Conditions d’utilisation des contenus du Conservatoire numérique

1- Le Conservatoire numérique communément appelé le Cnum constitue une base de données, produite par le Conservatoire national des arts et métiers et protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle. La conception graphique du présent site a été réalisée par Eclydre (www.eclydre.fr).

2- Les contenus accessibles sur le site du Cnum sont majoritairement des reproductions numériques d’œuvres tombées dans le domaine public, provenant des collections patrimoniales imprimées du Cnam.

Leur réutilisation s’inscrit dans le cadre de la loi nº 78-753 du 17 juillet 1978 :

- **la réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur ; la mention de source doit être maintenue (Cnum - Conservatoire numérique des Arts et Métiers - https://cnum.cnam.fr)**
- **la réutilisation commerciale de ces contenus doit faire l’objet d’une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.**

3- Certains documents sont soumis à un régime de réutilisation particulier :

- **les reproductions de documents protégés par le droit d’auteur, uniquement consultables dans l’enceinte de la bibliothèque centrale du Cnam. Ces reproductions ne peuvent être réutilisées, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l’autorisation préalable du titulaire des droits.**

4- Pour obtenir la reproduction numérique d’un document du Cnum en haute définition, contacter cnum(at)cnam.fr

5- L’utilisateur s’engage à respecter les présentes conditions d’utilisation ainsi que la législation en vigueur. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d’une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

6- Les présentes conditions d’utilisation des contenus du Cnum sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

NOTICE DE LA REVUE	
Auteur(s) ou collectivité(s)	**Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale**
Titre	**Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale**
Périodicité	**annuel ; semestriel**
Numérotation	**1re année (an 11, vend.)-52e année (1853) ; 53e année, 2e s. 1re année (1854)-72e année, 2e s. 20e année (1873) ; 73e année, 3e s. 1re année (1874)-84e année, 3e s. 12e année (1885) ; 85e année, 4e s. 1re année (1886)-94e année, 4e s. 10e année (1895) ; 95e année, 5e s. 1re année (1896)-99e année, 5e s. 6e année (1900) ; 100e année (1901)-143e année (1943).**
Adresse	**Paris : Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale, 1802-1943**
Collation	**166 vol. ; 26 cm**
Nombre de volumes	**166**
Cote	**Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale BSEIN**
Sujet(s)	**Progrès scientifique et technique Innovations -- France -- 19e siècle Innovations -- France -- 1900-1945**
Note	**Voir la note d'introduction au Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale. Collection numérisée : 1802-1943 (conservée au siège de la Société d'Encouragement)**
Notice complète	https://www.sudoc.fr/037924427
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?BSPI
LISTE DES VOLUMES	
	1802. An XI [1802]. 1e année
	1803. An XI-XII [1803]. 2e année
	1804. Messidor An XII [1804]- Prairial An XIII [1805]. 3e année. N. 1-12
	1805-1806. Messidor an XIII [1805]-Juin 1806. 4e année. N. 13-24
	1806-1807. Juin 1806-juin 1807. 5e année. N. 25-36
	1807. Juillet-décembre 1807. 6e année. N. 37-42
	1808. 7e année. N. 43-54
	1809. 8e année. N. 55-66
	1810. 9e année. N. 67-78
	1811. 10e année. N. 79-90
	1812. 11e année. N. 91-102
	1813. 12e année. N. 103-114
	1814. 13e année. N. 115-126
	1815. 14e année. N. 127-138
	1816. 15e année. N. 139-150
	1817. 16e année. N. 151-162

	1818. 17e année. N. 163-174
	1819. 18e année. N. 175-186
	1820. 19e année. N. 187-198
	1821. 20e année. N. 199-210
	1822. 21e année. N. 211-222
	1823. 22e année. N. 223-234
	1824. 23e année. N. 235-246
	1825. 24e année. N. 247-258
	1826. 25e année. N. 259-270
	1827. 26e année. N. 271-282
	1828. 27e année. N. 283-294
	1829. 28e année. N. 295-306
	1830. 29e année. N. 307-318
	1831. 30e année. N. 319-330
	1832. 31e année. N. 331-342
	1833. 32e année. N. 343-354
	1834. 33e année. N. 355-366
	1835. 34e année. N. 367-378
	1836. 35e année. N. 379-390
	1837. 36e année. N. 391-402
	1838. 37e année. N. 403-414
	1839. 38e année. N. 415-426
	1840. 39e année. N. 427-438
	1841. 40e année. N. 439-450
	1842. 41e année. N. 451-462
	1843. 42e année. N. 463-474
	1844. 43e année. N. 475-486
	1845. 44e année. N. 487-498
	1846. 45e année. N. 499-510
	1847. 46e année. N. 511-522
	1848. 47e année. N. 523-534
	1849. 48e année. N. 535-546
	1850. 49e année. N. 547-558
	1851. 50e année. N. 559-578
	1852. 51e année. N. 579-582
	1853. 52e année. N. 583-594
	1854. 53e année. 2e série, tome 1
	1855. 54e année. 2e série, tome 2
	1856. 55e année. 2e série, tome 3
	1857. 56e année. 2e série, tome 4
	1858. 57e année. 2e série, tome 5
	1859. 58e année. 2e série, tome 6
	1860. 59e année. 2e série, tome 7
	1861. 60e année. 2e série, tome 8
	1862. 61e année. 2e série, tome 9
	1863. 62e année. 2e série, tome 10
	1864. 63e année. 2e série, tome 11
	1865. 64e année. 2e série, tome 12
	1866. 65e année. 2e série, tome 13
	1867. 66e année. 2e série, tome 14

	1868. 67e année. 2e série, tome 15
	1869. 68e année. 2e série, tome 16
	1870. 69e année. 2e série, tome 17
	1871. 70e année. 2e série, tome 18
	1872. 71e année. 2e série, tome 19
	1873. 72e année. 2e série, tome 20
	1874. 73e année. 3e série, tome 1
	1875. 74e année. 3e série, tome 2
	1876. 75e année. 3e série, tome 3
	1877. 76e année. 3e série, tome 4
	1878. 77e année. 3e série, tome 5
	1879. 78e année. 3e série, tome 6
	1880. 79e année. 3e série, tome 7
	1881. 80e année. 3e série, tome 8
	1882. 81e année. 3e série, tome 9
	1883. 82e année. 3e série, tome 10
	1884. 83e année. 3e série, tome 11
	1885. 84e année. 3e série, tome 12
	1886. 85e année. 4e série, tome 1
	1887. 86e année. 4e série, tome 2
	1888. 87e année. 4e série, tome 3
	1889. 88e année. 4e série, tome 4
	1890. 89e année. 4e série, tome 5
	1891. 90e année. 4e série, tome 6
	1892. 91e année. 4e série, tome 7
VOLUME TÉLÉCHARGÉ	1893. 92e année. 4e série, tome 8
	1894. 93e année. 4e série, tome 9
	1895. 94e année. 4e série, tome 10
	1896. 95e année. 5e série, tome 1
	1897. 96e année. 5e série, tome 2
	1898. 97e année. 5e série, tome 3
	1899. 98e année. 5e série, tome 4
	1900. 99e année. 5e série, tome 5. 1er semestre
	1900. 5e série, tome 6. 2e semestre
	1901. 1er semestre
	1901. 2e semestre
	1902. 1er semestre
	1902. 2e semestre
	1903. 1er semestre
	1903. 2e semestre
	1904. 1er et 2e semestre
	1905. 1er et 2e semestre
	1906. 1er et 2e semestre
	1907. 1er et 2e semestre
	1908. 1er et 2e semestre
	1909. 1er semestre
	1909. 2e semestre
	1910. 1er semestre
	1910. 2e semestre
	1911. 1er semestre

	1911. 2e semestre
	1912. 1er semestre
	1912. 2e semestre
	1913.1er semestre
	1913. 2e semestre
	1914. 1er semestre
	1914. 2e semestre
	1915. 1er semestre
	1915. 2e semestre
	1916. 1er semestre
	1916. 2e semestre
	1917. 1er semestre
	1917. 2e semestre
	1918. 1er semestre
	1918. 2e semestre
	1919. 1er semestre
	1919. 2e semestre
	1920. 1er et 2e semestre
	1921. 1er et 2e semestre
	1922. 1er et 2e semestre
	1923. 1er et 2e semestre
	1924. 1er et 2e semestre
	1925. 1er et 2e semestre
	1926. 1er et 2e semestre
	1927. 1er et 2e semestre
	1928. 1er et 2e semestre
	1929. 1er et 2e semestre
	1930. 1er et 2e semestre
	1931. 1er et 2e semestre
	1932. 1er et 2e semestre
	1933. 1er et 2e semestre
	1934. 1er et 2e semestre
	1935. 1er et 2e semestre
	1936. 1er et 2e semestre
	1937. 1er et 2e semestre
	1938. 1er et 2e semestre
	1939 (janvier-décembre)
	1940-1941 (janvier,1940-juin,1940 ; juillet,1940-juin, 1941 ; juillet,1941-décembre,1941)
	1942 (janvier-décembre)
	1943 (janvier-décembre)
	Table cumulative (juillet 1802-1818). Relié avec Notice sur les travaux de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale. Suivi de : Extrait du procès-verbal de la séance ordinaire du mercredi 9 septembre 1818
	Table cumulative 1801-1837 (tomes 1 à 36)
	Table cumulative 1838-1851 (tomes 37 à 49)
	Table cumulative 1852-1854 (tomes 50 à 52)
	Table cumulative 1854-1863 (tomes 53 à 62)
	Table cumulative 1864-1873 (tomes 63 à 72)
	Table cumulative 1874-1883 (tomes 73 à 82)

	Table cumulative 1884-1893 (tomes 83 à 92)
	Table cumulative 1894-1900 (tomes 93 à 100)
	Table cumulative 1901-1910 (tomes 101 à 115)

NOTICE DU VOLUME TÉLÉCHARGÉ	
Titre	**Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale**
Volume	1893. 92e année. 4e série, tome 8
Adresse	**Paris : Société d'encouragement pour le développement de l'industrie nationale, 1893**
Collation	**1 vol. (906 p.) : ill., pl. 83-95 ; 26 cm**
Nombre de vues	**916**
Cote	**BSPI 92**
Sujet(s)	**Progrès scientifique et technique Innovations -- France -- 19e siècle**
Thématique(s)	**Machines & instrumentation scientifique**
Typologie	**Revue**
Langue	**Français**
Date de mise en ligne	**30/11/2009**
Date de génération du PDF	**02/02/2026**
Notice complète	https://www.sudoc.fr/037924427
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?BSPI.92

Note d'introduction au *Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale*

Fondée le 2 novembre 1801, la S.E.I.N. s'est donné pour but, dans la droite ligne des Lumières, de favoriser le progrès de l'économie nationale par l'encouragement à l'innovation technique et la promotion des "arts utiles" déjà appelée par l'*Encyclopédie*. Lors de sa création, elle a rassemblé un aréopage de hauts administrateurs et personnalités politiques, savants et professeurs, banquiers et négociants, industriels et grands manufacturiers. Elle est ensuite restée durablement marquée par cet aspect élitaire de ses origines, qui correspondait au vœu du Premier Consul de réconcilier les élites d'avant et d'après 1789. Elle a eu pour présidents successifs trois chimistes de premier plan, J.-A. Chaptal (ministre de l'Intérieur sous le Consulat), L.-J. Thenard (grand notable sous la Monarchie de Juillet) et J.-B. Dumas (ministre du Commerce sous la IIe République). A partir de 1884, les présidents seront issus des grands corps techniques de l'Etat et élus pour une durée limitée à trois années.

Très rapidement, la Société d'Encouragement a entrepris de publier un *Bulletin* comme support important de son activité et de sa sociabilité. Il est paru sans interruption de 1802 à 1943. Ce *Bulletin* a eu pour finalité première et essentielle de rendre compte, mois par mois, des travaux de son Conseil composé à l'origine de cinq Comités spécialisés (Arts mécaniques, Arts chimiques, Arts agricoles, Arts économiques, Commerce). Ces Comités remplissent une mission d'expertise des inventions et découvertes qui leur sont soumises, et d'encouragement à l'innovation par le biais de prix, concours et récompenses. Le *Bulletin* est très vite devenu bien davantage qu'un organe interne de la Société, comportant, en plus des rapports des Comités, des listes de brevets français et étrangers, des notices d'actualité, des comptes rendus bibliographiques et, à partir de la fin du XIXe siècle, des articles de fond.

De la sorte, le *Bulletin* s'est affirmé comme un instrument majeur d'information technique et industrielle. Son rayonnement est suffisamment attesté par le nombre de ses articles reproduits *in extenso*, résumés ou traduits dans nombre de périodiques français et étrangers. Fort de près de 500 pages dès le milieu du XIXe siècle, il s'est enrichi très fortement au début du XXe pour avoisiner les 2 000 ! Dès le début, le *Bulletin* a été accompagné de planches gravées sur cuivre, en hors-texte, qui témoignent de l'avènement du nouveau graphisme technique développé autour du Conservatoire des arts et métiers où il est formalisé par Leblanc (fils). A partir de 1855, des gravures sur bois sont également insérées dans le corps du texte. La photographie est régulièrement utilisée pour les illustrations au milieu des années 1890. Avec certains volumes, sont parfois reliées diverses brochures (annonces de prix et concours, liste des membres…).

La S.E.I.N. s'est attachée à rendre l'information accessible en publiant des Tables analytiques – indépendamment des tables annuelles présentes dans chaque volume. Dans un premier temps, ces tables indexent tout à la fois les matières et les noms cités dans les titres des articles (ces noms étant aussi bien ceux des inventeurs expertisés ou récompensés que ceux des rapporteurs ou auteurs d'articles de fond). Par la suite, après 1900, matières et noms seront présentées séparément. Les planches ont fait l'objet de tables spécifiques – tant annuelles que récapitulatives – depuis l'origine jusqu'à leur disparition en 1900. Les *Bulletins* correspondent formellement à six séries, ce qui détermine leur référencement. Néanmoins, il est plus souvent fait usage de leur numéro d'ordre absolu (la numérotation commençant en 1802) ou de l'année de parution (en notant le semestre pour les années 1900 à 1903 et 1909 à 1919). On dispose alors de dix tables (publiées entre 1820 et 1912), couvrant la période 1802?1910.

- **1ère Série, 1802-1853 (tome 1 à 52) : tables publiées en 1820 (années 1802 à 1818), en 1838 (années 1802 à 1837), en 1851 (années 1838 à 1850) et en 1854 (années 1851 à 1853). A noter que les deux premières années ont été rééditées en 1819 avec modifications ; l'édition ici numérisée, qui est la seconde, apparaît seule dans la table de 1838.**
- **2ème Série, 1854-1873 : tables publiées en 1865 (années 1854 à 1863) et en 1874 (années 1864 à 1873).**
- **3ème Série, 1874-1885 ; 4ème Série, 1886?1895 ; 5ème Série, 1896?1900 : tables publiées en 1889 (années 1874 à 1883), en 1895 (années 1884 à 1893) et 1902 (années 1894 à 1900).**
- **Dernière série, 1901?1943 : une seule table publiée en 1912 (années 1901 à 1910). Au delà de 1910, il est**

nécessaire de se reporter aux tables publiées annuellement.

Pour en savoir plus

- **R. Tresse, « le Conservatoire des arts et métiers et la Société d'encouragement pour l'industrie nationale », *Revue d'histoire des sciences*, t. 5, 1952, p. 246?264.**
- **P. Redondi, « Nation et Entreprise : la Société d'encouragement pour l'industrie nationale, 1801-1818 », *History and Technology*, 5, 1988, p.193-222.**
- **S. Chassagne, « Une institution originale de la France post-révolutionnaire et impériale : la Société d'encouragement pour l'industrie nationale », *Histoire, économie et sociétés*, 3e trimestre 1989, p.147-165.**
- **D. Blouin, « La Société d'encouragement : lieux et étapes. I.- Les premières implantations, les premières ambitions, les premières manifestations, 1801-1812 », *L'Industrie nationale*, 1er semestre 1996, p. 11-22.**
- **M. Letté, « Henry Le Chatelier et les réformes de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale , 1884-1900 », *Sciences et techniques en perspective*, 2e série, t. 1, 1997, p. 347-404.**
- **S. Benoit et D. Blouin, « Des espaces au service d'un projet: les hôtels de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale et leurs fonctions au XIXe siècle, 1801-1914 », p. 175-191 dans A. Despy-Meyer éd., *Institutions and Societies for Teaching, Research and Popularisation*, Turnhout, Brepols, 2000.**
- **S. Benoit, G.Emptoz et D. Woronoff (dir.), *Encourager l'innovation en France et en Europe. Autour du bicentenaire de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, Paris, CTHS, 2006.**

Voir le catalogue et accèder aux volumes numérisés

Fonds documentaires de la SEIN gérés par la Commission d'Histoire

Les fonds patrimoniaux (bibliothèque et archives) de la S.E.I.N. sont conservés et consultables au siège de la Société d'Encouragement : 4, place Saint-Germain-des-Prés, 75006 PARIS. Ces fonds comportent des livres et des brochures ainsi que des collections de périodiques français et étrangers, relevant pour l'essentiel du XIXe siècle et du premier tiers du XXe. Il n'existe pas actuellement d'inventaire détaillé des ouvrages. Le récolement est en cours.

Pour toute recherche, les membres de la Commission d'Histoire sont à la disposition des lecteurs pour les guider parmi les fonds. Une permanence est organisée, pour l'accueil des chercheurs, tous les vendredis de 10h à 18h. Il est aussi possible, dans certains cas et notamment dans le cas de personnes venant de province ou de l'étranger, d'obtenir des rendez-vous particuliers (le lundi par exemple).

- Site internet de la S.E.I.N. **:**

S. E. I. N.
Bibliothèque

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

POUR

L'INDUSTRIE NATIONALE

B5?1-92

PUBLIÉ

SOUS LA DIRECTION DES SECRÉTAIRES DE LA SOCIÉTÉ

MM. ED. COLLIGNON & AIMÉ GIRARD

QUATRIÈME SÉRIE. — TOME VIII. — 1893

Pour faire partie de la Société, il faut être présenté par un membre et être nommé par le Conseil d'administration.

(*Extrait du Règlement.*)

PARIS

SIÈGE DE LA SOCIÉTÉ, RUE DE RENNES, 44

—

1893

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 1 à 4 heures.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

92e ANNÉE. Quatrième Série, Tome VIII. JANVIER 1893.

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 23 DÉCEMBRE 1892 POUR L'ANNÉE 1893

BUREAU.

Année de l'entrée au Conseil.

Président.

1866. — TISSERAND (Eug.) (G. O. ✲), conseiller d'État, directeur au Ministère de l'agriculture, rue du Cirque, 17.

Vice-présidents.

1876. — PIERRE (A.-C.-P.) (C. ✲), colonel d'artillerie en retraite, rue de Varenne, 14.
1876. — DAVANNE (O. ✲), président du Comité d'administration de la Société française de photographie, rue des Petits-Champs, 82.
1883. — MASCART (C. ✲), membre de l'Institut, professeur au Collège de France, directeur du Bureau central météorologique, rue de l'Université, 176.
1869. — ROY (G.) (C. ✲), ancien président de la Chambre de commerce de Paris, membre du Comité consultatif des arts et manufactures, rue de Tilsitt, 12.

Secrétaires.

1876. — COLLIGNON (Ed.) (✲), inspecteur général des ponts et chaussées, inspecteur de l'École des ponts et chaussées, rue des Saints-Pères, 28.
1876. — GIRARD (Aimé) (O. ✲), 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 (✲), rue des Mathurins, 30.

Censeurs.

1864. — LEGRAND (Al.), vice-secrétaire de la Société des amis des sciences, rue Bel-Respiro, 11.
1884. — BORDET, inspecteur des finances, ancien élève de l'École polytechnique, boulevard Saint-Germain, 181.

Membre honoraire du bureau.

1864. — LAVOLLÉE (Ch.) (✲), ancien préfet, rue de Passy, 78. *Vice-président honoraire.*

Commission des fonds.

1864. — LEGRAND (Al.), vice-secrétaire de la Société des amis des sciences, rue Bel-Respiro, 11.
1868. — GOUPIL DE PRÉFELN (✲), rue des Mathurins, 30.
1876. — BISCHOFFSHEIM (✲), membre de l'Institut, rue Taitbout, 3.
1884. — BORDET, inspecteur des finances, ancien élève de l'École polytechnique, boulevard Saint-Germain, 181.
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, 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.

Comité des arts mécaniques.

