOLLÉE (méd. arg.), 807, 825.
FARJASSE. Embrayage progressif. Rapport de M. BRULL, 345.
FAUCHÉ. Appareil à stériliser l'eau GENESTE et HERSCHER, 414.
FAUCHÈRE. Gobe-mouche (P), 1227.
FAUQUET. Carde à chapeaux chaînés. Rapport de M. IMBS, 1158.
FAURE et KESSLER. Concentration de l'acide sulfurique, 145.
FELLNER et ZIEGLER. Séchoir pour briques, 1284.
FERÉE. L'amalgame de chrome, 1356.
FERGUSSON et FLEMING. Machine à bielles triangulaires, 579.
FOLLIN. Fours à phosphates (P), 602.
FONCIN. L'Alliance française, 1137.
FONTAINE (H.). Rapport sur le prix d'épuration des eaux, 795.
FONTENAY (M^me^). Ouvrière (méd. br.), 828.
FONTVIOLAND (de). Théorie des turbines, 1224.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Frémont et Baclé. Poinçonnage des métaux, 1383.
Frères de Saint-Jean de Dieu. Prix d'Aboville, 789.
Frikart. Robinet de distribution Corliss. 246.
Furne. La race chevaline boulonnaise.
— Rapport de M. Lavalard, 522 (méd. de platine), 807.

G

Garçon. Notice sur le manuscrit de Gonfreville, 379. Industrie de la teinture.
— Rapport de M. de Luynes. (Encouragement de 500 fr.), 794.
Gariel. Classification bibliographique décimale (P), 1392.
Garnier et Dauvert. Les concessions de gaz et d'électricité, 1234.
Garola. Culture des céréales. Rapport de M. Rissler (méd. d'or), 807-808.
Gatelier. Blés riches en gluten, 375. —
Gates. Concasseur, 565.
Gauwain. Contremaître (méd. br.), 828.
Geneste et Herscher. Appareil de stérilisation de l'eau, 414.
Gibbons. Four séchoir à ciments, 1293.
Girard (Aimé). Secrétaire. Utilisation de la pomme de terre comme alimentation du bétail, 504, 593.
— Rapport sur le prix Fourcade, 791.
— Concentration des drèches, 952.
— Valeur boulangère et composition des farines, 1367, 1370.
— et Lindet. Composition des raisins des cépages français, 961.
Glover (Tour de), 140.
Gonfreville. Manuscrit sur les teintures du coton, 379.
Gore et Barnett. Recalescence, 664,
Gottelman. Balance trieuse pour écheveaux. Rapport de M. Simon, 12 (méd. arg.), 807.
Goupil de Prefeln (trésorier). Remerciements de la Société, 627.
Gowldan. Composition des bronzes japonais, 590.
Green et Wahl. Ferro-silicium, 1201.
Griffin. Élimination des impuretés du cuivre *best selected*, 740.
— Moteur à pétrole, 98, 112.
— Broyeur, 1300.
Grignè. Ouvrier (méd. br.), 825.
Grisou. Chargeur, 1307.
Grob. Moteur à pétrole, 99, 108, 112.
Guéroult. Transporteur Temperley, 806.
Guerrier. Économie rurale et agricole de la Manche (P), 63.
Guedan. Ouvrier (méd. br.), 828.
Guillot. Appareil pour remplacer les fers à repasser (P), 201.

H

Hache. Notice nécrologique, 773.
Hadfield. Alliages de fer, de silicium, d'aluminium et d'argent. Rapport de M. Jordan, 519. Médaille d'or, 807.
Hall. Explosion des poussières de houilles.
Hamelle et Chedvill. Tissus d'amiante (P), 1217.
Hardouin (M^me^). Ouvrière (méd. br.), 428.
Hargreaves. Tiroir équilibré, 248.
Haride. Vélocipède (P), 414.
Harivel. Appareils de sauvetage (P), 600.
Harvey. Plaques de blindage, 1019.
Hatt. Les marées, 420.
Hauenschield. Four à ciment, 1287, 1291.
Hawdon et Howson. Haut fourneau, 1001.
Hennebert (Colonel). Les bouches à feu, 890.
Hesqueth. Machine frigorifique à acide carbonique, 1217.
Heu. Roues à aubes (P), 886.
Hillairet. Transmissions électriques dans les ateliers, 601, 779, 1160, (méd. arg.), 827.
Hirn. Évaluation de l'humidité de la vapeur, 404.
Hirsch. Rapport sur les travaux de M. Tellier, 953.
— Sur le mémoire de M. Charpy.
Hocquet. Aggloméré de liège (P), 412.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

HOFFMANN. Four à ciments, 1297.
HOGG. Influence de l'aluminium sur l'état du carbone dans les fers et aciers, 397.
HOLDEN. Chauffage des locomotives au pétrole, 267.
HOLTZAPFEL. Le *Sand Blast*, 584.
HONNEGER. Balance trieuse, 12.
HORSEN DEON. Carbonateur, 153.
— Évaporateur, 162.
— Réchauffeur, 164.
HOWARD BULLOUGH et ASHWORTH. Carde, 1160.
HOWE. Trempe de l'acier, 189.
— Ferrite, 487.
— Cémentite, 489, 511.
HUCHOT. Ouvrier (méd. br.), 829.
HUNT. Transporteurs de charbons, 1374.

I

IMBS. Rapport sur l'ouvrage de M. DELESSART. La filature du coton, 348, prix Roy, 793.
— Sur la carde à chapeaux chaînés de M. FAUQUET.
INGERSOIL-SERGEANT. Haveuses, 1069, 1322.

J

JACQUEMIN. Travaux sur les alcools et levures (P), 886.
JAMIN. Traité de la menuiserie, encouragement de 1000 fr. Rapport de M. ROSSIGNEUX, 778.
JAVAUX, GALLOIS et DUPONT. Épuration électrique des jus sucrés, 156.
JENIN. Fabrication de l'or (P), 1227.
JOCHUM. Mélangeur, 1282.
JOHNSON. Four séchoir à ciments, 1290.
JONES. Mélangeur de fontes, 1010.
JORDAN. Rapport sur le mémoire de M. OSMOND, 476, 793.
— Sur les travaux de M. HADFIELD, 519.
— Sur la « métallurgie du fer » de LEDEBUR.
— Grillage des minerais carbonatés, 998.