1869. — HATON DE LA GOUPILLIÈRE (O. ✲), membre de l'Institut, directeur de l'École nationale supérieure des mines, boulevard Saint-Michel, 60.
1876. — PIERRE (A.-C.-P.) (C. ✲), colonel d'artillerie en retraite, rue de Varenne, 14.
1876. — COLLIGNON (Ed.) (✲), ingénieur en chef des ponts et chaussées, inspecteur de l'École 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 (Ch.) (✲), ingénieur, professeur au Conservatoire des arts et métiers et à l'École centrale des arts et manufactures, rue Saint-Lazare, 94.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Année de l'entrée au Conseil.

1881. — Simon (Ed.), ingénieur, boulevard Montparnasse, 89.
1884. — Lévy (Maurice) (O. ✲), membre de l'Institut, professeur au Collège de France et à l'École centrale, boulevard Saint-Germain, 258.
1884. — Brüll (✲), ingénieur, ancien élève de l'École polytechnique, boulevard Malesherbes, 117.
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 à l'École des ponts et chaussées et au Conservatoire des arts et métiers, rue Castiglione, 1.
1889. — Lemonnier (✲), ingénieur, rue de Rivoli, 194.
1890. — Bienaymé (O. ✲), directeur des constructions navales, rue de Rennes, 74.
1891. — Richard (Gustave) (✲), directeur de la Société de constructions mécaniques spéciales, rue Lecourbe, 246.
1891. — Imbs (✲), professeur au Conservatoire des arts et métiers, rue Meissonier, 6.
1891. — Sauvage, ingénieur des mines, professeur à l'École des mines, rue Chaptal, 4.

Comité des arts chimiques.

1862. — De Luynes (Victor) (O. ✲), professeur au Conservatoire des arts et métiers, rue de Bagneux, 16.
1872. — Troost (O. ✲), membre de l'Institut, professeur à la Faculté des sciences, rue Bonaparte, 84.
1876. — Schutzenberger (P.) (O. ✲), professeur au Collège de France, membre de l'Académie de médecine, rue Séguier, 18.
1876. — Girard (Aimé) (O. ✲), 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.) (✲), ingénieur, professeur à l'École centrale des arts et manufactures, boulevard Saint-Germain, 28.
1880. — Jungfleisch (✲), professeur à l'École de pharmacie, membre de l'Académie de médecine, rue des Écoles, 38.
1883. — Carnot (Adolphe) (O. ✲), ingénieur en chef 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, rue Lafayette, 105.
1887. — Roussin (Z.) (✲), ancien professeur à l'École du Val-de-Grâce, boulevard de la Tour-Maubourg, 48.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Année de l'entrée au Conseil.

1887. — VÉE (Amédée) (✲), ancien président du syndicat des produits chimiques, rue Vieille-du-Temple, 24.
1889. — VIEILLE (✲), ingénieur des poudres et salpêtres, quai Bourbon, 19.
1890. — JORDAN (S.) (O. ✲), ingénieur, professeur à l'École centrale des arts et manufactures, rue Viète, 5.

Comité des arts économiques.

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. — PARIS (F.-E.) (G. C. ✲), vice-amiral, membre de l'Institut et du Bureau des longitudes, au Louvre (musée de la marine), et rue Jacob, 22.
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.
1876. — SEBERT (général H.) (C. ✲), administrateur des forges et chantiers de la Méditerranée, rue de la Cerisaie, 13.
1883. — BARDY (✲), directeur du laboratoire central des contributions indirectes, rue du Général-Foy, 32.
1883. — MASCART (C. ✲), membre de l'Institut, professeur au Collège de France, directeur du Bureau central météorologique, rue de l'Université, 176.
1883. — LAUSSEDAT (C. ✲), colonel du génie, 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, ingénieur des ponts et chaussées, boulevard Saint-Germain, 21.
1887. — CARPENTIER (✲), ingénieur, ancien élève de l'École polytechnique, rue du Luxembourg, 34.
1888. — RAYMOND (O. ✲), directeur de l'École supérieure de télégraphie, boulevard de Courcelles, 87.
1888. — MAYER (O. ✲), ingénieur en chef conseil de la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest, boulevard Malesherbes, 66.
1891. — ROUART (Henri) (O. ✲), ingénieur-constructeur, boulevard Voltaire, 137.

Comité d'agriculture.

1864. — CHATIN (O. ✲), membre de l'Institut, rue de Rennes, 149.
1866. — TISSERAND (Eug.) (G. O. ✲), conseiller d'État, directeur au ministère de l'agriculture, rue du Cirque, 17.
1866. — HEUZÉ (G.) (O. ✲), inspecteur général honoraire de l'agriculture, rue Berthier, 27, à Versailles (Seine-et-Oise).
1876. — PASTEUR (L.) (G. C. ✲), membre de l'Institut, rue Dutot, 25.
1879. — RISLER (C. ✲), directeur de l'Institut agronomique, rue de Rennes, 106 *bis*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Année de l'entrée au Conseil.

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 civil, 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.
1882. — MUNTZ (Achille) (O. ✲), professeur à l'Institut national agronomique, rue de Condé, 14.
1882. — PRILLIEUX (E.) (O. ✲), inspecteur général de l'enseignement agricole, professeur à l'Institut national agronomique, rue Cambacérès, 14.
1884. — MURET (✲), membre de la Société nationale d'agriculture de France, place du Théâtre-Français, 4.
1885. — THENARD (baron Arnould) (✲), chimiste-agriculteur, place Saint-Sulpice, 6.
1888. — LIÉBAUT (O. ✲), président de la Chambre syndicale des ingénieurs constructeurs-mécaniciens, avenue Marceau, 72.
1889. — DEMONTZEY (O. ✲), inspecteur général des eaux et forêts, rue Baudin, 24.
1889. — KRANTZ (✲), député, boulevard Saint-Germain, 226.

Comité des constructions et des beaux-arts.

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 Neuve-des-Petits-Champs, 82.
1876. — DUFRESNE DE SAINT-LÉON (comte) (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) (✲), maître des requêtes au Conseil d'État, avenue Marceau, 54.
1876. — HUET (E.) (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.
1879. — ROSSIGNEUX (Ch.) (✲), architecte, quai d'Anjou, 23.
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. — DE ROMILLY (Félix), ancien président de la Société française de physique, avenue Montaigne, 25.
1885. — APPERT (Léon) (O. ✲), ingénieur-verrier, rue de Londres, 50.
1887. — PLON (E.) (✲), imprimeur-éditeur, rue Garancière, 8.
1892. — FROMENT-MEURICE, fabricant d'orfèvrerie, rue Saint-Honoré, 372.

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.
1858. — Rondot (Natalis) (C. ✲), délégué de la Chambre de commerce de Lyon, rue Saint-Joseph, 20, 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 la Seine, 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 e chaussées, boulevard Saint-Germain, 115.
1890. — Gibon (✲), ancien directeur des usines de Commentry, rue de Grenelle, 42.
1892. — Grüner (E.), secrétaire du comité central des Houillères de France, rue Férou, 6.

MEMBRES HONORAIRES.

1856. — Trélat (Émile) (O. ✲), architecte, professeur au Conservatoire des arts et métiers, boulevard Montparnasse, 136.
1871. — De Turenne (marquis) (✲), ancien élève de l'École Polytechnique, rue Vézelay, 9.

MEMBRES CORRESPONDANTS

Comité des arts mécaniques.

Correspondants français.

Buffaud, mécanicien-constructeur, chemin de Barraban, 27, à Lyon.
De Quillacq, constructeur-mécanicien, à Anzin (Nord).
Petit (Émile), ingénieur civil, château de Suduirant (Gironde).
Jarre, directeur des usines d'Ornans (Doubs).
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 (Aimé), docteur ès sciences, ingénieur des arts et manufactures, rue d'Antin, 26, à Lille.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Correspondants étrangers.

CHAPMAN (Henry), ingénieur-conseil, Victoria Street, 69, Westminster (S. W.), à Londres.
COLLADON (Daniel), ingénieur, correspondant de l'Académie des sciences, boulevard du Pin, 1, à Genève.
SELLERS (W.), constructeur-mécanicien, à Philadelphie (États-Unis).
LLAURADO, ingénieur en chef des forêts d'Espagne, à Madrid.
SULZER-STEINER, de la maison Sulzer frères, à Winterthur (Suisse).
DWELSHAUVERS-DERY, ingénieur, professeur à l'Université de Liège (Belgique).
HABICH, directeur de l'École des mines à Lima (Pérou).
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 (Alsace).

Comité des arts chimiques.

Correspondants français.

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

Correspondants étrangers.

ABEL (Frédéric-Auguste), président de la commission gouvernementale des explosifs, Cadogan place, 40, à Londres.
BESSEMER (sir Henry), à Londres.
DIDIERJEAN (comte), directeur général de la Compagnie des cristalleries de Saint-Louis à Münzthal-Saint-Louis (Lorraine).
LOWTHIAN BELL, chimiste-manufacturier, à Rounton-Grange, Northallerton (Angleterre).
SOLVAY, fabricant de produits chimiques, à Bruxelles.
CANIZZARO, professeur à l'Université de Rome.
MENDELEEF, professeur à l'Université de Saint-Pétersbourg.
ROSCOE (Henry Enfield), Bramham garden's, 10, South-Kensington (S. W.), à Londres.

Comité des arts économiques.

Correspondants français.

BERJOT, pharmacien-chimiste, à Caen (Calvados).
LOREAU, manufacturier, à Briare (Loiret).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MAME, éditeur, à Tours (Indre-et-Loire).
DE CHARDONNET, ancien élève de l'École polytechnique, rue Cambon, 43, Paris.

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, Lancastergate, 14, Hyde-Park, à Londres.
CROOKES (William), directeur du journal *The Chemical News*, Boy Court, Ludgate Hill (E. C.), 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 Mulhouse (Alsace).

Comité d'agriculture.

Correspondants français.

LE CLER, ingénieur des polders de la Vendée, à Bouin (Vendée).
MARÈS (Henri), correspondant de l'Académie des sciences, à Montpellier (Hérault).
PERRET (Michel), agriculteur, à Tullins (Isère), place d'Iéna, 7, à Paris.
PHILIPPAR, directeur de l'École d'agriculture, à Grignon (Seine-et-Oise).
RÉMOND, agriculteur à Minpincien, par Guigues-Rabutin (Seine-et-Marne).
GROSJEAN, inspecteur général de l'enseignement agricole, rue Pierre-Guérin, 4 *bis*, à Paris.
COCHARD, président de la Société d'agriculture de Montmédy (Meuse).
MILLIAU (Ernest), chimiste, à Marseille.
BRIOT, inspecteur des forêts, à Chambéry (Savoie).

Correspondants étrangers.

ANNENKOFF (général), à Saint-Pétersbourg.
JUHLIN-DANNFELT, Great Winchester Street, 127 (E. G.), à Londres.
DE CANDOLLE (Alphonse), à Genève.
LAWES (sir Bennett), membre de la Société royale de Londres, à Rothamstead (Angleterre).
GILBERT (Dr), membre de la Société royale de Londres, à Rothamstead (Angleterre).
REYNOLD (John-P.), président du service agricole de l'Illinois, à Chicago (États-Unis).
MARCANO, professeur d'économie rurale à l'Université de Caracas (Venezuela).
MIRAGLIA, directeur de l'agriculture à Rome.

Comité du commerce.

Correspondants français.

BERGASSE, négociant, à Marseille.
SIEGFRIED (Jules), député, négociant au Havre.
FABRE (Cyprien), président de la Chambre de commerce, à Marseille.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

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.

Correspondants étrangers.

De Hemptine (comte Paul), 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, place Saint-Bernard, 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).
Pepratx (Eugène), ancien banquier, à Perpignan. . . . . .

Correspondants étrangers.

Carlos Relvas, à Collega (Portugal).
Menabrea (général comte de), ambassadeur d'Italie, rue de l'Élysée, 14, à Paris.
Pollok, ingénieur-consultant, à Washington (États-Unis).
Millais (Francis), baronnet, membre de l'Académie de peinture de Londres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ÉTAT FINANCIER DE LA SOCIÉTÉ

RAPPORT FAIT PAR M. G. FOURET, AU NOM DE LA COMMISSION DES FONDS, SUR LES COMPTES DE L'EXERCICE 1891

MESSIEURS,

J'ai l'honneur, conformément à l'article 31 des statuts, de vous présenter, au nom de la Commission des fonds, le résumé des comptes de l'exercice 1891, en le divisant, comme par le passé, en trois parties : fonds généraux, fonds d'accroissement et fondations spéciales.

1re PARTIE

FONDS GÉNÉRAUX

Les recettes de l'exercice 1891 ont été les suivantes :

	fr. c.
1° Excédent de recettes reporté de l'exercice 1890	7 090,95
2° Cotisation des membres de la Société : 549 cotisations, à 36 francs l'une	19 764 »
3° Dons divers	1 243,20
4° Abonnements au *Bulletin* de la Société : 99 abonnements, à 36 francs l'un	3 564 »
5° Vente de numéros dudit *Bulletin*	402,50
6° Locations diverses	12 873,80
7° Arrérages de rentes	61 454,50
8° Intérêts des sommes en dépôt	33,55
TOTAL	106 426,50

Les dépenses se décomposent comme il suit :

1° Prix, médailles et récompenses diverses	23 021,80
2° *Bulletin* tiré à 900 exemplaires : frais de rédaction, d'impression et d'expédition ; remises aux libraires	21 391,20
3° Impressions diverses : Annuaire, Procès-verbaux, Circulaires, etc..	3 726,35
4° Bibliothèque : traitement des agents, reliures et acquisitions	5 375,50
5° Agence et économat : traitement des agents et employés, frais divers	13 878 »
6° Jetons de présence	5 450 »
7° Hôtel de la Société : travaux d'aménagement, d'entretien et de réparations	21 227,75
8° Mobilier	414,10
A reporter	94 484,70

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

	fr. c.
Report	94 484,70
9° Chauffage, éclairage, eaux de la ville, vidange.	2 464,55
10° Contributions et assurances.	2 927,85
11° Frais d'expériences et de recherches exécutées sous les auspices de la Société	2 000 »
12° Pensions.	3 499,80
13° Subventions et souscriptions diverses.	120 »
14° Divers, comprenant certaines avances temporaires à diverses fondations.	312,25
TOTAL.	105 809,15
L'excédent des recettes sur les dépenses est de	617,35
TOTAL ÉGAL à celui des recettes. .	106 426,50

Le montant des dépenses concernant l'hôtel de la Société dépasse notablement les frais ordinaires nécessités par son entretien. Cette augmentation est due aux dépenses occasionnées par l'installation d'un moteur à air comprimé, de l'éclairage électrique et d'un nouveau système de ventilation.

Une nouvelle souscription à vie a été versée en 1890 par M. Sauvage. Le montant en a été placé en rente 3 p. 100, conformément aux statuts.

2e PARTIE

FONDS D'ACCROISSEMENT

Fondation destinée à développer et à perpétuer l'œuvre créée par le comte et la comtesse Jollivet.

Cette fondation a pour but de fournir, dans l'avenir, de nouvelles ressources à notre Société, en capitalisant jusqu'en 1933 les sommes provenant d'un legs du comte et de la comtesse Jollivet et d'une série de prélèvements opérés, dans ces dernières années, sur les fonds généraux.

Une somme de 4958 fr. 10, représentant presque intégralement les revenus de la fondation, a été employée, dans le cours de l'exercice, à l'achat de 156 francs de rente 3 p. 100. L'avoir de cette fondation, au 31 décembre 1891, comprenait une inscription de 5096 francs de rente 3 p. 100 et un reliquat de 122 fr. 05.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

3e PARTIE

FONDATIONS ET DONS SPÉCIAUX

1° Grand prix fondé par le marquis d'Argenteuil.

Une somme de 40 000 francs, léguée à notre Société par le marquis d'Argenteuil, a servi à instituer un prix, qui doit être décerné, tous les six ans, à l'auteur de la découverte la plus utile au développement de l'industrie française.

La fondation possédait, au 31 décembre 1891, un titre de 2 000 francs de rente 3 p. 100 et une somme de 14 213 fr. 55.

2° Legs Bapst.

Cette fondation se compose de deux parties. L'une d'elles, destinée à venir en aide aux inventeurs malheureux, possède un revenu de 1 565 fr. 20 de rente 3 p. 100. Les secours distribués en 1891 se sont élevés à la somme de 1 600 francs. Il y avait en caisse, au 31 décembre dernier, un reliquat de 30 fr. 40.

La seconde partie du legs, destinée à aider les inventeurs dans leurs recherches, n'a pu être utilisée que dans une proportion minime. Sur un revenu de 3 154 fr. 80, il n'a été alloué que 750 francs. Une somme de 1 787 fr. 50 a été consacrée à l'achat de 56 francs de rente 3 p. 100. L'avoir de cette partie de la fondation comprenait, au 31 décembre dernier, une inscription de 3 210 fr. 80 de rente 3 p. 100 et une somme de 1 508 fr. 30.

3° Fondation Christofle et Bouilhet pour la délivrance des premières annuités de brevets.

Six premières annuités de brevets ont été accordées en 1891 et ont donné lieu, avec les frais, à une dépense de 630 francs. La fondation possédait, au 31 décembre dernier, une inscription de 1 036 francs de rente 3 p. 100 et un solde de 1 171 fr. 65.

4° Fondation de la princesse Galitzine.

Cette fondation consiste en un don de 2 000 francs, qui s'accroît chaque année des intérêts capitalisés et devra servir ultérieurement à créer un prix, sur la proposition du Comité des arts économiques. Son avoir, au 31 décembre 1891, consistait en quatorze obligations 3 p. 100 des chemins de fer de l'Est et un reliquat de 326 fr. 70.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

5° Fondation Carré.

Le don de 1 000 francs, qui a servi de base à cette fondation, n'a pas encore reçu de destination spéciale. Les intérêts sont capitalisés chaque année. Dans ce but il a été acheté en 1891 une obligation 3 p. 100 des chemins de fer de l'Est. La fondation possédait au 31 décembre dernier, six obligations de cette nature.

6° Fondation Fauler (industrie des cuirs).

Le but de cette fondation est de procurer des secours à des ouvriers ou contremaîtres malheureux de l'industrie des cuirs, qui se sont signalés par de bons services. Un secours de 250 francs a été alloué en 1891. L'excédent des revenus a permis d'acheter une nouvelle obligation des chemins de fer de l'Est.

L'avoir de la fondation comprenait, au 31 décembre dernier, quarante-trois obligations 3 p. 100 de diverses compagnies de chemins de fer, rapportant annuellement 619 fr. 20, et un reliquat de 18 fr. 85.

7° Fondation Legrand (industrie de la savonnerie).

Cette fondation a pour objet de venir en aide à des ouvriers ou contremaîtres de l'industrie de la savonnerie, qui se sont fait remarquer par leurs bons services. Aucun secours n'a été alloué en 1891. Il a été acheté trois obligations des chemins de fer de l'Est.

La fondation possédait, au 31 décembre dernier, soixante-deux obligations 3 p. 100 des chemins de fer de l'Est, donnant un revenu annuel de 892 fr. 80, et un reliquat de 45 fr. 70.

8° Fondation Christofle et Bouilhet en faveur des artistes industriels malheureux.

Un secours de 50 francs a été accordé sur cette fondation en 1891. L'excédent de revenus a permis d'acheter une nouvelle obligation de chemins de fer.

La fondation possédait, au 31 décembre dernier, vingt-sept obligations 3 p. 100 et une obligation 5 p. 100 des chemins de fer de l'Est. Il y avait de plus en caisse une somme de 157 fr. 55.

9° Fondation de Milly (industrie de la stéarine).

L'objet de cette fondation est de procurer des secours, dans le domaine de l'industrie de la stéarine, à des ouvriers ou contremaîtres malheureux ou

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ayant contracté quelque infirmité dans l'exercice de leur profession. Aucun secours n'a été accordé en 1891. Au moyen des ressources disponibles, il a été acheté deux nouvelles obligations de chemins de fer.

L'avoir de la fondation, au 31 décembre dernier, comprenait trente-neuf obligations de la Compagnie des chemins de fer de l'Est, donnant un revenu annuel de 561 fr. 60 et un reliquat de 211 fr. 95.

10° **Fondation de Baccarat (industrie de la cristallerie).**

Cette fondation a pour but de venir en aide à des ouvriers ou contremaîtres, malheureux ou infirmes, de l'industrie de la cristallerie. Aucun secours n'a été alloué en 1891.

La fondation possédait, au 31 décembre dernier, huit obligations 3 p. 100 des chemins de fer de l'Est, rapportant annuellement 116 fr. 40 et une somme en caisse de 213 fr. 75.

11° **Fondation Ménier (industrie des arts chimiques).**

L'objet de cette fondation est de procurer des secours à des ouvriers ou contremaîtres de l'industrie des arts chimiques. Aucune somme n'a été allouée en 1891. Sur les fonds disponibles, il a été acheté une obligation de chemins de fer.

L'avoir de la fondation, au 31 décembre dernier, se composait de neuf obligations 3 p. 100 et de deux obligations 5 p. 100 des chemins de fer de l'Est. Il y avait de plus en caisse une somme de 588 francs.

12° **Grand Prix de la Société d'Encouragement.**

Un prix, d'une valeur de 12 000 francs, a été institué par notre Société, pour récompenser, tous les six ans, une découverte ou un perfectionnement d'un grand intérêt pour l'industrie nationale. Il doit être décerné en 1895. Une réserve de 13826 fr. 20, constituée au 31 décembre 1891, dépasse le montant de ce prix et rend par conséquent inutile, dans le présent, tout prélèvement nouveau sur les fonds généraux.

13° **Prix de la classe 27 à l'Exposition universelle de 1867 (industrie cotonnière).**

Sur l'initiative de M. Gustave Roy, les exposants de la classe 27, à l'Exposition de 1867, ont fait don à notre Société d'une somme de 13 169 fr. 85, pour instituer un prix à décerner, tous les six ans, à celui qui aura le plus contribué au développement ou aux progrès de l'industrie cotonnière en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

France. Ce prix, d'une valeur de 4 000 francs, pourra être décerné, s'il y a lieu, en 1896. La fondation possédait, au 31 décembre dernier, quarante-trois obligations 3 p. 100 de la Compagnie des chemins de fer de l'Est et une somme en caisse de 3 910 fr. 50.

14° Prix de la classe 65 à l'Exposition universelle de 1867 (génie civil et architecture).

Les exposants de la classe 65, à l'Exposition universelle de 1867, sur la proposition de M. Elphège Baude, ont fait don à notre Société d'une somme de 2 315 fr. 75, avec les revenus de laquelle on a fondé un prix, à décerner, tous les cinq ans, à l'auteur d'un perfectionnement important apporté au matériel ou aux procédés du génie civil, des travaux publics ou de l'architecture. Ce prix, qui consiste en une médaille d'or de 500 francs, vient à échéance en 1895 et sera décerné, s'il y a lieu, en 1896.

L'avoir de la fondation se composait, au 31 décembre dernier, de douze obligations 3 p. 100 de la Compagnie de l'Est et d'un solde de 344 fr. 75.

15° Prix de la classe 47 à l'Exposition universelle de 1878 (industrie des produits chimiques).

Sur l'initiative de notre regretté collègue M. Fourcade, les exposants de la classe 47, à l'Exposition universelle de 1878 ont versé à notre Société une somme dont le revenu est destiné à récompenser, chaque année, un ouvrier de l'industrie des produits chimiques, choisi de préférence parmi ceux des donateurs et parmi ceux qui comptent le plus grand nombre d'années consécutives de bons services dans le même établissement.

Le prix, d'une valeur de 800 francs, a été décerné à M. Navarre, saunier aux salins de Berre. Les revenus de la fondation étant actuellement de 796 francs de rente 3 p. 100, un emprunt momentané a dû être fait aux fonds généraux. Il sera remboursé ultérieurement.

16° Fondation du général comte d'Aboville.

Le comte d'Aboville a légué à la Société une somme de 10 000 francs, destinée 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, des ouvriers estropiés, amputés ou aveugles et les auront ainsi soustraits à la mendicité.

Une somme de 7 900 francs avait été distribuée, à titre de prix, antérieurement au 31 décembre dernier. Les ressources restant disponibles, à cette

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

date, comprenaient neuf obligations 3 p. 100 des chemins de fer de l'Est et une somme de 2320 fr. 70.

17° Legs Giffard.

Henri Giffard a légué à notre Société une somme de 50 000 francs, dont les revenus, conformément aux intentions du donateur, ont reçu une double destination. La moitié en a été consacrée à la création d'un prix de 6 000 francs, qui, sous le titre de grand prix Henri Giffard, 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 des revenus doit servir à distribuer des secours. Une somme de 500 francs a été employée à cet usage en 1891.

La fondation possédait, au 31 décembre dernier, une inscription de 1 949 francs de rente 3 p. 100 et une somme en caisse de 4 051 fr. 25.

18° Fondation Meynot.

MM. Meynot père et fils ont fait don à notre Société d'une somme de 20 000 francs, pour créer un prix destiné à récompenser les progrès, inventions ou perfectionnements, intéressant la moyenne ou la petite culture. Ce prix, d'une valeur de 1 200 francs, pourra être décerné, s'il y a lieu, en 1893.

L'avoir de la fondation comprenait, au 31 décembre dernier, une inscription de 730 francs de rente 3 p. 100 et une somme en caisse de 3 839 fr. 70.

19° Fondation Melsens.

M^me^ veuve Melsens, en mémoire de son mari, a fait don à la Société d'une somme de 5 000 francs, pour créer un prix 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.

La fondation possédait, au 31 décembre dernier, treize obligations 3 p. 100 des chemins de fer de l'Est et une somme de 424 fr. 80.

20° Fondation de la classe 50 à l'Exposition universelle de 1867 (Matériel des industries alimentaires).

Sur l'initiative du baron Thénard, et par l'entremise de M. Savalle, la Société a reçu, à la suite de l'Exposition de 1867, une somme de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

6 326 fr. 14, montant d'un reliquat appartenant au groupe des exposants de la classe 50. Une fraction de cette somme, s'élevant à 1 500 francs, nous est définitivement acquise, par suite de l'adhésion des intéressés. Les autres membres du groupe n'ayant pas jusqu'à présent donné leur consentement explicite, leur quote-part devra leur être remise, dans le cas où ils viendraient à la réclamer avant l'expiration du délai légal de trente ans.

C'est sous cette réserve que la Société a reçu la somme de 6 326 fr. 14 des mains de M. Savalle. Cette somme a été employée à l'achat de seize obligations de l'Est 3 p. 100. Il y avait de plus en caisse, au 31 décembre dernier, une somme de 1 312 fr. 60.

21° Prix Parmentier fondé par les exposants de la classe 50, à l'Exposition universelle de 1889 (Industries relatives à l'alimentation).

Sur l'initiative de M. Aimé Girard, les exposants de la classe 50, à l'Exposition universelle de 1889 ont fait don à la Société de 9 846 fr. 75, formant le reliquat des frais de leur installation commune, dans le but de fonder, sous le nom de prix Parmentier, un prix de 1 000 francs, destiné à récompenser, tous les trois ans, les recherches scientifiques ou techniques, de nature à améliorer le matériel ou les procédés des usines agricoles et des industries alimentaires. Ce prix pourra être décerné, pour la première fois, en 1893.

Cette fondation possédait, au 31 décembre dernier, 335 francs de rente 3 p. 100 et une somme de 679 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).

Sur la proposition de M. Michel Perret, plusieurs exposants de la classe 51, à l'Exposition universelle de 1889, ont fait don à notre Société d'une somme de 2 556 fr. 30, provenant du reliquat des frais de leur installation commune. Cette somme et ses intérêts accumulés serviront ultérieurement à fonder un prix.

23° Don de la classe 21 à l'Exposition universelle de 1889 (Industrie des tapis et tissus d'ameublement).

Notre Société a reçu des mains de M. Louvet, secrétaire de la classe 21, à l'Exposition universelle de 1889, la somme de 400 francs, montant du reliquat des fonds consacrés à l'installation de cette classe. Cette somme,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

suivant le désir des donateurs, devra être employée en actes de bienfaisance à l'égard d'ouvriers malheureux appartenant à l'industrie des tapis et des tissus d'ameublement.

24° Fondation des exposants de la classe 63 à l'Exposition universelle de 1889.

Les exposants de la classe 63, à l'Exposition universelle de 1889, ont versé entre les mains de la Société une somme de 3 869 fr. 85, formant le reliquat des frais d'installation de cette classe. Ces ressources serviront ultérieurement à créer un prix. Il a été acheté neuf obligations 3 p. 100 des chemins de fer de l'Est, à l'aide d'un emprunt momentané de 102 fr. 55 aux fonds généraux.

J'ai l'honneur, Messieurs, de vous proposer, au nom de la Commission des fonds, d'approuver les comptes qui viennent de vous être présentés et d'adresser nos plus vifs remerciements à notre trésorier, M. Goupil de Préfeln, pour le dévouement qu'il ne cesse de prodiguer aux intérêts de la Société.

Signé : G. FOURET, *rapporteur.*

RAPPORT FAIT PAR M. BORDET, AU NOM DES CENSEURS, SUR LES COMPTES DE L'ANNÉE 1891.

MESSIEURS,

Conformément à l'article 16 des Statuts, nous avons examiné les comptes qui vous sont présentés, et nous avons l'honneur de vous communiquer les observations qu'ils nous suggèrent.

En ce qui concerne les recettes, nous constatons tout d'abord que le nombre des cotisations est passé de 544 à 549 ; les diminutions que nous avons eu à déplorer pendant plusieurs années paraissent donc arrêtées. D'un autre côté, les abonnés au *Bulletin* sont un peu moins nombreux que l'année dernière : 99 au lieu de 106.

Le produit des locations dépasse de plus de 800 francs celui de l'exercice précédent ; nous recueillons le bénéfice des importants travaux de réfection exécutés dans l'hôtel. Huit Sociétés sont installées à côté de nous et payent un loyer total de 7 800 francs, en vertu de baux à l'année. Les locations accidentelles des salles produisent environ 5 000 francs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le montant des rentes a subi une légère augmentation qui provient du placement des souscriptions perpétuelles et à vie.

En examinant le détail des dépenses, on voit que pour 1891 le *Bulletin* a coûté un peu moins cher que dans les trois derniers exercices. On peut s'en féliciter; mais, cependant, il est impossible de ne pas rapprocher de cette diminution celle que nous venons de constater dans le nombre des abonnés. Il ne faudrait pas, croyons-nous, reculer trop vite devant quelques sacrifices pour soutenir ou augmenter l'intérêt du *Bulletin*, car cela aurait certainement une influence fâcheuse sur nos recettes.

Les dépenses de la bibliothèque ont été sensiblement moins élevées que l'année dernière, ce qui s'explique par la fin de la période d'installation. Quant aux services rendus, ils sont incontestables, car, maintenant, la bibliothèque reçoit environ 200 visiteurs chaque mois.

Des travaux importants ont été faits dans l'hôtel de la Société pour l'installation de l'air comprimé et de l'électricité; ils ont entraîné, en 1891, une dépense de 16 464 francs. La nouvelle ventilation de la grande salle a coûté de son côté 2 020 francs. Ce sont là des charges exceptionnelles.

Nous voyons apparaître pour la première fois dans nos comptes les frais de recherches scientifiques exécutées sous les auspices de la Société : les résultats obtenus ont été très appréciés et doivent nous encourager à étendre sous cette nouvelle forme les encouragements que nous donnons à l'industrie ; nous rendrons ainsi de réels services. Les aménagements de l'hôtel sont terminés et suffiront pour longtemps à tous les besoins ; nous pourrons donc maintenant employer une plus grande partie de nos ressources à aider et à récompenser les industriels ou les inventeurs.

En terminant, nous vous proposons, Messieurs, d'approuver les comptes de 1891 et d'adresser à notre trésorier tous les remerciements que mérite son inépuisable dévouement.

Signé : Lucien Bordet, *censeur*.

Approuvé en séance le 23 *décembre* 1892.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS MÉCANIQUES

RAPPORT, *fait par* M. BIENAYMÉ, *au nom du Comité des arts mécaniques, sur un* GRAISSEUR, *présenté par* M. G. DORIAN, *constructeur*, 80, *quai Jemmapes*.

Le graisseur présenté par M. G. Dorian appartient à la classe des graisseurs mécaniques continus. L'huile de graissage est pressée par un piston qui progresse d'une très petite quantité à chaque tour de la machine. La tige du piston est filetée extérieurement; elle descend, et le piston avec elle, par le mouvement d'un écrou qu'entraîne dans sa rotation une roue dentée. Cette roue est mue par une vis sans fin dont l'axe est conduit par une roue à rochet, dont le cliquet, actionné par une des pièces mobiles, agit sur la roue une fois par tour de la machine qu'il s'agit de graisser.

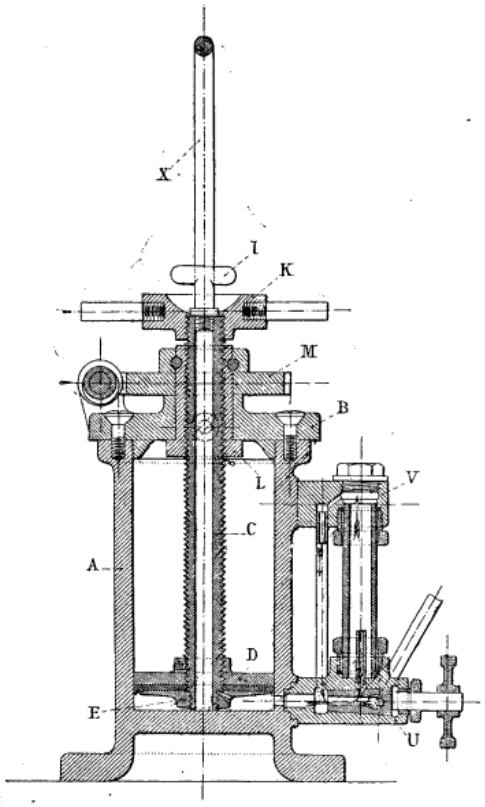


Fig. 1.

Pendant la marche normale, un étrier fixé sur le couvercle par deux tourillons empêche la rotation du piston; en rabattant cet étrier, on dégage la manette qui termine la tige du piston, et, par suite, on peut actionner le piston à la main pour forcer le graissage. Cette disposition avantageuse dispense d'avoir sur les boîtes à vapeur des godets graisseurs ordinaires destinés à parer aux insuffisances de graissage.

Le piston du graisseur comportait d'abord un cuir serré entre deux disques en bronze : M. Dorian a été amené à remplacer le cuir par une feuille de cuivre emboutie. La tige du piston est creuse et c'est par elle que se fait le remplissage du graisseur (fig. 1 et 2).

Le doigt du cliquet qui entraîne la roue à rochet est porté par un ressort

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

taré de telle sorte qu'il cède lorsque la pression du piston sur l'huile dépasse 16 kilogrammes. Grâce à cette disposition, l'appareil s'arrête de lui-même lorsque le piston est à bout de course et en cas d'obstruction.

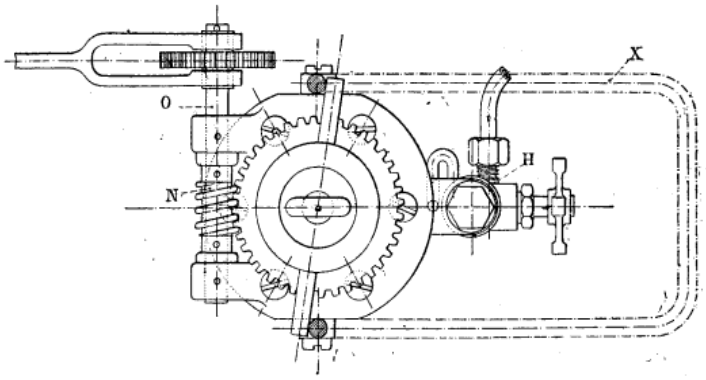


Fig. 2.

L'huile traverse un compte-gouttes en verre, en suivant le tracé indiqué par des flèches sur la figure 1 : un robinet à trois voies permet, pour une visite ou une réparation du compte-gouttes, de ne pas interrompre le graissage et d'envoyer directement l'huile au cylindre sans passer par le compte-gouttes.

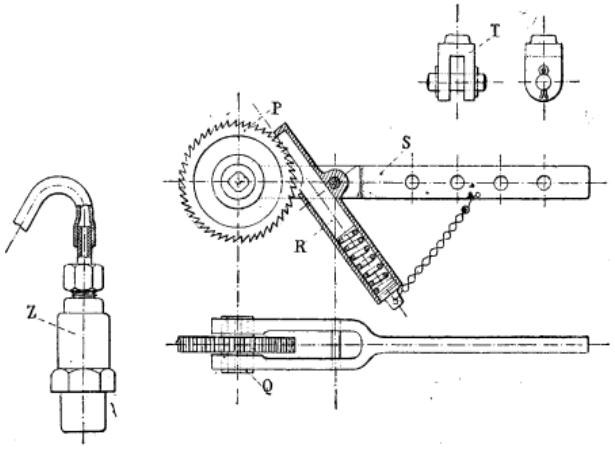


Fig. 3.

Des appareils semblables à celui figuré sur le croquis sont employés par un assez grand nombre d'industriels, dont la liste est ci-jointe, chez lesquels on peut les voir fonctionner, et où ils donnent toute satisfaction. M. Dorian cherche à perfectionner son appareil pour en permettre l'emploi sur les locomotives.

On lui a fait l'objection que le cliquet s'userait très rapidement, et il propose de remplacer le cliquet par la disposition suivante (fig. 4) :

L'arbre de la vis sans fin, au lieu d'être conduit par une roue à rochet, est claveté sur deux disques A qui portent des lèvres L; le cliquet est rem-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

placé par un levier qui s'appuie en B sur l'arbre de la vis et qui porte deux frottoirs CC′ entre lesquels se coincent les lèvres des disques à chaque tour de la machine principale. Il n'y a pas, entre le levier et les disques, frottement, mais pression simple, de telle sorte que l'usure paraît peu à redouter : en tout cas, le modèle de ce genre (fig. 3) d'encliquetage qui est installé chez M. Dorian fonctionne, m'a-t-on dit, depuis assez longtemps, et j'ai pu constater qu'il n'était pas usé d'une manière appréciable.

Sur les locomotives, il est nécessaire que le graissage fonctionne à régulateur ouvert et à régulateur fermé. Dans ce but, M. Dorian se propose d'installer son appareil de la façon suivante :

Le tuyau d'huile est bifurqué en deux fractions, dont l'une se rend à la

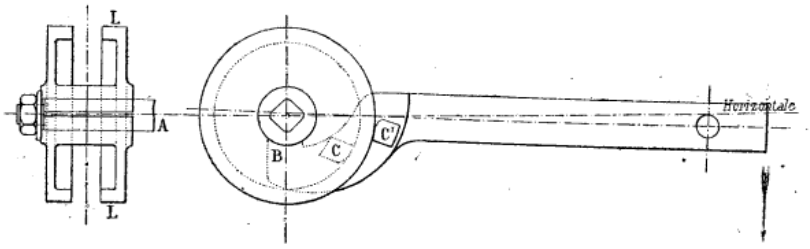


Fig. 4.

boîte de prise de vapeur, l'autre à la boîte à tiroir : à l'arrivée sur ces organes, sont placées deux boîtes à clapets.

Le clapet de la boîte à vapeur est appuyé par un ressort moins énergique que celui de la soupape de la boîte à tiroir, et calculé d'après une formule donnée par M. Dorian, formule (1) dont nous lui laissons la responsabilité.

A régulateur ouvert, la pression de la vapeur agissant également sur les deux soupapes, la soupape de la boîte à vapeur, moins chargée, fonctionne, et l'huile arrive par le régulateur; à régulateur fermé, la pression de vapeur n'agissant que sur la soupape de la boîte à vapeur, c'est l'autre soupape qui se trouve alors moins chargée et fonctionne seule. Ces dispositions, peut-être un peu théoriques, sont en tout cas intéressantes; l'expérience montrera quelle en est l'exacte valeur (fig. 4).

(1) Soient : P = la pression la plus basse atteinte en marche dans la chaudière;
— p = la pression la plus élevée atteinte dans les cylindres quand le régulateur est fermé;
— x = la tension à donner au ressort qui charge le clapet de la boîte à tiroir;
— 0,5 valeur arbitrairement choisie, de façon que l'on ait toujours $p + x < P$.

La valeur de x, serait déterminée par la formule $x = P - (p + 0{,}5)$. Quant au clapet du régulateur, son ressort aurait simplement la force suffisante pour le maintenir en place.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En résumé, le graisseur de M. Dorian est ingénieux, fonctionne bien là où il est établi, et, à ce titre, mérite la bienveillante attention de la Société.

Votre Comité propose d'insérer au *Bulletin* le présent rapport avec les croquis qui l'accompagnent, et qui ont été adressés à la Société par M. Dorian.

Signé : BIENAYMÉ, *rapporteur.*

Approuvé en séance, le 9 décembre 1892.

LISTE DES APPLICATIONS

(AVEC PISTON EN CUIR)

Mines de Blanzy	Montceaux-les-Mines.
Maubert, agent commercial	Elbeuf.
Douane-Jobin, constructeur	Paris.
Lecouteux et Garnier, constructeurs	Paris.
Brissonneau, Deroualle et Lotz, constructeurs	Nantes.
Biétrix et Cie, constructeurs	Saint-Étienne.
Decaix, fabricant d'instruments d'optique	Nogent-l'Artaud.
Digeon, constructeur	Paris.