K

KALBE. Trommel, 566.
KENT. Compteur d'eau, 1129.
KESSLER. Concentration de l'acide sulfurique, 544.
KING. Machine à bielle triangulaire, 581.
KŒNIG. Chauleur pour jus sucrés, 153.
KOSSUTH. Réchauffage des cylindres de locomotives, 267
KOUINDJY. Combustion dans les lampes à pétrole, 943. Le bitume de naphte, 1116.
— La poudre au pyrocollodion de Mendeleef, 1100.
— Société technique impériale russe, 1033.

L

LABBÉ. Ouvrier (méd. br.), 829.
LACHAUME. Filtre pour sucrerie, 158.
LACROIX. Purification des eaux, 777.
LAFFARGUE. L'ouvrier monteur électricien (méd. d'arg.), 808.
LANCRENON. Chauffage des trains de chemins de fer, 17.
LANGLOIS. Chef verrier (méd. br.), 829.
LARIF. Nouveau combustible (P), 600.
LARTIGUE. Isolement des stations centrales; encouragement de 500 fr., 777.
LAURIE. Constitution des alliages métalliques, 192.
LAVAL (de). Four électrique, 1025.
LAVALARD. Rapport sur la table pour opérations chirurgicales de M. MALHERBE, 356.
— Rapport sur le mémoire de M. FURNE « La race chevaline boulonnaise », 522.
— Note sur le brancard démontable GELLIT, 1352.
LAVOLLÉE (Ch.). Rapport sur les travaux de M. TELLIER, 352.
— Sur le prix du Commerce, 805.
— Sur l'ouvrage de M. MARTIN. Moyens de communication dans Paris, 810.
— Sur le prix d'Aboville, 789.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

— Sur l'ouvrage de M. le colonel Famin « le Tonkin », 825.
— Turbine-pompe à vapeur, 751.
Léauté et Bérard. Transmission par câbles métalliques, 605.
Lebon (Mme). Don à la bibliothèque, 320.
Lechartier. Culture de la consoude, 367.
Le Chatelier (H.). Trempe de l'acier d'après Howe, 188.
— Extinction et silotage des chaux et ciments, 52.
— Dilatation des pâtes et couvertes céramiques, 181.
— Constitution des alliages d'après Laurie, 193. D'après les mesures de conductibilité électriques, 384.
— Combinaisons définies des alliages, 388.
— Combustion de l'acétylène, 1394.
— Dureté des alliages, 1354.
— Applications mécaniques de l'aluminium et du silicium, 1196.
Le Chatelier (A.). Trempe de l'acier, 1336.
Lecaisne-Maréchal. Tissus ondulés. Rapport de M. Simon, 824. Médaille de platine, 807, 824.
Lecomte. Ouvrier (méd. br.), 129.
Ledebur. Dosage du carbone dans les fontes, 269. Moulages d'acier, 1022.
— Métallurgie du fer. Traduit par de Langlade et Valton. Rapport de M. Jordan, 1259.
Lelong. Appareil à produire de la force par l'immersion d'un flotteur (P), 602.
Leloutre. Fonctionnement des machines à vapeur, 421.
Lemaitre. Tableaux pour salles de récréations (P), 201.
Lemonnier. Membre du conseil; notice nécrologique, 770.
Leproux. Progrès de l'industrie minière, 546, 1314.
— Métallurgie de l'or, 170.
Levainville. Notice nécrologique, 772.
Leverrier. Alliages d'aluminium et d'étain, 575.
Lezé. Fabrication du lait concentré, 65, 779 (méd. d'arg.), 826. Baratte Salinius, 1393.
— Filtre rotatif. Rapport de M. Rouart, 839.
Lidgerwood. Câbleway, 1070.
Limousin et Pages. Considérations sur l'agriculture et la production du bétail dans le Limousin (P), 63.
Linde. Fabrication de l'air liquide, 1119.
Lindet. Industrie de la distillerie, 911.
— Revue de l'industrie du sucre, 147.
Lippmann. Photographie des couleurs, prix de 12 000 fr., 776.
Lissenko. Bitume de naphte, 1116.
Lohnert. Broyeur, 1306.
Ludovic. Diapason du dessin (P), 322.
Luige y Cuano. Navigation fluviale (P), 1135.
Lumière. L'industrie photographique, conférence, 413 (méd. d'arg.).
Lunge Rormann. Tour à plateaux perforés, 141.

M

Mac Donald. Tiroir équilibré, 247.
Mac Farlane Grey. Diagramme entropique, 232.
Mackensen. Four à cossettes, 150.
Magnier. Roue élévatoire, 148.
Maignin. Purification des eaux, 777.
Malherbe. Table d'opérations pour chevaux. Rapport de M. Lavalard (méd. d'or), 356, 807.
Mallet. Locomotives compound articulées. Rapport de M. Sauvage (méd. d'or), 628, 807.
Maratrat. Ouvrier (méd. br.), 829.
Marmouzet. Ouvrier (méd. br.), 829.
Marsais. Association coopérative des employés civils de l'État. Rapport de M. Cheysson (méd. d'argent), 469.
Martel. Ouvrier (méd. br.), 829.
Martens. Martensite, 512.
Martineau. Préparation du moût, 914.
Martin Logeois. Ouvrier (méd. br.), 829.
Martin (A.). Moyens de communication