(AVEC PISTON EN CUIVRE EMBOUTI)

Marcaire, force motrice	Paris.
Compagnie des Eaux : Usine de l'Ourcq	Paris.
Dépôt chemins de fer Nogentais	Vincennes.
Vicher, robinetterie	Paris.
Filou, minotier	Maintenon.
Raveneau, minotier	Croix-de-Berny.

LÉGENDE DES FIGURES 1, 2 ET 3 REPRÉSENTANT LE GRAISSEUR SYSTÈME DORIAN

A, Corps en fonte.
B, Couvercle en fonte.
C, Tige de piston (acier).
D, Dessus de piston (bronze).
E, Dessous de piston (bronze).
H, Départ d'huile.
I, Pointeau à béquilles.
K, Molette de manœuvre.
L, Écrou moteur (bronze).
M, Engrenage à vis sans fin (fonte).
N, Vis sans fin (bronze).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

O, Axe de vis sans fin (acier).
P, Roue à rochet (fonte).
Q, Axe de roue à rochet (bronze).
R, Rochet (bronze et acier).
S, Levier de rochet (acier coulé).
T, Chape (bronze).
U, Robinet distributeur (bronze).
V, Tête compte-gouttes (bronze).
X, Étrier d'arrêt.
Z, Boîte à clapet.

MINES

CONFÉRENCE SUR L'EXPLOITATION ET L'ENRICHISSEMENT DES CRAIES ET DES SABLES PHOSPHATÉS, PAR M. L. LINDET (1).

MESSIEURS,

Imaginez, pour un instant, que vous avez devant vous un sablier gigantesque, qui contienne, à l'état moulu, tout le phosphate que l'on retire chaque année des carrières françaises ; supposez que ce phosphate mette une année entière pour s'écouler du sablier, et calculez alors quelle sera la vitesse du débit : cette vitesse sera énorme, car il faudra, pour que le sablier se vide, qu'il débite près d'une tonne à la minute. Il y a dans une année 525 000 minutes, et c'est à près de 500 000 tonnes que l'on peut estimer la quantité de phosphate extrait annuellement de nos carrières (2).

Dans ces carrières, on a puisé largement, trop largement peut-être, et les phosphatiers, préoccupés d'obtenir rapidement des bénéfices capables de couvrir une partie des dépenses, auxquelles l'achat ou la location de leurs carrières les avait entraînés, ont enlevé trop souvent les produits riches, laissant à leurs successeurs les produits médiocres et les produits pauvres. Ces successeurs arrivent

(1) Conférence faite devant la Société le 25 novembre 1892.

(2) Estimation de la quantité de phosphate extraite annuellement des carrières françaises (1890) :

						Tonnes.
Consommation. (D'après M. Joulie.)	150000 tonnes à l'état naturel.					150000
	500000	—	—	de superphosphate.		280000
Exportation. .	121000	—	—	naturel.	121000	136000
	27000	—	—	de superphosphate.	15000	
Importation. .	21000	—	—	naturel.	21000	76000
	99000	—	—	de superphosphate.	55000	
Excédent des exportations sur les importations.						60000
Tonnes.						490000

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

aujourd'hui : En face de quelle situation vont-ils se trouver ? Quels sont les produits qu'ils auront à exploiter ? Comment les exploiteront-ils, et, quand ces produits seront pauvres, comment les enrichiront-ils, pour leur donner la valeur des anciens phosphates ?

Ce n'est pas dans les gisements à nodules de la Meuse, des Ardennes, du Pas-de-Calais, ce n'est pas non plus dans les gisements à phosphorites du Lot, que cette situation mérite d'être examinée. Là, il n'y a pas de sélection possible ; la nature du gisement oblige l'exploitant à prendre le minerai tel qu'il se présente. Mais la situation est différente dans les gisements à craie et à sable phosphaté de l'étage sénonien du terrain crétacé, dans les gisements de la Somme, du Nord, de l'Oise et de l'Aisne.

Avant d'aborder cette étude, permettez-moi, Messieurs, de caractériser la position géographique de ces gisements. Tout d'abord, sur la rive gauche de l'Authie, nous remarquons un groupe de gisements, qui sont les gisements de la Somme (bien qu'un des plus importants, celui d'Orville, soit dans le Pas-de-Calais) ; ces gisements fournissent à eux seuls 250 à 300 000 t., soit 50 à 60 p. 100 de la production totale (1). En tête de ces gisements se trouvent Beauval et Orville ; puis derrière, en descendant au Sud-Est, formant comme l'arrière-garde de ces deux gros bataillons, des gisements moins importants : Beauquène, Terramesnil, Puchevillers, Toutencourt, Ribémont, Vaux, Hem-Monacu, etc. — Sur la rive droite de l'Authie (dans le Pas-de-Calais), nous apercevons les gisements d'Auxi-le-Château, d'Haravesnes, de Buire-aux-Bois, de Bachimont, etc. (2) ; puis, sur la rive gauche de la Somme, Hallencourt. — Dans le Nord, dans le Cambrésis, entre Cambrai et Valenciennes, nous rencontrons le gisement de Quiévy et du Catteau (3) ; dans l'Oise, près de Breteuil, celui d'Hardivilliers (4) ; et enfin voici les derniers nés, les phosphates de l'Aisne, que l'on exploite depuis quelques mois, à l'ouest de Saint-Quentin : Hargicourt, Bellicourt, Villeret ; à l'est au contraire : Étaves, Méricourt, Frénoy-le-Grand (5).

Dans tous ces gisements, la superposition des couches est régulière, c'est-à-

(1) Le syndicat des phosphates de la Somme, auquel tous les exploitants de la Somme n'ont pas d'ailleurs adhéré, livre annuellement 225 000 tonnes de phosphate riche à plus de 55 p. 100. A ce chiffre, il convient d'ajouter environ 50 000 tonnes, comme représentant la quantité de phosphate d'un titre inférieur, que les membres sont autorisés à livrer sans l'intervention du syndicat.

(2) D'après M. Dercours, maire d'Auxi-le-Château, la production de ces gisements atteint annuellement de 30 à 35 000 tonnes.

(3) D'après M. Delattre-Brabant, exploitant au Catteau, les phosphates du Cambrésis fournissent par an environ 10 000 tonnes.

(4) D'après M. Boitel, exploitant à Hardivilliers, on peut estimer que la quantité de craie phosphatée extraite représente chaque année 35 à 45 000 tonnes.

(5) D'après M. Vivien, ingénieur-chimiste à Saint-Quentin, l'exploitation permet d'extraire dès aujourd'hui environ de 40 000 à 50 000 tonnes par an.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dire qu'au-dessous d'une couche de terre végétale plus ou moins épaisse se trouve un banc d'argile à silex, puis un banc de sable phosphaté, et au-dessous de ce sable phosphaté, la craie, la craie sénonienne, la craie à bélemnites : cette craie est quelquefois phosphatée dans toute son épaisseur, quelquefois aussi elle ne l'est qu'à la surface.

Mais si la superposition des couches est régulière et semble d'avance identifier toutes les carrières, l'aspect avec lequel ces couches se présentent, la forme qu'elles affectent, l'importance relative des unes et des autres, sont autant d'éléments capables de caractériser les gisements ; et c'est précisément en me plaçant à ce dernier point de vue, au point de vue de l'importance relative des couches, que je pourrai distinguer les carrières à craie phosphatée, celles où cette craie prédomine, des carrières à sable phosphaté, celles où le sable est l'objectif principal de l'exploitation.

La carrière à craie phosphatée la plus importante que nous possédions en France est celle d'Hardivilliers, près de Breteuil. C'est un gisement extrêmement compact, car il renferme 2 000 000 tonnes de craie phosphatée et s'étend sur une superficie qui n'est pas supérieure à dix hectares. Mais, en revanche, il a une épaisseur énorme, qui atteint vers le centre 15 et 20 mètres.

L'exploitation de cette carrière est chose des plus simples. L'épaisseur de la terre végétale et de la couche d'argile est faible, et rien ne s'oppose à ce que cette exploitation ait lieu à ciel ouvert. On enlève donc la terre et l'argile, ce que l'on nomme la couverture : quelquefois on rencontre soit une couche, soit de petites poches de sable phosphaté à 60 ou 70 p. 100 de phosphate de chaux ; on enlève également ce sable, et l'on arrive à la couche de craie (pl. 83).

La carrière sur toute sa hauteur est alors découpée en tranches verticales qui mesurent 2 à 3 mètres de profondeur, c'est-à-dire que l'ouvrier enlève à la pioche une bande ayant cette profondeur, établit par conséquent une banquette qui, au fur et à mesure que le travail avance, s'abaisse jusqu'au fond de la carrière. Il travaille à ses pieds, creusant continuellement la banquette sur laquelle il est établi, démolissant cette tranche qu'il se propose d'abattre, et rejetant le minerai au fond de la carrière. Il exécute en réalité le travail qu'exécute le maçon qui démolit un pan de mur et rejette sur le sol les matériaux qu'il a détachés. Il place alors contre cette banquette de grands plans inclinés en bois, semblables aux coulisses dont les maçons font usage, plans inclinés soutenus, du fond de la carrière, au moyen de grands tréteaux. Il fait alors glisser le minerai abattu le long de ces coulisses, à l'extrémité desquelles on a soin de placer un wagonnet destiné à le recevoir. Au fond de la carrière sont établis des rails à voie étroite, et les wagonnets pleins, roulant sur ces rails, tirés par un cheval, remontent vers l'usine, où s'effectueront tout à l'heure l'enrichissement et la dessiccation de la craie phosphatée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cette craie, sous l'effort de la pioche, se détache en gros blocs assez friables en général pour que, pendant les manipulations, pendant le transport, ils s'effritent et se réduisent en fragments plus petits. La nature de cette craie en rend facile la pulvérisation.

Elle se présente avec une teinte blanche, légèrement brune, et cette teinte tient à la dissémination au milieu de la masse blanche de carbonate de chaux, d'une quantité plus ou moins grande de grains de phosphate de chaux dont la couleur est brune.

La craie de Breteuil contient en moyenne de 35 à 40 p. 100 de phosphate de chaux. L'échantillon que j'ai analysé, et qui avait été probablement mal choisi n'en renfermait que 26 p. 100.

Phosphate de chaux.	26,20
Carbonate de chaux.	62,50
Silice.	0,73
Alumine et fer.	4.20

Les carrières d'Hardivilliers-Breteuil sont exploitées depuis deux ou trois ans seulement ; elle sont aujourd'hui en pleine prospérité.

Une carrière à craie phosphatée très intéressante est celle d'Hallencourt (Somme), qui renferme 1 000 000 de tonnes ; mais là, l'exploitation est particulièrement difficile, en ce sens que la couche de craie phosphatée est surmontée d'une couche de craie non phosphatée qui a 20 mètres de hauteur.

Il est bien difficile de parler des gisements de craie phosphatée sans parler de ceux de Ciply, près de Mons. Je ne voulais décrire ici que des carrières françaises, et si je fais une exception en faveur des carrières belges de Ciply, c'est que ces carrières sont bien voisines de notre frontière, qu'elles nous envoient journellement leurs minerais, et que nous pourrons tout à l'heure trouver, dans les usines qu'elles alimentent, un remarquable ensemble d'appareils et de procédés destinés à l'enrichissement du phosphate.

Ces carrières s'étendent sur les territoires de Mesvin, de Ciply, de Havré, de Cuesmes, de Spiennes, etc. Elles ont une superficie de 180 hectares, et contiennent, ou plutôt contenaient 22 000 000 tonnes de craie phosphatée.

Les carrières de Ciply présentent une grande analogie avec les carrières d'Hardivilliers. Nous y trouvons une couche de craie brune, régulière, uniforme, et dont l'épaisseur atteint également 15 et 20 mètres.

L'exploitation a lieu, en général, à ciel ouvert, et l'on procède, après avoir dégarni le banc de craie de sa couverture, à l'enlèvement régulier, par tranches successives, du minerai que l'on se propose d'extraire. On creuse verticalement en formant dans la masse de craie une série de banquettes, et le minerai abattu est jeté de banquette en banquette, du haut en bas de la carrière. Au fond de cette carrière se trouvent alors des wagonnets qui le conduisent à l'usine.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La craie de Ciply est en général moins riche en phosphate de chaux que la craie d'Hardivilliers. Elle renferme plus de silice; c'est là un fait important sur lequel nous reviendrons tout à l'heure.

Phosphate de chaux	24,40
Carbonate de chaux	59,54
Silice	4,13
Fer et alumine	6,60

L'exploitation est, dans ces carrières, conduite très activement. La Compagnie Solvay, à elle seule, extrait chaque jour 260 à 270 tonnes; on estime que dans ces conditions le gisement sera épuisé dans une vingtaine d'années.

Les carrières où le sable phosphaté prédomine, les carrières à sable, sont en France bien plus nombreuses que les carrières à craie.

Ce sont celles de la Somme (Beauval, Orville, Beauquène, etc.). Ce sont celles d'Auxi-le-Château, celles du Cambrésis, celles de l'Aisne (Hargicourt, Bellicourt, etc.), dont il a été parlé plus haut.

Les gisements dans lesquels ces carrières ont été ouvertes se ressemblent tous, et je ne détaillerai pas chacun d'eux. Ce qui les distingue cependant, c'est l'état d'épuisement dans lequel l'exploitation les a laissés. Ceux de Beauval, par exemple, sont déjà bien épuisés; ceux de l'Aisne ne sont exploités que depuis quelques mois.

Dans tous ces gisements nous rencontrons, au-dessous de la terre végétale, au-dessous d'une couche d'argile à silex, une nappe de sable phosphaté, et au-dessous de cette nappe l'assise de craie sénonienne qui n'est, en général, phosphatée que sur les bords, au point de contact avec le sable. Elle renferme des doses de phosphate de chaux qui peuvent varier depuis 5 ou 10 p. 100, jusqu'à 50 p. 100, et cela sur une profondeur variable, qu'il est impossible de préciser.

Les phosphatiers ont négligé jusqu'ici d'exploiter ce banc de craie, et c'est au moment où ils atteignent ce banc qu'ils arrêtent leur travail d'extraction.

Ce banc de craie, dans les carrières à sable, se différencie nettement du banc de craie phosphatée, dont nous avons signalé l'aspect à Hardivilliers et à Ciply, en ce sens que la couche, au lieu d'être régulière, est entièrement creusée à sa surface de cavités en forme d'entonnoirs. Ces cavités, presque toujours symétriques, ont des profondeurs qui varient de 1 à 20 mètres et des diamètres qui varient également entre ces mêmes limites. Ce sont là les fameuses poches de Beauval, dont on a tant parlé (pl. 85 et 86).

Dans ces poches est venu s'accumuler le sable phosphaté, glissant le long des parois, recouvrant quelquefois les arêtes qui forment le bord supérieur de ces poches, quelquefois laissant au contraire ces arêtes saillir au-dessus de lui.

Recouvrant la couche de sable, est venue s'établir la couche d'argile à silex;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cette argile a formé même souvent au centre de la poche un cul-de-bief, que l'on a comparé au noyau d'un fruit, au jaune d'un œuf.

Quand l'épaisseur de la couche de terre végétale qui surmonte cette couche d'argile dépasse 5 à 6 mètres, on exploite en forant au centre de la poche un puits de 80 centimètres à 1 mètre de diamètre, à la partie supérieure duquel on dispose un treuil. Le sable est alors extrait et remonté à l'aide d'un panier.

Mais, en général, l'exploitation est conduite à ciel ouvert, et les ouvriers, après avoir enlevé la couverture, la terre végétale et l'argile, attaquent la couche de sable. Quand la poche est peu profonde, on enlève le sable à la pelle; quand sa profondeur atteint plus d'un mètre, on découpe le sable par tranches verticales successives. Le sable, qui est humide, offre assez de plasticité pour ne pas donner lieu à des éboulements. On est souvent même obligé, quand les poches sont de grande dimension, ou quand la couche de sable, au-dessus de ces poches, est suffisamment élevée, d'entailler une série de banquettes sur lesquelles les ouvriers du fond jettent le sable qu'ils extraient, et à partir desquelles d'autres ouvriers le relèvent pour le lancer sur le sol où l'attendent les wagonnets. Quand la poche contient un cul-de-bief tant soit peu considérable, l'exploitation devient plus difficile; on s'attache alors à dégarnir ce cul-de-bief du sable qui l'entoure; on dégarnit « le bonhomme », puis on l'extrait à son tour pour continuer ensuite l'exploitation régulièrement.

Quelle que soit la forme avec laquelle les couches se présentent, l'exploitation doit être toujours établie en ligne droite. On voit souvent les phosphatiers, soucieux d'extraire le premier le sable riche qu'ils rencontrent, attaquer le gisement de plusieurs côtés à la fois et rejeter leurs déblais sur des terrains qu'ils auront à exploiter plus tard, et dont ils auront à les dégarnir. Pour qu'une exploitation soit économiquement conduite, il faut que les ouvriers, découpant le banc de sable qui se présente, rejettent derrière eux, sur le terrain inutile, les déblais, couverture, argile, silex, etc., rejettent au contraire devant eux sur le sol, où roulent les wagonnets, le sable phosphaté. Ils doivent alors s'avancer en ligne, parallèlement à eux-mêmes, comme s'avancerait une ligne de tirailleurs (pl. 84).

Les sables phosphatés que l'on extrait de ces poches ne possèdent pas tous la même valeur. En général ceux que l'on rencontre au fond des poches sont les plus riches en phosphate de chaux; ceux que l'on rencontre à la partie supérieure des couches sont les plus pauvres, et en même temps les plus argileux. On distingue en général trois types, que l'on désigne commercialement sous les numéros 1, 2, 3. Les analyses de ces trois types qui m'ont été obligeamment choisis et adressés par M. Monmert, exploitant à Orville, montrent que la quantité de silice, de fer et d'alumine est d'autant moins élevée que le sable est plus riche en phosphate de chaux. Elle montre aussi un fait, intéressant peut-être au point de vue géologique, et qui n'a pas, à ma connaissance du moins, été signalé

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

jusqu'ici, c'est que la quantité de carbonate de chaux est plus grande dans les phosphates riches que dans les phosphates pauvres.

	N° 1	N° 2	N° 3
Phosphate de chaux.	79,95	65,75	27,39
Carbonate de chaux.	3,71	2,88	1,82
Silice.	2,70	8,48	31,30
Alumine et fer	4,13	10,20	15,13

L'exploitation a mis entre les mains du phosphatier deux produits différents : la craie phosphatée d'une part, d'autre part le sable argileux plus ou moins phosphaté.

Quand le produit est riche à 60, 70 et *a fortiori* 80 p. 100 de phosphate de chaux, il est vendu à la fabrication des superphosphates. Mais quand il contient moins de 60 p. 100, il se trouve être trop chargé de carbonate de chaux ou trop chargé d'argile pour se prêter à cette fabrication.

Le carbonate de chaux, en effet, absorbe inutilement de l'acide sulfurique pour former du sulfate de chaux dont l'agriculture n'a que faire.

Cependant, depuis quelques années, on voit les superphosphatiers rechercher au contraire, dans certains cas, la craie phosphatée, et voici pourquoi : un des secrets de l'industrie moderne est de travailler vite, et souvent le manufacturier n'hésite pas à faire une dépense inutile, si cette dépense doit correspondre à une économie de temps et lui permettre de faire produire à ses appareils un travail plus considérable. Or, pour qu'un superphosphate fasse prise rapidement, puisse être manipulé, séché et expédié en quelques jours, il faut qu'il contienne une assez grande quantité de sulfate de chaux. Dans ces conditions, en outre, et par suite du dégagement d'acide carbonique provenant de l'action de l'acide sulfurique sur le carbonate de chaux, le produit se boursoufle, *lève,* et la masse, une fois solidifiée, peut être plus aisément désagrégée. Or, certains phosphates sont pauvres en carbonate de chaux et donnent un superphosphate qui peut être riche en acide phosphorique, mais qui se travaille mal, et l'on voit alors le fabricant ajouter à ces phosphates de la craie phosphatée pour former le sulfate de chaux dont il a besoin s'il veut produire un superphosphate poreux, qui fasse prise rapidement. Cette pratique est d'ailleurs d'accord avec les exigences du commerce des engrais, qui refuse souvent d'acheter et d'employer les superphosphates à haut dosage, et oblige souvent le superphosphatier à abaisser le titre de ses produits en y ajoutant du plâtre ou une matière inerte quelconque

L'argile, contenue dans un sable pauvre, présente dans la fabrication du superphosphate, un grave inconvénient : c'est que cette argile contient de l'alumine et du fer, et que ces deux produits déterminent la rétrogradation du superphosphate, c'est-à-dire insolubilisent peu à peu l'acide phosphorique qu'il renferme.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cet inconvénient est tel que le commerce n'achète jamais un phosphate à un prix proportionnel à la quantité de phosphate de chaux réel qu'il contient, et que le prix du kilogr. de phosphate de chaux dans un phosphate riche à 70-75 est double du prix de ce kilogr., dans un phosphate relativement pauvre, à 50-55 p. 100.

Il y a donc un très grand intérêt pour le phosphatier à enrichir les sables pauvres argileux, à enrichir également, et dans une certaine limite, la craie phosphatée, et ce sont les procédés qui permettent d'obtenir ces résultats que je vais avoir l'honneur de vous exposer.

Ces procédés ne sont pas bien compliqués; tous reposent sur la différence de densité que présentent, au sein de l'eau, les grains de phosphate de chaux d'une part, d'autre part le carbonate de chaux et l'argile. C'est donc par une simple lévigation, par une simple décantation, que l'on pratique l'enrichissement des craies et des sables phosphatés.

Ce ne sont pas là les seuls procédés que l'on ait proposés; mais, à l'exception de ceux qui agissent par décantation, aucun n'est pratique, étant donné le bas prix auquel il faut vendre le phosphate. Cependant ce prix peut se relever, et l'un ou l'autre de ces procédés, que je vais tout d'abord résumer brièvement, peut être un jour avantageusement appliqué.

C'est dans le but d'enrichir la craie phosphatée et non pas le sable argileux, que ces procédés ont été imaginés.

On peut, par exemple (et cette méthode est suivie, paraît-il, à Cuesmes, près de Ciply), soumettre la craie phosphatée, pulvérisée, à un violent courant d'air, qui entraîne de préférence le carbonate de chaux. Mais cette manière de faire n'enrichit la craie que de 20 à 40 p. 100, et cet enrichissement est, comme vous le verrez tout à l'heure, estimé insuffisant dans bien des cas.

On peut encore traiter la craie par une solution d'acide sulfureux, qui attaque le carbonate de chaux pour le transformer en sulfite de chaux, avant d'attaquer le phosphate de chaux pour le dissoudre. Le sulfite de chaux est presque insoluble dans l'eau, mais il est plus léger que le carbonate dont il provient, et la différence de densité entre le sulfite et le phosphate étant plus grande que celle qui existait entre le carbonate et le phosphate, il devient plus facile de séparer par lévigation les deux produits. C'est là le procédé de M. Ortlieb, qui a fonctionné à l'usine de M. Solvay à Ciply. Les appareils, dont le procédé nécessite l'emploi, sont encore en place, prêts à fonctionner, quand le prix du phosphate en permettra l'application.

Les autres procédés dont j'ai à vous entretenir reposent tous sur la calcination préalable de la craie et la transformation du carbonate de chaux en chaux caustique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La craie, une fois cuite, peut être délayée dans l'eau et traitée encore par lévigation. La chaux étant plus légère que le carbonate de chaux primitif, se sépare plus aisément du phosphate de chaux.

M. Lhôte a proposé de traiter cette craie cuite par de l'acide chlorhydrique étendu, qui dissout cette chaux à l'état de chlorure de calcium et respecte le phosphate de chaux.

M. Pellet a proposé de dissoudre la chaux au moyen du sucre contenu dans la mélasse. Le sucrate de chaux est soluble et le phosphate de chaux se sépare; puis on régénère le sucre, ou plutôt la mélasse, en carbonatant le sucrate de chaux.

M. Solvay a proposé enfin de dissoudre la chaux par l'action du chlorhydrate d'ammoniaque, qui fournit une solution d'ammoniaque et de chlorure de calcium. Le phosphate de chaux est recueilli; puis, pour récupérer l'ammoniaque, on fait passer un courant d'acide carbonique, qui donne du carbonate de chaux insoluble, et du chlorhydrate d'ammoniaque qui rentre en travail.

Ces dernières réactions, extrêmement élégantes, qui nécessitent la cuisson préalable de la craie, ne peuvent être aisément appliquées aux craies de Ciply.

Les craies de Ciply, en effet, que nous avons vues contenir 4 p. 100 de silice, se cuisent fort mal, et, quand on est parvenu à les cuire, elles se délitent difficilement. Il se forme pendant la cuisson des silicates fusibles qui nuisent à la dissociation du carbonate de chaux, et qui forment, en outre, à la surface des fragments, un enduit impénétrable par l'eau.

On m'a affirmé que les craies de Breteuil se cuisent bien; cela est très possible, puisque, d'après mon analyse, ces craies ne renferment que 0,75 p. 100 de silice. Mais on n'a pas essayé, à Breteuil, d'appliquer les procédés d'enrichissement dont il vient d'être question.

En face de ces considérations, on se trouve obligé d'abandonner, momentanément du moins, les procédés chimiques d'enrichissement, et de revenir aux procédés par lévigation en présence de l'eau.

L'enrichissement des sables pauvres se fait peu. Partout où l'on trouve des sables riches, on néglige les produits inférieurs.

Cet enrichissement, d'ailleurs, quand il a lieu, s'exécute dans des conditions défectueuses, et l'on voit, par exemple, les phosphatiers de la Somme recourir à des procédés de lavage tant soit peu rudimentaires. C'est qu'en effet, dans la Somme principalement, la propriété est très morcelée, et chaque exploitant ne possède qu'une quantité faible de sable argileux à enrichir. De plus, presque tous sont locataires du sol qu'ils exploitent; ils sentent la fin de leur bail approcher, et, pour l'une ou l'autre raison, ils ne se soucient guère de monter des installations coûteuses, que leurs bénéfices seraient peut-être incapables de rembourser.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On se contente en général de délayer le sable argileux dans un malaxeur à bras, de tamiser le liquide boueux obtenu à travers un trommel pour en séparer les silex, et de le diriger ensuite dans une série de caniveaux soit en bois, soit en maçonnerie, où le phosphate, plus dense, se dépose le premier; l'argile, contenant encore malheureusement une certaine quantité de phosphate de chaux, est entraînée vers de grands bassins, où elle se dépose à son tour. Ce procédé est très imparfait; on compte, en effet, que pour obtenir une tonne à 60 p. 100, il faut sacrifier trois tonnes à 35 p. 100. On perd donc 40 à 45 p. 100 du phosphate contenu dans le sable argileux, et c'est au prix de ce sacrifice que l'on peut faire, d'un produit qui n'est pas commercial, un produit possédant une valeur marchande.

Cependant on peut faire mieux. J'ai visité, en effet, à Doullens, une usine d'enrichissement munie d'appareils perfectionnés et ingénieux. M. Lasne, qui a créé cette usine, se propose d'y traiter les sables argileux pauvres que les exploitants de la Somme négligent. L'eau boueuse, renfermant le phosphate et l'argile, après avoir subi une première décantation dans un *Spitzkasten*, est dirigée dans une batterie de trois caisses cylindriques, hautes de 4 mètres environ, où elle circule de bas en haut. Le diamètre de ces caisses va en croissant, depuis la première jusqu'à la troisième, de façon que le liquide boueux soit obligé, en passant d'une caisse à l'autre, de ralentir sa marche. Il perd alors une partie de la force vive dont il était animé. Ce liquide met à traverser alors l'appareil un temps d'autant plus long, que le phosphate qu'il contient en exige davantage pour se déposer.

M. Lasne a même eu l'idée fort ingénieuse de reprendre, à la sortie des décanteurs, l'argile qui contient encore 11 ou 12 p. 100 de phosphate de chaux, de la traiter par l'acide sulfurique étendu, de façon à ne pas attaquer cette argile, et à dissoudre le phosphate de chaux. Le produit est passé au filtre-presse, et les eaux phosphoriques sont additionnées de chaux en quantité suffisante pour former du phosphate précipité. (Ce phosphate titre 35 p. 100 d'acide phosphorique soluble dans le citrate d'ammoniaque.)

Nous venons de voir les phosphatiers négligeant trop fréquemment de traiter leurs sables pauvres; nous allons voir, au contraire, ceux qui possèdent des craies phosphatées, donner tous leurs soins à leur enrichissement.

A Ciply, on enrichit la craie à deux degrés; ou bien l'on porte, au moyen d'une décantation dans la colonne Solvay, la teneur de la craie de 20 à 40 p. 100; ou bien l'on reprend cette craie à 40 p. 100, et, au moyen d'une nouvelle décantation dans l'appareil Bouchez, l'on porte cette teneur à 55-60 p. 100.

La craie, écrasée tout d'abord, est broyée et mise en suspension dans l'eau, grâce à un appareil analogue aux appareils Carter, constitué par une caisse cylindrique et très plate; cette caisse est placée de telle façon que les deux joues qui la ferment soient dans des plans verticaux. A l'intérieur, et garnissant la surface

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cylindrique, sont disposés des sabots en fonte, munis d'aspérités. La craie, entrant dans la caisse remplie d'eau, est saisie par le jeu de quatre bras en fonte, qui, tournant avec une grande vitesse dans le plan vertical, la projettent sur les sabots. La bouillie ainsi produite, après avoir traversé un trommel, subit une première décantation dans un spitzkasten, et les parties lourdes sortant de ce spitzkasten, contenant par conséquent la plus forte proportion de phosphate, arrivent dans la *colonne Solvay*.

Cette colonne est une caisse en tôle, cylindrique, haute de 4 mètres, terminée à la partie inférieure par un tronc de cône, et portant un robinet au moyen duquel le phosphate va s'écouler d'une façon continue. A la partie supérieure est disposée une rigole circulaire, fixée contre la paroi cylindrique, et dont le bord intérieur est dentelé. Au centre, se trouve un large tuyau par lequel arrive la boue délayée sortant du spitzkasten. Cette boue descend ainsi vers le fond de l'appareil, rencontre une pièce en tôle, en forme de cône renversé, qui joue l'office de distributeur et sur la surface de laquelle elle s'étale. Au moyen d'un courant d'eau que l'on amène à cet endroit, on relève de bas en haut les produits en suspension ; les plus légers, les plus riches en carbonate de chaux remontent la colonne, passent par-dessus les bords dentelés de la rigole et sortent de l'appareil à l'état de lait léger, tandis que les plus lourds, les plus riches en phosphate tombent au fond, d'où ils sont, par le robinet entr'ouvert, continuellement évacués.

L'appareil Bouchez qui permet, au moyen de la craie enrichie à 40 p. 100 et sortant de la colonne Solvay, d'obtenir un produit titrant 55-60 p. 100 est une caisse en tôle, à section carrée, mesurant 7 à 8 mètres de longueur sur 2 mètres de large. L'appareil, porté sur deux tourillons, est incliné, dans le sens de la longueur, suivant un angle qui varie de 35 à 40°, selon la nature physique de la craie qu'il s'agit d'enrichir. La craie à 40 p. 100, délayée dans l'eau, arrive au sommet de l'appareil et le remplit tout entier. A l'intérieur, on dispose une série de vingt cloisons qui constituent les surfaces de dépôt. Ces cloisons, en tôle, dirigées parallèlement à la longueur de la caisse, sont à cinq endroits équidistants percées de petits orifices. Au-dessous de chaque série de trous se trouve placé un collecteur en tôle pleine. La boue de craie phosphatée, délivrée en tête de l'appareil, se répand uniformément et à la fois sur chacun des vingt plateaux ; les parties les plus lourdes, celles qui sont les plus riches en phosphate de chaux, se déposent les premières, traversent les trous des premières séries et se rassemblent dans les premiers collecteurs des vingt plateaux, tandis que les parties moins lourdes glissent toujours le long de ces plateaux, vont déposer à travers les trous des secondes séries, et dans les seconds collecteurs par conséquent, les produits les plus denses qu'elles renferment, et ainsi de suite jusqu'à l'extrémité de l'appareil. Les collecteurs d'une même série communiquent entre eux et débouchent dans une buse placée au-dessous de l'appareil. Il y a cinq buses, et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

au moyen de ces cinq buses, on peut tirer à tout instant du phosphate à 55-60 p. 100, du phosphate à 45-50 p. 100, du phosphate à 40 p. 100, du phosphate à 20 p. 100 et enfin du phosphate à 12 p. 100. Les derniers produits sont repris et repassés à l'appareil.

L'industrie de Breteuil n'a pas adopté les appareils dont je viens de vous donner la description. Ces appareils, d'ailleurs, produiraient-ils à Breteuil les résultats qu'ils produisent à Ciply? C'est ce qu'il est difficile de prévoir, la constitution physique de la craie, sa composition chimique n'étant pas exactement la même.

A Breteuil, on se contente de procédés de décantations beaucoup plus simples, qui exigent des appareils moins coûteux, mais entraînent à une main-d'œuvre plus considérable. La craie, après avoir été délayée dans l'eau au moyen d'appareils analogues à ceux de Ciply, est introduite dans des décanteurs imaginés par M. Chabod, constructeur à Breteuil. Le décanteur est constitué par une caisse hémicylindrique en tôle, longue de 2 mètres, profonde d'un mètre, portée sur deux tourillons; elle peut basculer pour déverser le produit qu'elle contient dans l'un ou l'autre des caniveaux placés à droite et à gauche de l'appareil. Dans la caisse est disposé, soit un agitateur à bras, soit, mieux encore, un gros serpentin en cuivre, percé de trous, par lequel on peut projeter, à l'intérieur de la caisse, de l'eau dans toutes les directions. Le liquide boueux est introduit dans la caisse; on l'abandonne quelque temps au repos, puis on décante en basculant l'appareil d'un côté. On remet les produits lourds en suspension dans l'eau, soit en faisant arriver de l'eau dans la caisse et en mettant l'agitateur en mouvement, soit en envoyant de l'eau par le serpentin percé de trous; on décante encore les parties légères en inclinant la caisse du même côté, et l'on recommence la même opération six, sept et huit fois; puis on remet une dernière fois le produit en suspension, et l'on sort le phosphate enrichi en basculant la caisse du côté opposé et en faisant tomber le produit qu'elle contient dans le caniveau destiné à le recevoir. On enrichit de cette façon à 50-55 p. 100 la craie de Breteuil.

M. Castelnau, ingénieur civil des mines, a imaginé, pour le lavage des minerais, un appareil qui semble, si j'en juge par les expériences qu'il a bien voulu faire exécuter devant moi, avec des craies phosphatées belges, se prêter très bien à l'enrichissement des phosphates. L'appareil est un bâti de fonte, à chaque extrémité duquel est disposé un rouleau; une toile sans fin, de tissu caoutchouté, mesurant 4 mètres de long sur 1 mètre de large, passant sur ces deux rouleaux, et soutenue par de petits rouleaux conducteurs, est entraînée avec une vitesse de 50 à 60 centimètres à la seconde. Le fonctionnement de l'appareil est encore basé sur ce fait que le phosphate arrivant à l'état de bouillie à l'une des extrémités de la toile, se dépose plus rapidement que la craie ou l'argile, celles-ci restant plus longtemps en suspension et se trouvant plus aisément entraînées. Mais la toile

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sans fin, au lieu d'être disposée horizontalement, est inclinée dans le sens de sa largeur. Le phosphate brut est délivré en tête et à la partie supérieure de la toile, et les parties légères, au lieu d'être entraînées dans le sens de translation de cette toile, sont entraînées dans un sens perpendiculaire et se rendent dans un caniveau placé en contre-bas, parallèle au sens de translation, et occupant le premier tiers de la longueur de l'appareil. Les parties plus lourdes continuent leur chemin, accrochées au tissu, puis sont remises en suspension par le jeu de filets d'eau tombant à la surface de la toile; un caniveau, qui fait suite au premier, recueille les produits demi-lourds qui sont destinés à être repassés, et le phosphate enrichi, toujours maintenu sur le tissu caoutchouté, est arrêté par un jet d'eau dirigé perpendiculairement au sens dans lequel il chemine, et retombe en avant de l'appareil dans un troisième caniveau.

Le phosphate de chaux, enrichi par ce lavage, qu'il provienne des sables argileux, ou des craies phosphatées, affecte la forme de grains sableux indépendants, formant une masse plastique à la façon du sable de mer. Il retient mécaniquement de 20 à 25 p. 100 d'eau. C'est avec un degré analogue d'hydratation que se présentent d'ailleurs le sable et la craie, au moment où on les extrait de la carrière. Ces produits il faut alors les sécher, pour leur donner une forme pulvérulente, les manier plus aisément et les rendre plus transportables.

Les fours au moyen desquels on dessèche les phosphates sont extrêmement nombreux.

Ceux qui sont de beaucoup les plus répandus, mais qui sont aussi les moins parfaits sont les fours à plaques de fonte. Pour les établir, on creuse le sol sur une profondeur de 80 centimètres, sur une longueur de 12 à 15 mètres et une largeur de 8 à 10 mètres. Puis on établit parallèlement à la longueur une série de petits murs en briques, qui vont, lorsqu'on les aura recouverts de plaques de fonte juxtaposées, déterminer une série de carneaux, dans lesquels les gaz chauds, provenant d'un ou de plusieurs foyers extérieurs, circuleront. A l'une des extrémités en effet se placent des foyers à la houille, dont chacun dessert plusieurs carneaux; à l'autre extrémité se dresse une cheminée d'appel, dans laquelle tous ces carneaux aboutissent. Le phosphate est étalé d'un côté du four, en une bande parallèle à la longueur; au fur et à mesure qu'il se dessèche, les ouvriers, au moyen de pelles ou de râteaux, le poussent vers l'extrémité opposée, tandis que le four est continuellement rechargé du côté laissé libre. Le travail dans ces conditions exige une assez grosse main-d'œuvre, et entraîne une dépense de charbon qui représente 10 à 11 kilos p. 100 kilos de phosphate obtenu sec.

Dans les usines de M. Solvay, j'ai rencontré un four, d'une construction différente, mais qui ne s'applique qu'à la dessiccation de la craie enrichie. C'est une caisse en maçonnerie, mesurant 15 mètres de longueur sur 3 de largeur et 2 de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

profondeur. Cette caisse, montée sur des piliers en maçonnerie, à 1 mètre du niveau du sol, est fermée à sa partie inférieure par une grille à barreaux rapprochés. A l'intérieur se trouvent deux rangées de tuyaux en fonte de 20 centimètres de diamètre, disposés en échiquier, et à travers lesquels circulent continûment les gaz chauds d'un foyer à la houille. La craie est étalée à la partie supérieure de la caisse, d'une façon continue; tant qu'elle reste encore humide, elle présente assez de plasticité pour se maintenir entre les tuyaux de fonte. Puis, à mesure que la dessiccation se produit, que la craie devient plus pulvérulente, elle glisse à la surface de ces tuyaux, s'échappe à travers les barreaux de la grille, tombe à la partie inférieure du four, d'où l'on vient la retirer de temps à autre.

Pour obtenir la dessiccation des sables enrichis, M. Solvay a imaginé un autre four, qui est constitué par un double foyer à la houille, à l'extrémité duquel se trouve établi un long carneau en maçonnerie, à section carrée, long de 10 à 12 mètres, et dirigé suivant une pente de 50 centimètres par mètre. Dans ce carneau se meut, avec une vitesse de 1 mètre à la minute, un tablier sans fin, formé d'une série de plaques en tôle, de 70 centimètres de large, attachées au tablier par l'un de leurs côtés, et pouvant se recouvrir les unes les autres, comme se recouvrent des écailles de poisson. Les plaques sont, à la pelle, chargées du sable que l'on se propose de dessécher. Le sable entraîné par le tablier sans fin est soumis alors à la chaleur rouge du four et du carneau, et, à l'endroit où le tablier sans fin tourne et revient en arrière, il tombe, presque déshydraté, dans un autre appareil, formé de plateaux superposés sur lesquels il cascade, et où il achève sa dessiccation.

J'ai vu employer encore à la dessiccation des phosphates des fours à réverbère, des fours à étage, etc.

Mais le séchoir qui m'a paru répondre le mieux au travail de la dessiccation des phosphates est le séchoir Ruelle. C'est celui que l'on rencontre dans presque toutes les installations nouvelles, et cela permet de supposer que nos phosphatiers en ont reconnu la supériorité.