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans Paris. Rapport de M. Lavollée (méd. d'or), 807, 810.
Martin. Agriculture de la Corrèze, encouragement de 500 fr., 777.
Marzocchi. Peinture à fresque. Rapport de M. Rossigneux (méd. d'or), 807, 821.
Mascart. Président, Allocution, 64. Mort de Pasteur, 1389. Séance générale, 770.
— Rapport sur l'hygromètre Coret, 1257.
Masse. Alliages de fer et de chrome d'après Hadfield, 291.
— Influence physique des différents éléments sur le fer d'après Arnold, 390.
— Influence de l'aluminium sur l'état du carbone dans les alliages de fer et de carbone d'après Hogg, 397.
— Usage de la dolomie dans les fontes, 401.
— Analyse du carbone total dans la fonte, 402.
— Élimination des métaux dans la fabrication du cuivre *best selected*, d'après Allan Gibbe, 740.
Mathieu. L'A. B. C. du chauffeur, 889.
Mattei. Articulations à soufflet métallique, 643.
Maujean. Contremaître (méd. br.), 829.
Maumenée. Procédé d'épuration des matières organiques, 65, 228, 779 (méd. d'arg.), 826.
Maunoury et du Baufret. Emploi de la baryte pour les jus sucrés, 155.
Mendeleef. Poudre au pyrocollodion, 1100.
Mérard. Chef trieur (méd. br.), 829.
Merlin. Moteur à pétrole, 117.
Merveilleux du Vignaux. Progrès de l'artillerie. Conférence, 1390.
Meyer. Appareils de sûreté. Rapport de M. Simon (méd.).
Michon. Produits aluminés, 1227.
Moissan. Préparation du molybdène pur fondu, 743.
— Alliages d'aluminium et de fer, 1200.
— Analyse de l'aluminium et de ses alliages (1357). Présence du sodium dans l'aluminium préparé par électrolyse, 1360.
— Réduction du silicium par le charbon, 884.
— Action du silicium sur le fer, le chrome et l'argent, 1207.
— et Charpy. Acier au bore, 191.
Monot. Stéréochimie, 420.
Montreuil. Emploi économique de l'énergie (P), 886.
Moreau (A.). Revue des travaux publics, 1053.
Morel. Broyeur, 1305.
Muller. Manivelle hydraulique, 243.
Muntz. La vigne, 598, 1236.
— Production des vins, 410.

N

Nagel et Kaemp. Bluterie.
Naggemacher. Planshitter, 933.
Nicolas. Notice nécrologique, 772.
Nicolet. Mémoires sur la sériciculture (P), 322.
Niel. Moteur à pétrole, 105, 119.
Niepce. Photographie des couleurs, 781.
Niewenglowsky. Applications scientifiques de la photographie, 1235.

O

Osmond. Analyse micrographique des aciers, 476, 480, 775, 793.
— Trempe des aciers extra-durs, 1212.

P

Parkenson. Compteur d'eau, 1129.
Pasteur (Mort de), 1389.
Pauly et Greiner. Vaporisateur pour sucreries, 164.
Perrette. Ajusteur (méd. br.), 829.
Perriot. Surveillant (méd. br.), 830.
Perrot (V.). Ouvrier (méd. br.), 829.
Persoz. Titrage des soies, 12.
Petit. Anthéximètre. Rapport de M. Tresca, 646 (méd. de platine).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pierre (Colonel). Rapport sur le tendeur Roullot, 16.
Plon. Membre du conseil; nécrologie, 771.
Point. Machine à tisser les rubans (P), 62.
— Métier à tisser (P), 1392.
Pouriau. La laiterie, 754.
Pradier. Ouvrier (méd. br.), 830.
Prefeln (de). Trésorier. Remerciements de la Société, 779.
Puvier. Filtre pour sucrerie, 158.

R

Ramont. Appareil à couper les viandes (P), 1392.
Ransome. Canalisation en béton, 588.
Ravenelle. Ouvrier (méd. br.), 830.
Richard (G.). Bibliographies, 199, 753, 114, 4232.
— Littérature des périodiques, 70, 208, 329, 456, 607, 758, 965, 1040, 1146, 1243, 1398.
— Revue de mécanique générale, 239.
— Évaluation de l'humidité de la vapeur, d'après Unwin, 402.
— Four de grillage continu Browes, 1363.
— Machines à vapeur à bielles triangulaires, 577.
— Le Sand Blast et ses applications, 584.
— Composition des alliages, d'après Wright, 300.
— Canalisation en béton Ransome, 588.
— Composition des bronzes japonais, 590.
— Les soudure pour laiton, 1203.
— Soudure de l'aluminium, 1206.
— L'acier au nickel d'après Wiggin, 1122.
— Fabrication des petits lingots d'acier Smith Casson, 1120.
— Fabrication de l'air et de l'oxygène liquide, procédé Linde, 1114.
— Machines frigorifiques à acide carbonique Hesqueth, 1217.
— Pose mécanique des voies de chemin de fer aux États-Unis, 197.
— Les accidents de machines, 199.
— Distribution de force par l'eau sous pression, 1124.
— Tuyauteries des machines à vapeur marines, 582.
— Traité des machines-outils, 416.
— Transporteurs de charbons Hunt, 1374.
Richards. Soudure de l'aluminium, 1206.
— Lavage des minerais, 567.
Riche. Détermination du fractionnement du pétrole, 89.
Rieter. Carde, 1163.
Ringelmann. Rapport sur le concours des moteurs à pétrole à Meaux, 83.
— Frein dynamométrique, 94.
Rissler. Rapport sur le prix d'Agriculture, 798.
— Sur l'ouvrage de M. Garola, « Les céréales », 808.
Roberts Austen. Alliages d'étain et d'aluminium, d'or et d'aluminium, 573.
Rocques. Analyse des alcools, 1236.
Rodary. Traité d'électricité, 604.
Rodelet. Chaufferettes, 24.
Rohrmann et Gutman. Concentration de l'acide nitrique, 146.
Rooseboom. Isomorphisme dans les alliages, 575.
Roose. Ouvrier (méd. br.), 830.
Ross. Arroseur pour mines, 1316.
Rossigneux. Rapport sur la peinture à la détrempe Tessier, 800.
— Sur la peinture à fresque de Marzocchi, 821.
Rotwell. L'industrie minérale, 1140.
Rouart (H.). Rapport sur les filtres rotatifs Lezé, 839. Transport des dépêches, 1265.
Rouillot. Tendeur, 16.
Rousseau. Four à fondre les métaux (P), 602; et Decker, diffusion, 149.
Rousselle. Notice nécrologique par M. Cheysson, 465, 771.
Roussy. Moteur à force gratuite (P), 318.
Roux. Encliquetage, 844.
— Isolement des stations centrales électriques, encouragement de 500 fr. 777.
Rozé. Rapport sur l'encliquetage Roux, 844.
Rubricius. Silicium dans la fonte. 401,
Ryf et Knill. Culture de la Sulla en Algérie, 372.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