Ce séchoir comprend deux organes, un four où on brûle de la houille, et un cylindre rotatif où on dessèche le phosphate. Le four est construit de telle façon qu'il puisse envoyer dans le cylindre, en même temps que les gaz de la houille, un courant d'air chaud. Au-dessus du foyer, à cet effet, sont disposés des tuyaux en fonte, recourbés sous forme d'U renversés, à travers lesquels circule, d'une façon continue, de l'air, poussé par un ventilateur. Le cylindre mesure 12 mètres de long, et 2 mètres de diamètre ; il est porté à droite et à gauche par un jeu de galets, et une grande roue dentée, entourant sa surface cylindrique en son milieu, et engrenant sur deux pignons, peut lui communiquer un mouvement lent de rotation de 8 tours à la minute. A l'intérieur de ce cylindre, et près de celui-ci, est établi un autre cylindre concentrique, qui tourne en même temps que lui. Sur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la surface intérieure de chacun des cylindres, sont placés des rubans hélicoïdaux en tôle, qui auront pour office de diriger le phosphate dans le trajet qu'il va avoir à parcourir. Le phosphate humide, introduit à la pelle dans une trémie, tombe dans le cylindre intérieur, à l'extrémité opposée au foyer; il est peu à peu conduit par les hélices, d'un bout à l'autre du cylindre ; il rencontre de petites fenêtres percées dans la paroi de ce cylindre, entre alors dans l'espace annulaire formé par les deux cylindres concentriques, puis, poussé par les hélices du cylindre extérieur, il chemine encore, dans une direction inverse de celle qu'il suivait tout à l'heure, et s'échappe enfin de l'appareil par de petites trappes disposées à l'extrémité.

Les gaz chauds du foyer pénètrent dans l'appareil dessiccateur à 450°; ils en sortent à 100°, entraînant la vapeur d'eau. En queue de l'appareil, on dispose une chambre à poussières pour retenir le phosphate que le courant d'air aurait chassé des cylindres.

Cet appareil n'use, paraît-il, que 4 à 5 kilos de charbon pour 100 kilos de phosphate. Il permet de dessécher 150 à 200 sacs par jour.

Quel que soit le four employé, la craie et le sable phosphaté, déshydratés maintenant, sont remontés dans une bluterie recouverte d'une toile n° 70, et le refus de cette bluterie est pulvérisé, au moyen de meules de pierre, pour être tamisé de nouveau.

Je me permettrais de critiquer cette manière de faire, quand elle s'applique aux produits que l'on se propose de vendre directement à la culture. La finesse du produit est certainement, dans ces conditions, insuffisante. On a reconnu en effet que les grains sableux de phosphate ont une texture cristalline. Or, étant donné que la majeure partie du sable, au sortir du séchoir, traverse directement la bluterie n° 70, ces grains de phosphate restent inaltérés, et il est probable que l'on obtiendrait un bien meilleur résultat, au point de vue de leur assimilation, si on consentait, au moyen de la meule, à les ouvrir et à les écraser.

Permettez-moi, Messieurs, de terminer cette conférence, à laquelle vous avez prêté une si bienveillante attention, en vous faisant part d'une réflexion un peu hardie et peut-être un peu prématurée.

Le monde agricole s'est ému bien souvent de voir les gisements de phosphate s'épuiser, et l'on a calculé le jour où il n'y aura plus de phosphates, comme le jour où il n'y aura plus de houille, plus de pétrole, plus rien. Je voudrais vous démontrer que ce jour est peut-être plus éloigné qu'on ne le pense.

Tout l'acide phosphorique semé sur nos terres est enlevé par les récoltes, que consomment les hommes et les animaux, et retournent à la terre sous forme d'engrais. Il n'y a, de perdu pour l'agriculture, que la quantité d'acide phosphorique logé dans nos os, et immobilisée dans nos cimetières. Or cette quantité

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

est, d'après M. Müntz, de 600 tonnes par an, ce qui correspond sensiblement à 2 000 tonnes de phosphate de chaux.

Nous avons vu que l'on extrayait des carrières 490 000 tonnes ; où passent les 488 000 tonnes qui constituent la différence?

D'abord, elles suppléent aux pertes inévitables auxquelles les exigences de la vie donnent lieu; on ne recueille pas tout l'acide phosphorique que l'on produit; ensuite, elles contribuent à former ce capital de roulement, ce fonds de roulement que nécessite le cycle de la végétation; et enfin, elles constituent pour les terrains qui en sont dépourvus, pour les sols granitiques, un capital de réserve.

Eh bien ! je dis que quand on ne perdra plus rien, que l'on recueillera toutes les déjections et tous les os des animaux abattus, quand ce fonds de roulement sera établi, et que toutes les terres seront garnies de leur capital de réserve, la consommation devra être restreinte à cette quantité de 2 000 tonnes qui représente l'acide phosphorique enseveli.

Évidemment il y aura des pertes, impossibles à calculer; on exportera de l'acide phosphorique hors de France, les sols granitiques seront longs à se pourvoir de phosphates; mais on peut néanmoins prévoir qu'un jour la consommation diminuera. Nos carrières s'épuiseront évidemment, mais dans un avenir peut-être plus lointain qu'on ne le prévoit.

AGRICULTURE

LA CULTURE DE LA BETTERAVE EN ALLEMAGNE, PAR ALBERT-H. WASHBURN, AGENT COMMERCIAL DES ÉTATS-UNIS A MAGDEBOURG.

Climat. — L'Allemagne est comprise entre le 47° et le 55° de latitude nord; la température moyenne y est d'environ 17°, mais la partie du territoire la plus favorable à la culture de la betterave se trouve située entre les 50° et 54° parallèles.

La période de germination de la betterave demande de l'humidité; des pluies abondantes et de la chaleur sont favorables à la période du développement, et un temps sec et clair est à désirer pendant l'automne, car cet état de l'atmosphère influe plus sur la richesse saccharine de la betterave que la chaleur même, particularité qui rend, pour ce genre de culture, l'Allemagne du Nord supérieure à l'Allemagne du Sud où les étés sont plus longs et plus chauds.

Des pluies abondantes, pendant les deux premiers mois de la végétation, favorisent beaucoup le développement de la betterave, qui atteint son maximum vers le mois d'août, et qui exige, à partir de cette époque, un temps clair et sec, sans trop de chaleur, afin de ne pas retarder la maturation de la récolte, dont la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

quantité, dans le cas contraire, se trouverait augmentée au détriment de la qualité.

Nature des terrains. — La betterave peut être cultivée dans des terrains de natures très différentes. On obtient des produits uniformément bons dans des terrains dont la croûte supérieure est composée de glaise, de marne et de sable, à la condition qu'aucun de ces éléments ne domine, et que leur mélange en soit tel que la couche terreuse ne soit ni trop compacte, ni trop légère, qu'elle ne soit pas trop pierreuse et ne contienne pas de minéraux renfermant eux-mêmes des acides. Quant au sous-sol, il doit être poreux et bien drainé.

Les terrains argileux peuvent également donner de bons rendements quand ils contiennent de la chaux, de l'alcali et de l'acide phosphorique en quantité suffisante. On devrait toujours se livrer à une analyse préalable, afin de déterminer s'il ne manque aucun de ces éléments constitutifs et s'il ne serait pas nécessaire de pourvoir à leur absence.

L'argile compacte ne peut être rendue fertile que par des applications fréquentes de fumier de bétail et par le mélange de chaux pour lequel on peut employer avec succès le résidu de défécation des sucreries.

D'une manière générale, on peut rejeter comme ne convenant pas à la culture de la betterave les sols tourbeux ou marécageux ainsi que ceux sur lesquels l'eau séjourne à l'état stagnant et qui nécessitent des travaux artificiels tels que d'importants drainages, un mélange de matières sablonneuses en proportions considérables et même l'addition d'alcalis et de phosphore.

Les prairies artificielles, les pâturages à moutons, les défrichages récents et tous les terrains salins peuvent également être classés parmi les sols ne permettant pas la culture de la betterave.

Le choix de l'emplacement d'un bon champ de betteraves devrait être l'objet d'un soin tout particulier. Une surface plane ou légèrement inclinée, exposée au sud, est préférable. On doit éviter l'ombre projetée sur les betteraves par des arbres fruitiers ou autres, car cette ombre les prive de lumière, de soleil, retarde leur maturité et appauvrit leurs qualités saccharines. Quant au sol lui-même, il est essentiel que la couche arable soit suffisante pour permettre aux racines de pénétrer profondément et de trouver une partie de leur nourriture dans le sous-sol.

Quand le choix d'un champ a été fixé avec tout le soin désirable, le reste dépend en grande partie du mode de culture adopté, c'est-à-dire de la bonne construction de l'outillage, de l'assolement régulier des récoltes et de la suffisance des engrais.

Préparation préalable du terrain. — Les travaux de préparation du terrain doivent être de préférence entrepris en automne. Un terrain labouré profondément, puis exposé longtemps aux éléments, acquiert beaucoup de qualité. Pour

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la culture de la betterave une terre à blé déjà fumée deux ou trois fois, labourée à 30 ou 40 centimètres de profondeur, est préférable. On la laisse reposer jusqu'au printemps, et aussitôt que le temps le permet, on la herse et on la roule. Le labour du chaume aura dû être opéré aussitôt le blé récolté.

Dans des terrains qui n'ont été jusqu'alors labourés que superficiellement, on ne peut conseiller l'emploi des charrues à vapeur, car un labour profond ramène trop de terre neuve à la surface, ce qui nuirait à une bonne récolte.

Assolements. — On ne peut trop insister sur la nécessité qu'il peut y avoir à adopter des assolements réguliers et établis avec intelligence. Il est reconnu que la betterave absorbe beaucoup de nourriture dans le sol et l'épuise rapidement, quand on en sème pendant plusieurs années consécutives au même endroit; mais on ne peut réellement établir de règle invariable d'assolement, et, dans chaque cas particulier, le cultivateur ne peut guère se baser que sur les conditions spéciales dans lesquelles il se trouve, c'est-à-dire sur l'exposition de ses terres, l'état de la culture et les espèces de céréales qui lui paraissent convenir le mieux à chaque espèce de sol.

En Allemagne, l'économie la mieux comprise comporte les assolements de trois et de quatre ans selon la qualité du sol.

Le tableau ci-dessous donne la marche des assolements de trois ans et de quatre ans.

ANNÉES.	ASSOLEMENT DE 3 ANS.	ASSOLEMENT DE 4 ANS.
1re année.	Blé (Fumier de bétail et phosphates).	Blé d'été (fumier de bétail).
2e —	Betteraves (Engrais artificiels pulvérisés et fertilisant chimique en addition au fumier de bétail.)	Betteraves (même engrais ci-contre).
3e —	Orge ou avoine sans engrais.	Orge ou avoine (avec mélange de trèfle.
4e —		Trèfle, luzerne, légumes, etc.

Dans aucun cas on ne doit faire deux récoltes de betteraves consécutives, ni les semer la première année de l'assolement, car on épuiserait ainsi le sol qui risquerait d'être infesté par les insectes (*Nématoïdes*).

Dans certaines contrées, le sol est si pauvre que l'on est forcé d'adopter l'assolement de 7 ans (voir le tableau ci-dessous).

Engrais. — Autrefois, les industriels qui passaient des marchés pour l'achat de betteraves exigeaient qu'elle n'ait pas été cultivée dans un terrain de fumure récente. Aujourd'hui, ces mêmes industriels ne font plus que stipuler avec soin que le fumier de bétail ne soit pas appliqué au printemps. Cependant, les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

usiniers qui paient la betterave d'après le tant pour cent de sucre qu'elle contient, ne font presque plus d'objection à une bonne fumure enterrée au précédent labour, quand le terrain est en bon état de culture, car étant donné les progrès faits dans l'industrie, on a rendu presque nul le mauvais effet produit par l'adoption de cette méthode qui a pour résultat d'imprégner les racines d'une forte quantité de sel et rendait autrefois plus difficile la transformation du sucre. Mais, par contre, comme le sel rend la betterave plus lourde, les industriels qui la paient au poids conservent l'ancien système.

ANNÉES.	ASSOLEMENT DE 7 ANS.
1re année. . . .	Pommes de terre, maïs, pois, etc. (engrais de chaux).
2e — . . .	Blé d'hiver.
3e — . . .	Betteraves.
4e — . . .	Blé d'été et trèfle.
5e — . . .	Trèfle.
6e — . . .	Blé d'hiver, fertilisant artificiel.
7e — . . .	Avoine.

Il est à remarquer que le bénéfice que l'on tire de la culture de la betterave ne provient pas seulement de la récolte des racines, mais qu'il ressort également du système de culture que nécessite ce genre d'exploitation qui développe les qualités physiques du sol et augmente par ce fait même les récoltes de blé ou d'autres céréales. Ainsi, par exemple, des récoltes de riz, de froment, de blé de printemps sont souvent augmentées de 30 ou 40 p. 100 en comparaison de récoltes faites pendant des périodes au cours desquelles on ne cultivait pas de betteraves.

Les proportions d'engrais à employer varient selon les années et d'après la nature des engrais adoptés, mais il ne faut pas oublier que l'application d'une couche de fumier trop épaisse produit des feuilles en grande quantité, fait développer les racines d'une façon anormale et les rend aqueuses et creuses au milieu.

Quand on emploie des fumiers mélangés, on peut en appliquer 40 000 kil. par hectare dans les proportions suivantes : 1re année, 50 p. 100; 2e année, 35 p. 100; 3e année, 15 p. 100. Si on ne fait usage que de fumier de vaches, on peut, sans inconvénient, en employer de 50 000 à 55 000 kil. par hectare répartis comme suit : 1re année, 25 p. 100; 2e année, 40 p. 100; 3e année, 35 p. 100.

Dans tous les cas, l'engrais doit avoir été enterré sous le labour, et, dans l'évaluation des quantités à employer, il est prudent de tenir compte de la perte occasionnée par la filtration d'une partie de l'engrais (fumiers et engrais chi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

miques) dans le sous-sol et par le lavage de la surface du terrain par les grandes pluies.

Les fumiers de moutons contiennent trop de potasse et d'azote, et, ainsi que les purins, ils ne doivent pas être employés comme fertilisants.

Comme il a été dit plus haut, les fumures du printemps doivent être évitées pour diverses raisons, et, pour ne citer que les plus importantes, à cause du retard qu'elle apportent à la maturation, de la diminution des qualités saccharines qu'elles occasionnent, et enfin des risques que l'on court d'avoir une saison aride pendant laquelle les fumiers ne se décomposent pas.

Les plus belles betteraves sont obtenues pendant les deuxième et troisième années de l'emploi du fumier de bétail, période pendant laquelle il faut, autant que possible, observer les règles suivantes :

Avant le labour, en automne, fertiliser le sol avec des détritus de poisson, dans les proportions de 200 kilog. par hectare. Au printemps, environ quinze jours avant le semis, ou même au moment de semer, ajouter de l'azote, c'est-à-dire environ 60 à 80 kilog. de salpêtre par hectare mélangé avec autant d'acide phosphorique sous forme de superphosphates. Le salpêtre et le superphosphate doivent être broyés ensemble aussi finement que possible, et répandus uniformément sur le champ en ayant soin de l'enterrer ensuite à une profondeur convenable.

A ce sujet les opinions émises diffèrent beaucoup entre elles, mais, en général, on peut adopter une profondeur moyenne de 20 centimètres.

Le salpêtre du Chili est préférable pour les plantes, et, contrairement à l'ammoniaque, il se dissout rapidement, ainsi que le guano du Pérou, il active puissamment la maturation de la betterave, mais ne vaut pas cependant l'acide phosphorique qui est le plus important des engrais artificiels.

L'application d'engrais pendant le printemps, qui vient d'être recommandée, stimule d'une façon considérable le développement de la betterave, et on le considère comme indispensable pendant les premiers temps de la végétation, car l'expérience a prouvé que les racines traitées de cette façon acquièrent plus de vigueur et résistent mieux aux insectes.

On doit éviter, d'une façon absolue, l'emploi du salpêtre du Chili après que les fouilles se sont complètement déroulées, car cette opération fait développer les racines au-dessus de la surface du sol, retarde l'époque de la maturité et appauvrit les qualités saccharines; cependant on peut en user modérément aussitôt après le dépressage.

L'application des engrais artificiels réclame beaucoup d'attention et de pratique, aussi la préparation préalable du sol, ainsi que la distribution des engrais sur le terrain, doivent-ils être l'objet de soins tout particuliers; on peut également faire entrer en compte, avec utilité, certaines considérations atmosphériques telles que le calcul d'une moyenne des pluies probables.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les indications qui suivent peuvent, sans exposer à aucun risque, être adoptées comme base :

1° Dans les terrains sablonneux, employer de grosses quantités de salpêtre ;

2° N'en employer que 300 à 400 kilogrammes à l'hectare dans les bas-fonds où les terres sont lourdes, quoique d'humidité normale.

3° N'en faire usage que de très faibles quantités dans les terrains montagneux, froids ou humides ou contenant de l'eau dans le sous-sol.

4° En éviter complètement l'usage dans les prairies naturelles qui n'ont jamais été brisées ainsi que dans les vieilles prairies artificielles qui contiennent déjà du nitrate de potasse en quantité suffisante.

D'après Stutzer l'emploi bien compris du salpêtre (environ 40 kilogrammes) peut faire rendre à un hectare de terre 400 kilogrammes de betteraves de plus que de l'azote sous forme d'ammoniaque.

Il y a quelques années, on avait l'habitude de mélanger au sol des superphosphates en proportions trop grandes relativement à la quantité d'azote employée, ce qui produisait l'effet absolument contraire à celui que l'on en attendait, et l'on remarqua que les betteraves traitées avec trop d'acide phosphorique jaunissaient de bonne heure et allaient en s'affaiblissant. On fut donc conduit à diminuer l'emploi des phosphates et à augmenter celui de l'azote, en sorte que dans la grande culture de la betterave, en général, la proportion de l'azote par rapport à l'acide phosphorique est de 2 pour 1 ; dans les terrains qui contiennent peu de phosphate on peut en régler l'emploi par moitié, et dans les prairies naturelles que l'on brise pour la première fois, comme on l'a déjà dit, l'emploi d'acide phosphorique sans azote est préférable.

Les graines et leur choix. — Le choix de graines de qualité supérieure est de la plus haute importance. Il y a 10 ou 15 ans, les cultivateurs les plus intelligents d'Europe donnaient tous leurs préférences aux graines françaises, mais cet état de choses a été complètement modifié et on peut dire que l'ancien impôt allemand sur les produits indigènes a été la cause principale du changement.

En imposant la betterave brute d'après son poids, le Gouvernement encouragea vivement, en effet, les cultivateurs et les usiniers à développer la culture d'une betterave très riche en sucre.

Des expériences scientifiques furent donc entreprises et continuées avec persistance jusqu'au succès complet ; en sorte que, maintenant, les grainetiers allemands approvisionnent non seulement l'Allemagne, mais aussi l'Autriche, la France, la Russie, la Belgique, la Hollande et ils sont certainement le mieux outillés pour l'approvisionnement des États-Unis.

Les espèces que l'on préfère, en Allemagne, sont la *Vilmorin acclimatée*, la *Vanzelebener tardive* et les croisements obtenus avec ces deux variétés entre elles.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les variétés anciennes telles que la *Silésienne blanche*, l'*Impériale*, la *Belge*, la *Russe* et la *Vilmorin originale* ont, en pratique, complètement disparu de l'Allemagne, car elles ne peuvent remplir les conditions requises, étant toujours de formes défectueuses ou de qualité saccharine inférieure.

Il convient donc d'apporter le plus grand soin dans le choix de la variété la plus apte à atteindre la perfection dans un terrain déterminé; car on ne peut s'attendre à ce que la graine, même la meilleure, donne de bons résultats dans un terrain qui ne lui convient pas.

La graine connue sous le nom d'*Élite* est toujours du prix le plus élevé, mais cette dépense est largement compensée par la certitude que l'on a d'obtenir une bonne récolte, et la plupart des cultivateurs préfèrent encore acheter leur semence aux grainetiers de premier ordre plutôt que de la récolter eux-mêmes.

Parmi les grainetiers les mieux cotés et possédant la plus vaste exploitation en Allemagne, on cite MM. Schreiber et fils, de Nordhausen. Toutes leurs graines, comme, du reste, toutes celles des autres grands établissements en renom, sont soumises à un vigoureux système d'amélioration qui dure environ quatre ans, la superficie considérable occupée par leur ferme leur permettant de se livrer à leurs expériences sur une vaste échelle. Les frères Dippe, de Quedlinbourg, jouissent également d'une excellente réputation.

La Vilmorin acclimatée, comme on le sait, est d'origine française et possède beaucoup de sous-variétés plus ou moins importantes. La Vilmorin acclimatée allemande est de conformation robuste, de chair blanche et son feuillage est court et vigoureux. Elle résiste particulièrement bien et réussit, non seulement dans les terrains profonds et en bon état de culture, mais aussi dans les prairies naturelles et les chaumes de trèfle; quant à sa contenance saccharine elle est importante, même dans les terrains aquifères.