S

Salénius. Baratte frigorifique, 1393.
Salfield. Emploi de la chaux comme amendement, 371.
Samain. Compteur d'eau. Rapport de M. Tresca, 848.
Saniter. Épuration des fontes, 1006.
Sauvage. Rapport sur les locomotives compound Mallet, 628.
— Sur le modérateur Chapsal, pour frein à air comprimé, 218.
— Traité des machines-outils de M. G. Richard, 416.
Schaffer. Four à ciments, 1285, 1291.
Scheurer-Kestner. Fabrication de l'acide sulfurique, 144.
Schlœsing. Allumettes à pâtes explosives, 956.
Schlumberger. Épuration des eaux, encouragement de 500 fr., 777.
Schmidt. Séchoir continu, 1280.
Schneider (L.). Analyse du carbone total dans les fontes et aciers, 403.
Scholt. Dilatation et soudure du verre, 1027.
Schribaux. Amélioration de la production agricole en 1893-94, 363.
Schutzenberger. Cristallisoirs, 166.
Schwarkus. Stérilisation du lait, 1203.
Sebert (Général). Rapport sur les machines à calculer Bollée, 977.
— Sur la règle topographique du capitaine Delcroix, 727.
See Lainboi et Camuset. Carbonateurs pour sucreries (P.), 1302.
Seger. Porcelaine, 187.
— Rouges de cuivre, 185.
Seguignier. Ouvrier (méd. br.), 830.
Serve. Tubes à ailerons, 257.
Siemens et Halske. Traitement des minerais d'or.
Siller et Dubois. Broyeur, 1308.
Simon (E.). Rapport sur la balance-trieuse Gottelman, 12.
— Sur les appareils de sûreté Meyer, 341.
— Sur les tissus Legaisne-Maréchal, 824.
— Sur les étoffes par effet de chaîne Ducaisne, 81.
Simon et fils. Ouvrage sur la fabrication du cidre (méd. br.), 808.
Smit Casson. Fabrication des petits lingots d'acier, 1120.
Sorby. 481, 490, 492, 515.
Sorel. Progrès de la fabrication des acides sulfurique et nitrique, 138.
— Appareil distillateur, 923.
— La distillation 421.
Sosnowosky. Turbines à vapeur, 749.
Staffen. Cuite méthodique, 166.
Stepanoff. Combustion dans les lampes à pétrole, 943.

T

Taasse. Agriculture de la Corse, 799.
— Tathaus, cardes, 1162.
Taussig. Electrométallurgie du fer, 997.
Tauziet. Appareil pour atténuer les collisions de chemin de fer (P), 318.
Tavernier. Ouvrier (méd. br.), 830.
Taylor. Broyeur, 1310.
Tellier. Conservation des viandes et produits alimentaires par le froid. Rapport de MM. Hirsch et Lavollée. Encouragement de 1000 fr. 350.
— Purification des eaux. Rapport de M. Fontaine; encouragement de 1000 fr., 777.
Temperley. Transporteur, 886.
Tessier. Peinture à la détrempe; encouragement de 2000 fr. Rapport de M. Rossigneux, 778.
Thierry. Nettoyeur de betteraves, 149.
Thomson Houston. Perforatrice électrique, 550.
Thornycroft. Circulation de la vapeur dans les chaudières, 252.
— Machines du Daring, 263.
Tilghman. Sand Blast, 584.
Tresca (A.). Rapport sur l'anthèximètre Petit, 646.
— Le compteur Samain.
— La machine à réduire Chastanet, 905.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TROUVÉ. Éclairage électrique à l'acétylène, 1393.

U

UNWIN. Évaluation de l'humidité de la vapeur, 402.

V

VALLIER. La balistique, 419, 890.
VALLOT. Observatoire météorologique du Mont-Blanc, 725. Rapport de M. VIOLLE, (méd. d'or), 732, 807.
VAUTIER (A.). Les machines à bois américaines, 1232.
VIGOUROUX. Siliciure de fer et de cobalt, 1212; de manganèse, 1354.
VIOLLE. Rapport sur l'observatoire météorologique du Mont-Blanc, 732.
VIVIEN et LEFRANC. Fabrication des jus sucrés, 155.
VUAFLART. Conservation des filets de pêche (P.), 1392.

W

WALRAND et LEGÉNIREL. Convertisseur, 1015.
WEGMAN. Balance Gottelmann, 13.
— Moulins à cylindres, 929.
WHEILER. Machines à bielle triangulaire, 581.
WIGGIN. Acier au nickel, 1122.
WINTHERTHUR (Société de). Moteur à pétrole, 111.
WRIGHT. Composition et constitution des alliages, 300.

Y

YAGOWD. Ouvrier (méd. br.), 830.

Z

ZEUNER. Propulseur hydraulique, 261.
ZOLLA. L'agriculture française. Conférence, 779, 853 (méd. d'arg.), 826.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLE ALPHABÉTIQUE

ET

ANALYTIQUE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LA QUATRE-VINGT-QUATORZIÈME ANNÉE DU BULLETIN

(*Quatrième série. — Tome X.*)

A

Accidents de machines (les), 199.

Accouplements pour le chauffage des trains, 42.

Acétylène. Éclairage (TROUVÉ), 1393. (Combustion de l') (H. LE CHATELIER), 1394.

Acides sulfurique et nitrique; perfectionnements à la fabrication (SOREL), 138.

— procédé KESSLER, dépense de charbon, 544.

Acier (voir **Métallurgie**).

Agriculture *française ;* ses transformations et ses progrès, par M. ZOLLA, 853.

— *Revue* des perfectionnements apportés à la production agricole en 1893-1894, par M. SCHRIBAUX, 363.

Air et oxygène liquides; fabrication par le procédé LINDE, 1114.

Alcool. Épuration par les permanganates (MAUMENÉE), 66, 225, 231.

Alliages (Voir **Métallurgie**).

Alliance française (l'), communication par M. FONCIN, 1137.

Allocutions du président, 64, 770.

Aluminium et ses alliages (analyse) (MOISSAN), 1357, préparé par l'électrolyse; présence du sodium (*id.*), 1360.