Cette espèce de betterave mûrit tard (au milieu d'octobre); on ne commence donc à l'exploiter qu'à la fin de la récolte. Elle se comporte très bien dans les terres fortes et le climat froid des montagnes du Hartz, région dans laquelle se trouvent situés Nordhausen et Quedlinbourg. Son rendement est de 28 000 à 36 000 kilogrammes par hectare et elle contient de 16 p. 100 à 20 p. 100 de sucre.

Dans les terrains secs et sablonneux ou d'altitudes très grandes, la Vilmorin n'est pas recommandée car elle produit trop de chevelu.

Les graines de cette espèce doivent être semées à $0^m,40$ de la surface du sol et les rayons doivent être déprimés de manière à laisser un espace de $0^m,20$ entre chaque plante.

La Klein Wanzelebener améliorée et ses sous-variétés sont de forme conique à chair très tassée et pourvues d'un feuillage abondant et vigoureux. Elle réussit très bien dans l'argile légère et le sable, mûrit de bonne heure, donne un rende-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment de 38 000 à 50 000 kilogrammes à l'hectare et contient de 14 p. 100 à 18 p. 100 de sucre.

Elle atteint sa maturité vers la fin de septembre ou le commencement d'octobre, ce qui fait qu'elle est toujours travaillée parmi les premières dans les sucreries.

Les terres récemment fumées, les prairies nouvellement brisées, les prairies artificielles et les terrains à sous-sol aquifère ne conviennent pas à cette variété de betterave.

Dans les terrains sablonneux et légers il faut laisser entre chaque plante une distance de $0^m,30$ à $0^m,40$, mais dans les terres lourdes on peut ne laisser que $0^m,22$ de distance.

La meilleure des variétés hybrides est la Schreiber's Specialitat. Cette betterave, résultat de plusieurs années de culture soignée, tient le milieu entre la Vilmorin et la Klein Wanzelebener améliorée, elle donne un bon rendement et possède d'excellentes qualités saccharines.

Dans la première période de sa végétation, elle revêt une teinte rougeâtre qu'elle perd complètement quand elle atteint son maximum de développement ; elle devient alors complètement blanche ; elle est robuste et de forme élancée. Elle se développe entièrement dans la terre, forme une petite tête à son extrémité supérieure et son feuillage est court sur tiges, étroit et légèrement enroulé. Elle se plaît indifféremment sur les plateaux élevés ou dans les fonds et ne craint que les infiltrations d'eau dans le sous-sol.

Le rendement de cette betterave varie entre 34 000 et 42 000 kilogrammes par hectare et elle contient de 16 p. 100 à 20 p. 100 de sucre.

Quant à l'espace à ménager entre les plantes, on peut dire en général que meilleur est le sol plus on peut rapprocher les racines ; dans un terrain pauvre la distance devra par conséquent être plus importante.

Il est toujours avantageux de resserrer ces racines autant que la qualité du terrain le permet, car, de cette façon, le développement de la tête est enrayé, les betteraves s'enfoncent plus profondément en terre et la richesse en sucre se trouve de la sorte augmentée.

Comme nous l'avons déjà dit, le terrain labouré en automne doit être hersé et roulé au printemps, afin de le préparer à recevoir la graine aussitôt que la saison le permet : les mottes sont aussi brisées et la terre émiettée offre alors une surface unie et régulière.

La question des labours a déjà fait l'objet de grandes discussions et on a émis à ce sujet bien des opinions, mais l'évidence même des faits lui est contraire puisque le labour profond de l'automne est considéré comme bien suffisant et qu'en outre le labour de printemps risque de faire perdre une partie de l'humidité approvisionnée dans le sol pendant l'hiver.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il y a un grand intérêt à mettre la betterave en terre de bonne heure car un retard de trois ou quatre semaines peut réduire la récolte d'un tiers.

On commence les semis en Allemagne vers le milieu du mois d'avril, si possible ; en général les graines sont enterrées à environ deux centimètres ; cependant la profondeur à laquelle on doit les enterrer varie selon la température et l'état du terrain : ainsi quand la température est basse et quand le sol n'est pas perméable, les graines sont très exposées à se pourrir, aussi faut-il apporter beaucoup d'attention à la question de profondeur.

On sème ordinairement de 30 à 40 kilogrammes de graines par hectare, mais la proportion exacte ne doit véritablement être déterminée que d'après l'époque à laquelle on opère le semis ; ainsi, en Allemagne, vers le milieu d'avril on ne doit pas semer moins de 40 kilogrammes à l'hectare, car le mauvais temps, les ravages causés par les vers et les gelées nocturnes ne font pas autant de dégâts dans des champs dont le plant est dru que dans ceux dont le plant est clair.

Une température de 8° à 20° C. est la plus favorable à la germination des graines. On ne doit pas tremper les graines indifféremment dans tous les cas, car les gemmules développées trop rapidement s'étiolent facilement, surtout quand l'opération est suivie d'un temps très aride.

Les semis sur terrain plat sont d'usage généralement répandu, mais, cependant, dans les régions où le sol est froid et humide et nécessite des labours peu profonds, on adopte le système connu sous le nom de *Dam Culture* et on sème les graines dans des rigoles.

M. von Hodeck, qui exploite en Allemagne une sucrerie très importante, a fait à ce sujet des remarques fort intéressantes. La supériorité d'une méthode sur l'autre est en grande partie une question de climat, car les sillons sont certainement très facilement échauffés par la chaleur du jour, mais ils se refroidissent également très vite pendant la nuit; par contre, les surfaces plates retiennent la chaleur d'une façon plus uniforme pendant le jour et la nuit, et elles conservent, en outre, l'humidité plus régulièrement. Cependant von Hodeck a été amené par ses expériences à préférer les semis en rigoles comme permettant de semer de meilleure heure, de cultiver plus facilement et de pouvoir tasser plus fortement la terre recouvrant les graines; ce dernier détail est d'une haute importance, car une végétation convenable et une récolte satisfaisante dépendent souvent de la plus ou moins bonne exécution de l'opération.

Voici, d'après von Hodeck, la meilleure manière de préparer les graines pour les semis :

On place les graines dans une cuve à tremper, puis on verse par-dessus de l'eau à une température telle que l'on puisse y maintenir facilement la main ; on additionne cette eau de pétrole en quantité suffisante pour que les graines en conservent fortement l'odeur. Comme le pétrole ne se mêle pas bien à l'eau, on

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le mélange avec du lait dans une bouteille puis en l'agite fortement avant de le verser dans l'eau.

L'acide phénique ne remplirait pas aussi bien le but que le pétrole, car il pourrait porter atteinte aux qualités germinatives de la graine.

Après 12 heures de trempage on fait écouler l'eau et on dépose les graines en tas de $0^m,60$ à $0^m,80$ de haut, au milieu duquel on place un thermomètre (le local utilisé à cet effet ne devra être ni découvert, ni froid, un hangar est préférable); quand la température du tas s'élève à 25° ou 27°, on retourne les graines avec une pelle afin de les refroidir, et, jusqu'à ce que la germination commence, on renouvelle l'opération chaque fois que le thermomètre atteint 25°. La semence est alors étalée pour lui permettre de se refroidir complètement et de s'assécher afin que les graines n'adhèrent pas les unes aux autres : cette opération terminée, elles sont prêtes à être employées.

La rapidité avec laquelle les planches sont susceptibles de lever dépend beaucoup du plus ou moins d'attention apportée dans ces soins préliminaires.

Au printemps, après que le champ a été hersé, on trace des rigoles au moyen d'une machine spéciale, *Ridge former*, puis on roule ces billons au moyen d'un rouleau formé de trois parties articulées auquel sont fixés de petits crochets distancés de $0^m,20$ ou $0^m,25$ qui marquent l'espacement des betteraves.

L'opération du semis suit immédiatement après; elle a lieu à la main quand la pièce de terre est d'une petite étendue; mais, dans tous les cas, il est bien préférable d'employer un des nombreux modèles de semoirs à effets simples ou multiples qui peuvent être spécialement adaptés aux besoins dans chaque cas particulier.

Autrefois, dans beaucoup de localités on avait l'habitude d'enterrer à la charrue et de ressemer les plants qui avaient été tant soit peu atteints par les gelées nocturnes sous prétexte qu'ils étaient plus disposés que d'autres à monter à graine; cette mesure a été depuis reconnue inutile, car comme on sème aujourd'hui plus dru, ce désavantage, qu'offraient les semis prématurés, est en partie annulé; en effet, il arrive rarement, sauf sur les lisières des champs, que des plantes souffrent de la gelée, protégées qu'elles sont par un ensemencement très dru. Dans le cas d'une inondation, cependant, il devient nécessaire de ressemer.

Culture. — La condition la plus essentielle pour faire de la bonne culture est de ne pas travailler le sol quand il est humide et quoique ce principe diminue probablement beaucoup le nombre des journées de travail disponibles, on doit s'y tenir rigoureusement.

Les semis de culture doivent commencer dès que les rangées deviennent bien visibles; ils ont pour but d'ameublir la terre, de laisser pénétrer l'air librement et de détruire les herbes qui commencent à apparaître.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le premier sarclage offre de grandes difficultés et les plantes étant très tendres et très petites, il est plus avantageux de le faire avec la main. Quand le travail risque d'être retardé par suite de pénurie d'ouvriers, on peut se servir du sarcloir mécanique ajusté avec précision, car la grande promptitude avec laquelle ce travail est exécuté est d'une haute importance. Pour les premiers binages on doit se tenir à une distance de $0^m,18$ à $0^m,20$ des jeunes plantes.

La seconde opération, qui vient immédiatement après, est le dépressage, qui a lieu dès qu'il est possible de le faire; on confie ce travail à des enfants surveillés de très près et dressés à ne laisser que les plantes les plus vigoureuses.

L'ameublissement de la terre et l'influence de l'air sont d'une grande utilité pour le développement de la betterave; aussi doit-on faire des binages chaque fois que le temps le permet, quatre au minimum, en tenant compte que pendant une période déterminée leur effet est d'autant meilleur qu'ils sont plus fréquents.

Comme on le fait pour le premier binage, on devra éviter avec soin de recouvrir de terre les jeunes plantes.

Vers le troisième sarclage on estime que le plant est assez développé pour supporter un binage sérieux même jusque près des racines.

On doit cesser les semis de culture au moment où les feuilles de chaque betterave n'ont pas complètement rejoint celles de ses voisines et quand il est encore possible à un ouvrier de passer entre les rangs de betteraves sans causer de dégâts.

Dès ce moment, on peut considérer la betterave comme débarrassée des mauvaises herbes jusqu'au moment de son entier développement et comme ne nécessitant plus aucun soin jusqu'à la récolte, sauf à veiller à ce que l'on enlève immédiatement les herbes qui apparaîtraient en trop grande quantité.

Le sarclage à la main est préférable à l'emploi du sarcloir mécanique en vogue aujourd'hui; quoique, cependant, il faut admettre que cette machine, perfectionnée comme elle l'est à présent, rende de réels services dans les grandes pièces de terre.

On doit éviter rigoureusement de couper ou de casser les feuilles des betteraves, car la qualité et l'abondance de la récolte dépendent essentiellement du complet développement du feuillage.

(*Reports from the consuls of United States.*)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

NOTICES INDUSTRIELLES

EXTRAITES DES PUBLICATIONS FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES

Préparation mécanique des cartons Jacquart. — Un des principaux accessoires de la machine Jacquart est le *carton*. Celui-ci est fixé à la partie supérieure des harnais, qui servent à guider les lisses. Il a pour fonction de soulever les fils de la chaîne, dans l'ordre et la place requis par le dessin pour le passage de la navette. La préparation de ces cartons est très longue, et fatigue l'ouvrier qui en est chargé. Celui-ci, qu'on appelle le *liseur*, doit avoir une grande habileté, consacrée par une longue pratique ; aussi reçoit-il un salaire très élevé, en raison de l'importance de son travail. En effet, on commence par copier le dessin de l'artiste sur une feuille de papier à sections quadrangulaires ; puis après avoir passé celle-ci en couleur, on la livre au lecteur qui, après avoir placé le dessin sur un cadre auquel est attaché un certain nombre de fils, entremêle habilement ceux-ci, de façon à reproduire le modèle sur un rideau, ou tout autre article à fabriquer. Cette opération, *la lecture*, est très importante, et, pour les dessins ordinaires, demande en moyenne quatre à cinq jours de travail ; mais dure une semaine et même quinze jours, pour un dessin un peu compliqué. Le liseur doit porter toute son attention pour éviter la moindre erreur ; car on ne peut découvrir celle-ci que lorsque le premier modèle est fini ; ce n'est qu'alors qu'on peut les corriger. Lorsque le modèle-étoffe est complété, on le place sur un appareil qui poinçonne les séries de cartons pour le Jacquart. Cette opération dure environ un jour, temps à ajouter à celui employé par le liseur. Quand les cartons ont été poinçonnés, ils sont réunis dans un ordre régulier et sont prêts à passer au Jacquard. Toutes les erreurs qu'on peut apercevoir sur le modèle sont rectifiées par des ouvriers spéciaux qu'on appelle *correcteurs*, et qui sont exclusivement occupés à ce travail dans les grandes manufactures de dentelle.

Toutes ces longueurs, toutes ces difficultés ont été supprimées par le système de MM. Pearson et Godward, employés chez MM. Frank Wilkinson et C^ie^, dont le brevet a été longtemps employé avant d'arriver à la perfection. Ces industriels emploient à la fabrication des rideaux en dentelle dans leurs usines, Anglo-Scotians-Mills, de Beeston, près Nottingham, environ 1500 ouvriers et soixante-dix machines qui fournissent un travail de mille chevaux-vapeur à peu près.

Dans ce nouveau système, le dessin est tracé sur une feuille mince de caoutchouc transparent qu'on tend dans un cadre facile à agrandir et à diminuer mathématiquement, selon le modèle donné. Le dessin est tracé sur la feuille de caoutchouc avec une couleur préparée spécialement et qui reste humide. Quand le dessin est tracé, on place dessus une feuille de zinc finement perforée, et le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dessin est directement transmis de la feuille sur le zinc. On passe alors sur le modèle un enduit épais, qui pénètre et bouche les trous qui sont placés en dehors des lignes du dessin; tandis que les trous du zinc placés au-dessus du modèle restent ouverts. Puis, on porte la planche du modèle sur la machine à lire, et on le place entre deux cylindres horizontaux qui le présentent à une série d'aiguilles reliées aux leviers. Les aiguilles sont disposées de manière à ce que les unes entrent dans les trous du zinc, à mesure qu'il avance graduellement à travers les cylindres, pendant que les autres passent sur la surface enduite, ne pouvant pénétrer dans ces trous qui se trouvent fermés. Les fils sont poussés par les leviers adhérant aux aiguilles, qui sont tombées dans les trous, et ces fils actionnent une machine Jacquart intermédiaire au moyen de laquelle les cartons sont poinçonnés à l'autre extrémité de la machine. Les cartons blancs sont automatiquement poussés sur les poinçons et jetés dans un récipient dès qu'ils sont poinçonnés. Cette machine est purement automatique et lorsque le modèle a été mis en position, et que la machine est mise en action, elle marche, sans qu'on s'en occupe, jusqu'à ce que tout le dessin ait été transmis aux cartons. Le taux de production est très remarquable comparativement au travail manuel. Un modèle qui occuperait un lecteur pendant quinze jours pourrait être lu et poinçonné à la machine en deux heures environ. De plus, il y a une grande économie dans le travail, parce que les erreurs sont impossibles, pourvu que le dessin ait été convenablement tracé. Cette machine fonctionne depuis plusieurs mois dans l'usine de MM. Wilkinson, et a donné un si bon résultat qu'ils l'ont définitivement adoptée et qu'ils comptent faire ainsi 75 000 francs d'économie par an. Ceci paraît une grosse somme, mais on ne s'étonnera plus, si l'on considère qu'avec cette machine un seul surveillant tient la place de seize à dix-huit ouvriers, rien qu'en liseurs, poinçonneurs et correcteurs. Jusqu'à présent, cette machine ne sert qu'à préparer les cartons pour rideaux de dentelles et autres articles similaires; mais elle peut être facilement utilisée dans la fabrication des tissus de tous genres.

(*Iron.*)

Des dangers auxquels expose l'emploi de gaz à haute pression, par C.-F. Budenberg et W.-E. Heyr. — La presse donne assez fréquemment le récit d'explosions occasionnées par l'emploi de gaz à haute pression dont les conséquences sont très regrettables. La recherche minutieuse des causes qui ont pu produire ces accidents, tout en révélant sans doute ce qu'on aurait pu prévoir, a fait connaître cependant certains détails encore ignorés.

Il n'y a pas lieu de parler des explosions qui se produisent par suite de l'emploi d'un matériel défectueux ou de manutentions maladroites, car, avec la prudence la plus élémentaire, on peut éviter beaucoup d'accidents. Mais on remarquera

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que les calculs de résistance, basés sur la pression statique du gaz employé, mènent assez loin de la vérité, et ne donnent que des résultats trop faibles.

L'examen d'un appareil ayant fait explosion, a permis de constater la négligence presque impardonnable qui préside quelquefois à l'établissement d'appareils pour hautes pressions, et la légèreté des industriels qui en font usage, et qui, sans considération aucune pour les dangers auxquels ils exposent leur personnel, préfèrent un matériel à bas prix à un outillage qui offrirait toutes garanties de solidité.

Dans la pratique, les gaz à haute pression sont ordinairement contenus dans des cylindres en acier munis d'un robinet; c'est sur un collet que l'on fixe à la suite de ce robinet le tuyau de communication qui est lui-même muni d'un robinet de réglage et d'un manomètre.

La première observation à faire, est la rapidité avec laquelle, dès l'ouverture du robinet et malgré toutes les précautions que l'on prend pour modérer l'opération, l'aiguille du manomètre se précipite vers le point du cadran qui indique la pression du gaz dans le cylindre; le même fait se produit, même quand on réduit le jet de gaz au diamètre d'un fil en le faisant passer par la plus petite ouverture qu'il soit possible de percer (1/10 de millimètre de diamètre).

On observe, en second lieu, que le tuyau d'amenée, le manomètre et le régulateur sont remplis d'air en quantité relativement considérable, auquel vient se mélanger le gaz comprimé.

On peut donc déduire de ce qui précède que les effets produits sont presque instantanés; que la rapidité avec laquelle le gaz s'échappe produit un frottement qui doit augmenter sensiblement la température du gaz; que l'air contenu dans les tuyaux, robinets, etc., se trouve être instantanément comprimé à la même pression que le gaz dans le cylindre; d'où résulte un accroissement de température.

Cette chaleur s'ajoute à celle qui est développée par le frottement, de sorte que l'air et le gaz mélangés peuvent atteindre une température très élevée.

Cet accroissement de la température est suffisant, même à une pression de moins de 100 atmosphères, pour dissocier les éléments des composés hydrogénés. Il suffit, pour s'en rendre compte, de faire l'expérience avec de l'air à une pression de 80 atmosphères, on arrive ainsi à carboniser des copeaux de bois.

Dans le cas où le gaz comprimé est de l'oxygène, ce gaz peut se combiner instantanément, et faire explosion avec certaines matières organiques, telles que l'huile.

Il est évident, par ce qui précède, que même dans le cas où l'on emploie un gaz inerte, comme l'azote ou l'acide carbonique, la pression supportée instantanément par les appareils est de beaucoup supérieure à celle du gaz dans le cylindre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On voit donc qu'il est possible et même facile d'adopter quelques précautions élémentaires qui écarteraient tout risque d'explosion.

D'après cela, il serait facile d'éviter qu'il y ait des traces d'huile ou de tout autre élément organique dans l'intérieur des appareils ;

Il serait possible de faire usage d'un obturateur poreux pour modérer le passage du gaz à la sortie du cylindre ;

Enfin, il convient d'employer des appareils présentant une résistance suffisante et d'une fabrication soignée. Il faut aussi éviter de revêtir diverses parties de l'appareil et de les laisser toutes en vue.

Beaucoup de fabricants essayent leurs manomètres avec une pompe à huile, c'est un usage dont il faut s'abstenir avec soin.

Il est également utile de réduire le plus possible les espaces nuisibles, d'après ce qui a été dit.

Il reste surtout à appeler l'attention sur deux points caractéristiques des explosions occasionnées par la présence de l'huile et qui sont leur violence et leurs effets localisés.

Une explosion provenant de gaz hydrogène en contact avec de l'oxygène, et ayant lieu dans une partie d'un appareil bien conditionné peut n'occasionner que peu de dégâts. Mais, si l'explosion est due à la décomposition de l'huile, elle est généralement des plus violentes et peut atteindre une température suffisante pour fondre le cuivre, tout en restant localisée dans une portion restreinte de l'appareil. Ainsi une explosion produite dans un tube de 6 millimètres de diamètre intérieur s'est trouvée limitée sur une longueur de 8 à 10 centimètres, et les parois avaient été chauffées au point de doubler le diamètre du tube et d'occasionner sa rupture, tandis qu'un manomètre placé à quelque distance de là n'avait subi aucune détérioration.