Anthèximètre Petit. Rapport de M. TRESCA, 646.

Arsenic. Dosage de faibles quantités (A. CARNOT), 843.

Asie. Voyages de M. BONVALOT, 325.

Association coopérative de consommation des employés civils de l'État. Rapport de M. CHEYSSON, 469.

B

Balance-trieuse automatique GOTTELMANN; rapport de M. SIMON, 12; médaille d'argent, 807.

Balistique intérieure et balistique des nouvelles poudres (VALLIER), 890 et 419.

Bibliographie. Ouvrages reçus à la bibliothèque, 69, 207, 328, 453, 606, 755, 1144, 1241.

— Des périodiques, 70, 208, 329, 456, 607, 758, 965, 1040, 1146, 1243, 1398.

— Dispositions et appareils pour éviter les accidents de machines, 199.

— Traité des bicycles et des bicyclettes, par C. BOURLET, 327.

— Traité des machines-outils, par GUSTAVE RICHARD, 416.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

— Balistique des nouvelles poudres, et balistique intérieure, par VALLIER, 419 et 890.
— La stéréochimie, par MONOT, 420.
— Le fonctionnement des machines à vapeur, par LELOUTRE, 421.
— La distillation par SOREL, 421.
— Les moteurs à gaz et à pétrole en 1893-94, par GUSTAVE RICHARD.
— Traité d'électricité, par RODARY, 604.
— Transmissions par câbles métalliques, par LÉAUTÉ et BERARD, 605.
— Traité de la construction des machines à vapeur, par M. DEMOULIN, 753.
— Cours élémentaire d'électricité, par BRUNHES, 754.
— La Laiterie, par POURIAU, 754.
— Traité de l'élévation des eaux, par BERTHOT, 1243.
— L'horticulture dans les cinq parties du monde, par CH. BALTET, 889.
— L'A, B, C, du chauffeur, par H. MATHIEU, 889.
— Les bouches à feu, par le lieutenant-colonel HENNEBERT, 890.
— Guide pratique de la production et de la fabrication du cidre, par SIMON et fils, 963.
— L'industrie minérale : statistique, commerce et technologie en 1894, 1140.
— Polarisation et saccharimétrie, par SIDERSKY, 1142.
— Cubature des terrassments, par G. DARIES, 1142.
— Les machines à bois américaines, par A. VAUTIER, 1232.
— Cours de mécanique appliquée, par BOULVIN, 1233.
— Les concessions de gaz et d'électricité devant la juridiction administrative, par GARNIER et DAUVERT, 1234.
— Traité des constructions civiles, par BARBEROT, 1235.
— Applications scientifiques de la photographie, par NIEWENGLOWSKI, 1235.
— Analyse des alcools et eaux-de-vie, par ROCQUES, 1236.
— Les vignes : recherches sur leur culture et leur exploitation, par MUNTZ, 1236.
Bitume de naphte (le) (KOUINDJY), 1116.
Blé riche en gluten. Création d'un—, 374.
— (Amélioration des) en Algérie, 376.
Bouillottes de chemins de fer, 22.
Brancard démontable GELLIT, 1352.
Bronzes japonais (Composition des), 590.
Broyeurs à ciments. (MOREL), 1304 ; (LOHNERT) 1306 ; (SELLER et EUBOIS) 1308 ; (GRIFFIN) 1309.
Bruyères de la Dordogne : mise en culture (BOUILHAC), 1215.
Bulletin de la Société : son développement, 1215.

C

Câbles métalliques. Transmissions par LEAUTÉ et BÉRARD, 605.
Calculer. Machine à —, de M. L. BOLLÉE. Rapport de M. le général SEBERT, 977.
Canal de Chicago, 1063.
Canalisations en béton, RANSOME, 588.
Caoutchouc, sa culture, sa production spontanée, sa diminution au Congo, par M. DYBOWSKI, 206.
— Progrès de l'industrie du —, par M. CHAPEL, 937.
Cardes à chapeaux chaînés de M. FAUQUET. Rapport de M. IMBS, 1157.
Céramique. Conférences de M. DE LUYNES, 1391. Dilatation des pâtes et couvertes, par M. H. LE CHATELLIER, 181.
— Porcelaines de SEGER (G. VOGT), 187.
— Rouges de cuivre ou flambés sur porcelaine, d'après SEGER (G. VOGT), 187.
Chaudières marines, 249.
— Express, 251.
— Circulation dans les — ; expériences de THORNYCROFT, 253.
— Tirage à vent forcé; expériences d'ELLIS, 254.
— Tubes SERVE, 257.
— Locomotives au pétrole, 267.
— Combustibles pulvérulents, 259.
— Fumivorité des —, 257.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Chauffage des trains à la vapeur et à l'air comprimé, par M. LANCRENON, 17.
— Bouillottes, 22.
— Appareils à foyers multiples, 25.
— Briquettes, 25.
— Calorifères à air chaud, 29.
— Thermosiphons, 29.
— Appareils continus à source de chaleur unique, 30 ; à vapeur, 32.
— — A vapeur et à air comprimé de la Cie de l'Est, 39.
Chaux et Ciments. Extinction et silotage, par M. H. LE CHATELIER, 52. *Revue de l'industrie* (des), par M. CANDLOT, 1278,
Chemins de fer. Chauffage des trains, (LANCRENON), 17.
— Frein CHAPSAL. Rapport de M. SAUVAGE, 218.
— *Locomotives*, 265 ; au pétrole, HOLDEN, 267 ; Compound articulées MALLET. Rapport de M. SAUVAGE, 627 (méd. d'or).
— Pose mécanique des voies aux États-Unis, 196.
— Tunnel de BLAKWALL, 1072.
— Wagon à charbon du Pennsylvania Ry, 1334.
Chevaux. Table pour opérations MALHERBE. Rapport de M. LAVALARD, 356 (méd. d'or).
— Production et élevage de la race boulonnaise, mémoire de M. FURNE, 526; rapport de M. LAVALARD, 522.
Chimie. Perfectionnements dans la fabrication des grands produits chimiques, par M. SOREL, 138.
Chrome. Amalgame de (J. FÉRÉE), 1356.
Compresseur New York, 1330.
Compteur SAMAIN, rapp. de M. TRESCA, 848.
Concasseur GATES, 526 ; BLAKE, 1130.
Conférences, 774.
Conseil d'administration de la Société. Liste des membres du —, 1.
Conservation des viandes par le froid, procédé TELLIER. Rapport de MM. HIRSCH et LAVOLLÉE, 350, 352.
Conservatoire des arts et métiers, cours pour 1895-1896, 1229.
Correspondants. Membres —, 8.