(*Journal of the Society of chemical industry.*)

OUVRAGES REÇUS

Il sera rendu compte, s'il y a lieu, de tout ouvrage qui aura été adressé en double exemplaire à la Société.

ANNUAIRE DU BUREAU DES LONGITUDES

(1 vol. in-18, broché, Paris 1893, Gauthier-Villars et fils.)

Outre les renseignements pratiques qu'il contient chaque année, l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* pour 1893 renferme des articles dus aux savants les plus illustres sur les monnaies, la statistique, la géographie, la minéralogie, etc., enfin les notices suivantes : *Sur l'Observatoire du Mont-Blanc;* par J. JANSSEN. — *Sur la corréla-*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tion des phénomènes d'électricité statique et dynamique et la définition des unités électriques, par A. CORNU. — *Discours sur l'Aéronautique, prononcé au Congrès des Sociétés savantes*, par J. JANSSEN. — *Discours prononcé aux funérailles de M. Ossian Bonnet*, par F. TISSERAND. — *Discours prononcé aux funérailles de M. l'Amiral Mouchez*, par FAYE, BOUQUET DE LA GRYE et LŒWY. — *Discours prononcé* par J. JANSSEN, *au nom du Bureau des Longitudes, à l'inauguration de la statue du général Perrier, à Valleraugue (Gard)*. In-18 de V-868 pages, avec figures et 2 cartes magnétiques. (Paris, Gauthier-Villars et fils, 1 fr. 50.)

JOURNAUX ET REVUES

Comptes rendus de l'Académie des sciences. — *Séance du 28 novembre* 1892, n° 22. — Sur les lois de dilatation des liquides, leurs isothermes, par *M. E. H. Amagat*. — Sur la dépression du zéro observée dans les thermomètres recuits, par *L. C. Baudin*. — Sur la fusion du carbonate de chaux, par *A. Joannis*. — Préparation du chrome métallique par électrolyse, par *Em. Placet*.

Séance du 5 décembre, n° 23. — Sur la fusion du carbonate de chaux, par *H. Le Chatelier*. — Sur les échanges d'acide carbonique et d'oxygène entre les plantes et l'atmosphère, par *Th. Schlœsing* fils. — Sur un nouvel ellipsomètre, par *Jannetaz*.

Séance du 26 décembre, n° 26. — Sur la décroissance de la température dans l'air avec la hauteur, par *Alfred Angot*. — Sur la température de l'arc électrique, par *J. Violle*. — Remarques sur les hautes températures et sur la vaporisation du carbone, par *Berthelot*. — Détermination des coefficients de self-induction au moyen des oscillations électriques, par *P. Janet*. — Sur la fusion du carbonate de chaux, par *A. Joannis*. — Relation entre les chaleurs de formation et les températures du point de réaction, par *Maurice Prud'homme*. — Dosage des impuretés dans les méthylènes, par *Er. Barillot*. — Les pertes d'azote dans les fumiers, par *A. Müntz et A.-Ch. Girard*. — Sur les fermentations du fumier, par *Alex. Hubert*.

Séance du 2 janvier 1893, n° 1. — Sur les phénomènes thermo-électriques entre deux électrolytes, par *Henri Bagard*.

Séance du 9 janvier, n° 2. — Dilatation et compression de l'eau, par *E.-H. Amagat*. — Sur la purification du zinc arsenical, par *H. Lescœur*.

Séance du 16 janvier, n° 3. — Sur la détermination du phosphore dans les fers et les aciers, par *Ad. Carnot*. — Les pertes d'azote dans les fumiers, par *A. Müntz* et *A.-Ch. Girard*.

Annales des Mines. — *Octobre* 1892. — Sur le dosage du grisou, par *H. Le Chatelier*.

Novembre. — Étude sur les pertes de charge de l'air comprimé et de la vapeur dans les tuyaux de conduite, par *Ledoux*.

Annales des Ponts et Chaussées. — *Octobre* 1892. — Note sur un procédé de représentation graphique des enclenchements, par *P. Théry*.

Novembre. — Note sur l'atelier des essais des métaux de la Compagnie Paris-Lyon-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Méditerranée, par *H. Lebasteur*. — Note sur les ponts suspendus avec poutres raidissantes articulées en leurs milieux, par *de Boulogne*. — Note sur le raccordement parabolique entre deux arcs de cercle contigus de même sens, par *Bernis*.

Mémoires de la Société des Ingénieurs civils. — *Septembre* 1892. — Théorie générale de la machine à vapeur. — Théorie de l'enveloppe et de la machine à vapeur surchauffée, par *G. Leloutre*. — Projet de desséchement du Zuyderzée, par *J. de Koning*.

Octobre. — Les dangers des canalisations électriques dans les villes éclairées au gaz, par *P. Jousselin*. — Enrichissement du gaz des gazogènes, au moyen de l'utilisation du calorique qui échappe à la récupération, par *A. Lencauchez*. — Voyage en Amérique et principalement à Chicago, par *de Chasseloup-Laubat*. — Nouvelle unité d'activité proposée pour remplacer le cheval-vapeur, par *L. Méhay*. — Rapport de la commission d'essai de la locomotive compound-tandem des chemins de fer sud-ouest russes.

Novembre. — Débit des déversoirs à contraction complète, par *C. Canovetti* (analyse par N. de Tédesco). — Histoire de l'élasticité et de la résistance des matériaux, par *L. de Longraire*. — Le touage par adhérence magnétique, par *A. de Bovet*. — Résistance des terrains sablonneux aux charges verticales, par *P. Yankowski*. — Travaux du V^e^ Congrès de navigation intérieure. Compte rendu, par *J. Fleury*. — Le canal d'Amsterdam à la mer, par *J. de Koning*.

Revue générale des chemins de fer. — *Novembre* 1892, n° 5. — Fabrication des châssis de glaces des voitures à voyageurs, par *E. Rousseaux*.

Décembre, n° 6. — Essais comparatifs de soudabilité des aciers fondus, par *Oursel*. — Indicateur-enregistreur de vitesse à mouvement conjugué pour locomotives (système *Hausshälter*).

Comité des Forges de France. — 25 *janvier* 1893, n° 665. — Projet de loi sur l'hygiène et la sécurité des travailleurs dans les établissements industriels.

Génie civil. — 3 *décembre* 1892, n° 5. — Étude du nouveau moteur à vapeur d'éther sulfurique, de Susini, au point de vue de la thermodynamique, par *E. de Marchena*. — L'eau potable dans la banlieue de Paris. Épuration. Filtrage.

10 *décembre*, n° 6. — Recherches expérimentales sur la déformation des ponts métalliques, par *Rabut*. — La roue Pelton, par *Dubois*. — L'électricité dans les mines et la roue Pelton, par *G. Harward*.

17 *décembre*, n° 7. — Enlèvement des neiges dans les villes. — Les tramways électriques chasse-neige aux États-Unis. — Découverte de terrains pétrolifères dans la Limagne d'Auvergne, par *F. Delaunoy*.

24 *décembre*, n° 8. — Résultats comparés d'acier-nickel et d'acier fabriqués aux États-Unis, par *Jules Garnier*.

31 *décembre*, n° 9. — Nouvelle rotule employée dans les nouveaux ponts du Canadian Pacific Railway, par *Lucien Périssé*. — Volume des solides de révolution. — Détermination graphique du centre de gravité des surfaces. — Application à la céramique, par *J. Maitre*.

14 *janvier* 1893, n° 11. — Les mortiers à la soude, par *Ch. Rabut*.

Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse. — *Novembre* 1892. — Sur la théorie des phénomènes de teinture, par *Léo Vignon*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Revue industrielle. — 26 *novembre* 1892, n° 48. — Traitement du saturnisme par l'électricité. — Application de l'air comprimé à la fabrication de l'acier dans de petits appareils Bessemer. — Cordes en fibres de bois.

17 *décembre*, n° 51. — Fabrication industrielle de peroxyde de sodium, par *Prud'homme*. — Usine de désinfection des eaux résiduaires par l'électricité.

24 *décembre*, n° 52. — De la préparation des pétroles bruts pour leur emploi comme combustible, par *von Wurstemberger*.

7 *janvier* 1893, n° 1. — Creusets électriques de laboratoire de *Ducretel* et *Lejeune*. — Nouveau procédé de fabrication de fils métalliques.

14 *janvier*, n° 2. — Palan Hercule à vis tangente de 30 tonnes, système *Paris* jeune. — Moteurs hydrauliques anciens et nouveaux.

21 *janvier*, n° 3. — Le canal de Nicaragua et la convention nationale de la Nouvelle-Orléans.

Chronique industrielle. — 4 *décembre*, n° 49. — Résultats obtenus à la cristallerie de Baccarat par l'introduction de l'acide métastanique dans la potée d'étain.

11 *décembre*, n° 50. — Procédé de fabrication d'un corps gras saponifiable, de couleur claire, au moyen de suint brun foncé.

18 *décembre*, n° 54. — Système de pressoir à action continue. — Pendule nocturne, système *Embriaco*.

1er *janvier* 1893, n° 1. — Passe-courroie, système *Piat-Forest*.

Bulletin de la Société internationale des Électriciens. — 9 *novembre* 1892. — Sur le rendement des transformations et des distributions par transformation.

7 *décembre*. — Appareils à adhérence magnétique.

La Lumière électrique. — 26 *novembre* 1892, n° 48. — Électromoteur Déri, par *F. Guilbert*. — Préparation du camphre par l'ozone, par *M. de Mare*.

3 *décembre*, n° 49. — Le bitéléphone Mercadier, par *J. Anizan*. — Théorie électromagnétique de la lumière, d'après Maxwell, par *C. Raveau*. — Les procédés électriques de désinfection (le choléra et le tout à l'égout), par *A. Rigaut*. — Poêle électrique Ahearn.

10 *décembre*, n° 50. — Liquide dépolarisant Schlésinger.

17 *décembre*, n° 51. — Théorie électro-magnétique de la lumière, d'après Maxwell, par *C. Raveau*. — L'électricité et ses applications récentes à la chronométrie, par *Henry de Graffigny*.

24 *décembre*, n° 52. — L'électricité et ses applications récentes à la chronométrie, par *Henry de Graffigny*.

31 *décembre*, n° 53. — Théorie électro-magnétique de la lumière, d'après Maxwell, par *C. Raveau*. — Le cuivre trempé. — Machines à courants triphasés de la maison Siemens et Halske, par *A. Banti*. — Raffinage électrolytique du cuivre, par *Fletcher*.

7 *janvier* 1893, n° 1. — Sur les progrès de l'électricité en 1892, par *P.-H. Ledeboer*. — Recherches récentes sur la mesure des températures par les procédés électriques, par *J. Blondin*. — Plomb fusible Stanley et Kelman. — Turbo-moteur Edwards. — Bain électrolytique double Fletcher. — Électrolyse du chlorure de sodium, procédé Bamberg.

21 *janvier*, n° 3. — Préparation de la gutta-percha, par le *Dr Léon Brasse*. — Re-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cherches récentes sur la mesure des températures par les procédés électriques, par *J. Blondin*.

L'Électricien. — 26 *novembre* 1892, n° 100. — Embrayage magnétique de Bovet. — La recherche des court-circuits dans les bobines.

10 *décembre*, n° 102. — Un rhéostat de lampe à incandescence.

24 *décembre*, n° 104. — Interrupteurs à distance.

31 *décembre*, n° 105. — Coupleur automatique pour la charge des accumulateurs.

14 *janvier* 1893, n° 107. — Les enroulements des machines électriques, par *W. C. Rechniewski*. — Nouvelle méthode de préparation des filaments de lampes à incandescence.

21 *janvier*, n° 108. — La résistance des métaux et des alliages aux basses températures.

Journal de pharmacie et de chimie. — 1er *décembre* 1892, n° 11. — Sur le principe du travail maximum, par *H. Le Chatelier*.

15 *décembre*, n° 12. — Des sucs de fruits; leur conservation, par *Dhamelincourt* père. — Notes sur un sirop de groseilles artificiel, par *Bernhard*. — Dosage de la matière grasse dans les produits du lait, par *Lezé* et *Allard*. — Sur la dissolution du chlorure de bismuth dans les solutions saturées de chlorure de sodium et sur le salicylate basique de bismuth, par *H. Causse*.

1er *janvier* 1893, n° 1. — Sur l'inflammation spontanée des chiffons gras, par *L. Vuaflart*. — Recherches sur le mode d'élimination de l'oxyde de carbone, par *L. de Saint-Martin*. — Préparation du chrome métallique par électrolyse, par *Placet*. — Sur l'analyse des mélanges d'ammoniaque et de métathylamines, par *Quantin*.

15 *janvier*, n° 2. — Tannage des peaux par l'électricité, par *Ridéal*. — Préparation de l'oxygène et son application à l'éclairage, par *Kassner*.

Le Moniteur scientifique. — *Décembre* 1892, n° 612. — Dosage de l'indigotine dans l'indigo du commerce, par *O. Miller*. — Dosage de l'acide phosphorique et de l'humidité dans les engrais.

Janvier 1893. — Les conquêtes de la chimie durant le dernier quart de siècle, par *J. Wislicenus*. — Sur la solidité des couleurs, par *Hummel*. — Nouveau procédé pour éliminer le soufre contenu dans le fer et l'acier, par *L.-H. Santier*. — Influence des agents atmosphériques sur les propriétés générales de l'aluminium incomplètement purifié. — Exposition des méthodes les plus récentes usitées dans la fabrication des alcools d'industrie.

Revue scientifique. — 14 *janvier* 1893, n° 2. — Le tabac, par *Em. Ratoin*. — Les effets de la fumée d'opium, d'après M. Baret.

Revue générale des sciences. — 30 *novembre* 1892. — Les récents progrès de la mécanique appliquée.

La Nature. — 3 *décembre* 1892, n° 1018. — L'exploration des hautes régions de l'atmosphère, par *Ch.-Ed. Guillaume*. — Distribution de l'eau chaude à Paris, par *G. Mareschal*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

7 *janvier* 1893, n° 1023. — Le pétrole en France, par *A. Charlou*. — Le prolongement souterrain de la ligne de Sceaux, par *L. B.*

21 *janvier*, n° 1025. — Distribution hydro-électrique de travail et d'énergie électrique à Anvers, par *E. Hospitalier*. — Chemins de fer à grande altitude dans les Andes, par *L. B.*

Journal d'Agriculture pratique. — 24 *novembre* 1892, n° 47. — Utilisation des raisins grillés par le soleil, par *L. Bignon*. — Les théories sur le lait, par *Ferdinand Jean*.

1er *décembre*, n° 48. — Valeur foncière du sol de la France, par *E. Lecouteux*.

8 *décembre*, n° 49. — Influence de la répartition des engrais dans le sol, sur leur utilisation, par *H. Schlœsing*.

12 *janvier* 1893, n° 2. — Les olives de Tunisie, par *Ed. André*.

19 *janvier*, n° 3. — Le nouveau rôle de l'ajonc, par *E. Lecouteux*. — Nouvelles variétés de pommes de terre, par *A. D.*

26 *janvier*, n° 4. — La betterave à sucre de l'avenir, par *Ernest Robert*. — Une culture lucrative, par *A. Maubrey*.

Journal de l'Agriculture. — 3 *décembre* 1892, n° 1359. — Les vignes américaines en terrain gypseux, par *B. Chauzit*.

10 *décembre*, n° 1360. — Une nouvelle industrie agricole dans le Sud-Ouest, par *G. de Dubor*.

17 *décembre*, n° 1361. — L'industrie des raisins secs au Chili, par *René F. Le Feuvre* — Sur la désinfection des bâtiments agricoles, par *L. de Sardriac*.

31 *décembre*, n° 1363. — Notice sur le sarrasin, par *A. Garnier*.

7 *janvier* 1893, n° 1364. — Les fruits précoces. — Le chasselas de Saint-Bernard, par *de Dubor*.

14 *janvier*, n° 1365. — La crise phylloxérique en Champagne, par *Henri Sagnier*.

Le Gérant : J.-H. Ginestou.

Paris. — Typ. Chamerot et Renouard, 19, rue des Saints-Pères. — 29629.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

P. Pujardin, sc. Rémond Phot.

CARRIÈRE DE CRAIE PHOSPHATÉE À HARDIVILLIERS-BRETEUIL (OISE)
(appartenant à M. Courgenon)

Imp. Wittmann.

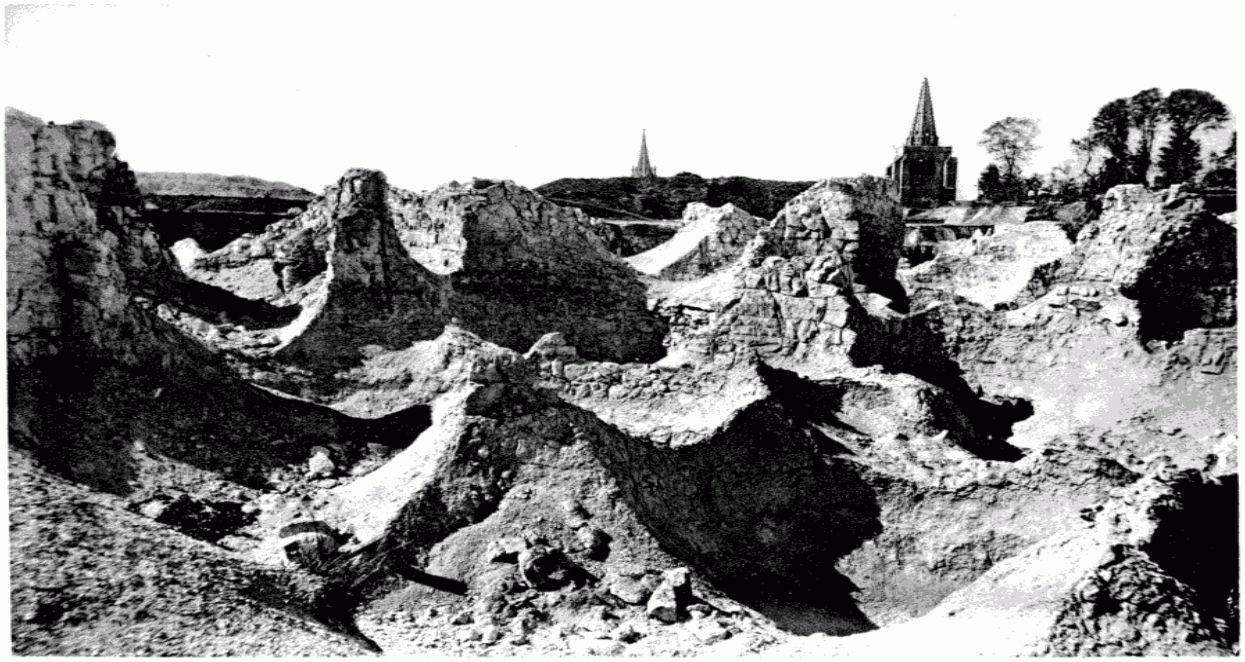
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

P. Digardin sc. Lindet Phot.

CARRIÈRE DE SABLE PHOSPHATÉ À HARGICOURT. (AISNE)
(appartenant à M. Lambert)

Imp. Wittmann.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



P. Vuaridin sc. Herbet Phot.

CARRIÈRES DE SABLE PHOSPHATÉ À BEAUVAL. (SOMME)

(appartenant à M. Bernard)

Imp. Wittmann.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Poches formées par la craie Sénonienne

P. Dujardin, sc. Herbet, Phot.

CARRIÈRES ÉPUISÉES DE SABLE PHOSPHATÉ
À BEAUVAL. (SOMME)

Imp. Wittmann.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

92e ANNÉE. Quatrième Série, Tome VIII. FÉVRIER 1893.

BULLETIN

DE

LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

AGRICULTURE

RAPPORT *fait par* M. RONNA, *au nom du Comité d'Agriculture, sur le* MOYEN D'EMPÊCHER LES INONDATIONS DE SE PRODUIRE, *par* M. PINCHARD, *conducteur principal des ponts et chaussées en retraite.*

M. Pinchard a adressé, le 5 avril dernier, à M. le Président, pour être soumis aux délibérations de la Société, un travail imprimé, ayant pour titre : *Des moyens d'empêcher les inondations de se produire*, et le 12 septembre, l'auteur, en sollicitant l'avis du Comité d'agriculture, a cru devoir réfuter, dans une nouvelle lettre d'envoi, des opinions erronées auxquelles son travail aurait donné lieu dans le public.

Le moyen pratique que propose M. Pinchard, pour éviter le