D

Dépêches. Transport des (H. ROUART) 1265.
Diagramme entropique, 239.
Diffusion, 149.
Distillation. Ouvrage de M. SOREL.
Distillerie. Perfectionnement de la —, (LINDET), 911.
Distribution de force par l'eau sous pression (ELLINGTON), 1124.
Distributions pour machines à vapeur par manivelle hydraulique, JOY, 243.
— CORLISS FRICKART, 246 ; BOLLINKX, 247.

E

Eau stérilisée par les appareils GENESTE et HERSCHER, 414.
Éclairage par les lampes à pétrole, STÉPANOFF (KOUINDJY), 943.
Électricité. Application dans les mines, 546, 1329.
— Transmissions dans les ateliers. Conférence de M. HILLAIRET, 601, 1167.
Embrayage progressif FARGASSE. Rapport de M. BRULL, 345.
Encliquetage ROUX. Rapport de M. ROZÉ, 844.
Épandage de Colombes, 1053.
Épuration des matières organiques sucres, alcools, eaux... Communication de M. MAUMENÉE, 65, 225.
État financier de la Société. Rapport de MM. BILLOTTE et BORDET sur l'exercice 1894, 91, 617, 626.
Étoffes. Fabrication par effet de chaines. DUQUESNE. Rapport de M. SIMON (méd. d'or), 18.

F

Farines. Valeur boulangère et composition des (AIMÉ GIRARD), 1367-1370.
Filature du coton par les machines modernes : ouvrage de M. DELESSART. Rapport de M. IMBS, 343 (prix Roy).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Filetages. Pas de la Société d'Encouragement. Circulaire de M. le ministre de la Marine, 314, 319.
Filtre rotatif Lezé. Rapport de M. Rouart, 839.
Fours à ciments 1279; (Schmidt), 1281; (Dietzh), 1286; (Schaffer), 1287; (Brentano), 1288; (Johnson), 1290; (Famchon), 1291; (White), 1292; (Gibbons), 1293; (du Pasquier et Kavalowski), 1276; (de Ruddersdorff), 1296; (Hoffmann), 1297.
Frein dynamométrique, Ringelmann, — De sûreté, Meyer, 342.
Fresque Marzocchi. Rapport de M. Rossigneux, 821.
Froid. Conservation des viandes et produits alimentaires par le procédé Tellier. Rapports de MM. Hirsch et Lavollée, 350, 352.
— Machines frigorifiques à acide carbonique Hesketh (G. R.), 1217.
Fumivorité, 258.

G

Grisou. Explosions de —, 557.
— Indicateur de Clowes, 562.

H

Haveuses Boland, 1320; Ingersoil Sergeant, 1328.
Hélices multiples, 260.
Houilles pouvoir agglutinant (Campredon), 1365.
Hygromètre Coret. Rapport de M. Mascart, 1257.

I

Indicateur de vitesses Meyer, 343,

J

Jauge américaine nouvelle présentée par M. Egleston, 748.
Joint amovible, en caoutchouc pour tuyaux à bouts unis, système Boramé 62; rapport de M. Raffard, 337, méd. d'argent.

L

Lait concentré, usine de M. Genvrain; communication de M. Lezé, 65, 201.
Lavage des minerais, 566.
Légumineuses. Influence de la chaux sur les bactérioïdes des —, 371.
Locomotives articulées Compound Mallet; rapport de M. Sauvage, 628; méd. d'or.
— américaines, 265.
— chauffées au pétrole, 267.

M

Machine à réduire et sculpter du capitaine Chastanet; rapport de M. Tresca, 907.
Machines-outils. Traité des — de M. G. Richard; note de M. Sauvage, 416.
Marées (les). Ouvrage de M. Hatt, 420.
Masque respirateur Détourbe, 323.
Mécanique générale. *Revue* de (G. Richard), 239.
Médailles aux conférenciers, 779, 826.
— aux contremaitres et ouvriers, 831.
— grande médaille Chaptal décernée au *Comité de l'Afrique française;* rapport de M. Cheysson, 786.
Métallurgie. Revue des progrès de la —, par M. de Billy, 997.
— **Acier** au bore (Moissan et Charpy), 191.
— — au nickel (Wiggin), 1122.
— Analyse micrographique des aciers; mémoire de M. Osmond; rapport de M. Jordan, 476, 480. Prix de 2 000 fr., 793.
— *Trempe* des aciers — d'après M. Howe (H. Le Chatelier), 188, d'après Charpy (A. L. Chatelier, 1336). Mémoire de M. Charpy, 203, 660, 726; rapport de M. Hirsch, 655. Trempe des aciers extra-durs (Osmond), 1212.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

— Fabrication des petits lingots SMITH CASSON, 1120.
— **Alliages**, composition et constitution
— des — d'après WRIGHT (G. R.), 300.
— constitution d'après les mesures de forces électro-motrices, d'après LAURIE (H. LE CHATELIER 192).
— Constitution d'après les mesures de conductibilité électrique (H. LE CHATELIER), 384.
— Combinaisons définies des — (H. LE CHATELIER), 388.
— Dureté des — (H. LE CHATELIER), 1353.
— Fusibilité des — (H. LE CHATELIER), 519.
— d'aluminium (MOISSAN), 1357.
— du fer avec le silicium, l'aluminium et le chrome, travaux de M. HADFIELD; rapport de M. JORDAN, 519.
— **Fer.** Progrès de la métallurgie du —, par M. DE BILLY, 997; — du haut fourneau (PAUL BAYARD), 309.
— Traité de la métallurgie du fer de LEDEBUR. Rapport de M. JORDAN, 1259,
— Usage de la dolomie dans les hauts fourneaux, 400.
— Influence des divers éléments sur les fontes d'après ARNOLD (R. MASSE), 390.
— le silicium dans la fonte, 401.
— Analyse chimique du carbone total dans les fontes et aciers, 402.
— Influence de l'aluminium sur l'état du carbone dans les alliages de fer et de carbone d'après M. HOGG (R. MASSE), 397.
— **Cuivre** *Best Selected*, élimination des métaux étrangers ALLAN GIBB (R. MASSE), 740.
— *Four de grillage continu* BROWN, 1363.
— **Molybdène** pur fondu, préparation (H. MOISSAN), 743.
— **Or.** Extraction par le cyanure de potassium d'après ESSLER (LEPROUX), 170.
— Cyanuration électrolytique SIEMENS et HALSKE, 555.
— **Silicium.** Action sur le fer, le chrome et l'argent (H. MOISSAN), 1207. Applications métallurgiques du — et de l'aluminium (H. LE CHATELIER), 1196. Réduction par le charbon (MOISSAN), 884.
— Siliciures de nickel et de cobalt (VIGOUROUX), 1210, de manganèse (id.) 1354.
Meunerie. Revue de la —, par M. Colson Blanche, 926.
Mines. Revue des progrès de l'industrie minière, par M. LEPROUX, 546, 1315.
Moteurs à vapeur dans la marine, 262.
— Tuyauterie des —, 583.
— Influence des parois, 240.
— Économie actuelle, 242.
— à bielles triangulaires (G. R.), 577.
— Fonctionnement des —. Ouvrage de M. LELOUTRE, 421.
— Évaluation de l'humidité de la vapeur d'après UNWIN (G. R.), 402.
— **A gaz** et à pétrole en 1894. Ouvrage de M. G. RICHARD, 422.
— *A pétrole.* Concours de Meaux; rapport de M. RINGELMANN, 83. GRIFFIN, 112; GROB, 108, 112; HORNSBY, 101; MERLIN, 117; NIEL, 105, 109; WINTHERTUR, 111.

N

Nécrologie : MM. ARMAND DUMARESQ, membre du Conseil.
— DIDIER JEAN, 773.
— D'EICHTHAL, 772.
— GATELIER, 772.
— HACHE, 773, HOLZER, 773.
— LEMONNIER, membre du Conseil, 770.
— LEVANEVILLE, 772, PLON, membre du Conseil, 771.
— PASTEUR. Notice de M. Mascart, 1389. Paris C. C. 1391.
— RORET, 773.
— ROSEL, 773.
— ROUSSELLE, membre du Conseil; notice par M. CHEYSSON, 465, 771.

P

Peinture à la détrempe TESSIER; rapport de M. ROSSIGNEUX, 800.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pétroles. Prix des —, 84; composition, 85, 89; puissance calorifique, 89.
— Moteurs à —, 83.
Photographie. Industrie de la —; conférence de M. LUMIÈRE, 413.
Plantes fourragères nouvelles en France, 366; en Algérie, 372.
Poinçonnage des métaux. (BACLÉ ET FRÉMONT), 1383.
Pommes de terre. Utilisation pour l'alimentation du bétail (AIMÉ GIRARD), 364, 593.
Prix. Programme des —, 423.
— et encouragements, *séance générale*, 770.
— d'*Aboville* aux Frères de Saint-Jean de Dieu, 776; rapport de M. LAVOLLÉE, 789.
— FOURCADE à M. J. DETREZ, 778; rapport de M. AIMÉ GIRARD, 791.
— ROY, pour perfectionnements à l'industrie cotonnière, M. DELESSART; rapport de M. IMBS, 793.
— des *Beaux-Arts*, peinture à la détrempe, M. TESSIER; rapport de M. ROSSIGNEUX, 778, 800. Traité de la menuiserie de M. JAMIN, 778.
— de *Chimie*, 2000 fr. à M. OSMOND; micrométallurgie de l'acier; rapport de M. JORDAN, 793.
— de *Chimie*, 500 fr., à M. GARÇON: Ouvrage sur la teinture; Rapport de M. DE LUYNES, 794.
— du *Commerce*, pour l'étude d'un centre industriel en France; rapport de M. LAVOLLÉE, 805.
— d'*Électricité* pour la mesure de l'isolement d'une station électrique en activité, à MM. LARTIGUE et ROUX, 777.
— d'*Agriculture* pour la meilleure étude d'une région agricole en France, MM. GUERRIER, ALLARD et MARTIN; rapport de M. RISSLER, 798.
— pour la *purification des eaux potables*, MM. TELLIER, LACROIX, MARGUEN et SCHLUMBERGER; rapport de M. FONTAINE, 777, 795.
Propulseurs hydrauliques, 261.
Purgeur automatique pour chauffage des trains, 47.

R

Règle topographique du capitaine DELCROIX; rapport de M. le général SEBERT, 727.
Revues des Industries *chimiques* (Sorel) 147; *sucrerie* (Lindet), 147; *mécaniques* (G. Richard) 239; *agricoles* (Schribaux), 363; *Minières* (Leproux) 546 et 1315; *Métallurgiques* (de Billy); 997 de *Distillerie* Lindet, 911; *meunières* (Colson-Blanche), 926; du *Caoutchouc* (Chapel), 937; *des Travaux publics* (A. Moreau), 1053.

S

Sand blast et ses applications d'après HOLTZAPFEL (G. R.), 584.
Séances des 11 et 25 janvier 62 et 201; 8 et 22 février, 205 et 319; 8 et 22 mars, 319 et 412; 5 et 26 avril, 412 et 600; 10 et 24 mai, 602 et 748; 14 et 28 juin 749 et 769; 12 juillet 1885; 25 octobre 1387; 22 novembre et 13 décembre 1391.
Silicium (Voir **Métallurgie**).
Société technique impériale russe (KOUINDGY), 1033.
Sondage des lacs, communication de M. DELEBECQUE, 603.
Soudures pour laitons, d'après SCHWARKUS, 1203; de l'aluminium RICHARDS, 1206.
Stéréochimie, ouvrage de M. MONOT, 420.
Sucrerie. Perfectionnements de l'industrie sucrière par M. LINDET, 147. Nettoyage de la betterave, 148. Diffusion, 149. Épuration des jus, 151. Évaporation des jus, 159. Cuisson et cristallisation du sucre, 164. Turbinage, 169.
Sûreté. Appareils de M. L. MEYER; rapport de M. SIMON, 341.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

T

Table MALHERBE pour opérations chirurgicales sur les animaux; rapport de M. LAVALARD, 356.
— Notice de M. MALHERBE, 359. Médaille d'or.
Teinture en coton (Art de la) manuscrit de GONFREVILLE (GARÇON), 379.
Tendeur pour fils métalliques ROULLOT; rapport de M. le colonel PIERRE, 16.
Térébenthines brutes; procédé d'épuration G. COL; communication de M. BARDY, 873.
Thermo-siphon pour le chauffage des trains, 29.
Tirage à vent forcé dans les chaudières marines, expériences d'ELLIS, 254.
Tiroirs équilibrés HARGREAVES, 248. MAC DONALD, 247.
Tissus ondulés LECAISNE MARÉCHAL; rapport de M. SIMON, 824. Médaille de platine, 807.
Transmission électrique dans les ateliers conférence de M. HILLAIRET, 1166.
Transporteurs Temperley (communication de M. GUEROULT) 886. HUNT, 1375.
Transports dans Paris, ouvrage de M. MARTIN; rapport de M. LAVOLLÉE, 810. Médaille d'or, 807.
Travaux publics. Revue des —, par M. A. MOREAU, 1053.
Travaux *scientifiques* et *industriels* provoqués par la Société, 775.
Trieurs magnétiques, 553.
Trieuse-balance GOTTELMAN; rapport de M. SIMON, 12. Médaille d'argent, 807.
Trommel KOLB, 566.
Tubes à ailerons SERVE pour chaudières à vapeur, 257.
Tunnel de BLAKWALL, 1072.
Turbines à vapeur, communication de M. SOSNOWSKY, 749.
— hydraulique, théorie de M. DE FONTVIOLAND, 1224.
Tuyauteries de vapeur, 256.

V

Vapeur. Évaluation de l'humidité d'après UNWIN (G. R.), 402.
Vélocipèdes. Industrie des —; conférence de M. ABDANK ABAKANOWITCH.
— Roue ROULLOT, 16.
Verres et verres soudés. Dilatations des —, d'après SCHOTT (CHATENET), 1027.
Vins. Composition des raisins des cépages français, (AIMÉ GIRARD et LINDET), 960.
— Production et utilisation des principes fertilisants par la vigne (MUNTZ), 410.
— Qualité et fumures des vignes (MUNTZ), 598.
— Les vignes; ouvrage de M. MUNTZ, 1236.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLE DES PLANCHES ET DES DESSINS

PLANCHES

Fabrication des étoffes par effets de chaîne Duquesne, planche en couleur . . . 84
Analyse micrographique des aciers. — 4 planches doubles 480

DESSINS

Balance trieuse Gottelman. — 5 figures 14
Tendeur Roullot. — 2 figures. 16
Chauffage des trains de chemins de fer. — 13 figures 17
Extinction et silotage des chaux et ciments. — 1 figure. 53
Concours des moteurs à pétrole de Meaux. — 19 figures. 83
Perfectionnements de l'industrie sucrière. — 4 figures. 160
Dilatation des pâtes et couvertes céramiques. — 3 figures. 181
Modérateur pour frein à air comprimé Chapsal. — 4 figures 217
Revue de mécanique générale. — 41 figures. 238
Dosage du carbone dans le fer. — 6 figures 269
Composition et constitution des alliages d'après Wright. 305
Joints amovibles en caoutchouc Boramé. — 3 figures. 337
Appareils de sécurité L. Meyer. — 4 figures 341
Embrayage progressif Fargasse. — 2 figures. 345
Table pour opérations chirurgicales Malherbe. — 8 figures. 356
Constitution chimique des alliages. — 2 figures. 384
Influence physique de divers éléments sur le fer 395
Influence de l'aluminium sur l'état du carbone dans les fontes et aciers. . . . 399
Évaluation de l'humidité de la vapeur d'eau. — 5 figures. 402
Analyse micrographique des aciers. — 3 figures. 480
Revue de l'industrie des mines. — 13 figures. 546
Fusibilité des alliages métalliques. — 2 figures. 569
Machines à vapeur à bielles triangulaires. — 11 figures. 577
Le *Sand Blast* et ses applications. — 11 figures. 584

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Canalisations en béton Ransome. — 11 figures 588
Locomotives compound articulées Mallet. — 29 figures. 628
Anthèximètre Petit. — 21 figures. 646
Étude sur la trempe des aciers. — 29 figures. 660
Règle topographique Delcroix. — 7 figures. 727
Filtre centrifuge Lezé. — 3 figures 839
Encliquetage Roux. — 4 figures. 845
Compteur Samain. — 4 figures. 849
Machine à sculpter et à réduire Chastanet, 905. — 5 figures 908
Progrès de l'industrie meunière. — 2 figures. 926
Combustion des huiles minérales dans les lampes ordinaires. — 5 figures. . . 943
Machines à calculer Bollée. — 8 figures 977
Progrès de la métallurgie du fer. — 14 figures. 997
Revue des travaux publics. — 83 figures. 1053
Fabrication de l'air liquide. — 3 figures. 1114
Fabrication des petits lingots d'acier. — 6 figures. 1120
Distribution de force par l'eau sous pression. — 24 figures. 1124
Cardes à chapeaux chaînés Fauquet. — 19 figures 1157
Transmission électrique dans les ateliers. — 25 figures. 1166
Machines frigorifiques à acide carbonique Hesqueth. 1217
Hygromètre Coret. — 1 figure 1258
Organisation d'un service de dépêches. — 2 figures 1266
Revue de l'Industrie des chaux et ciments. — 42 figures 1278
— de l'Industrie minière. — 32 figures. 1314
Dureté des alliages. — 1 figure 1343
Four de grillage automatique Brown. — 5 figures. 1363
Transporteur de charbons Hunt. — 23 figures 1375

Le Gérant : GUSTAVE RICHARD.

Paris. — Typ. Chamerot et Renouard, 19, rue des Saints-Pères. — 33075.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires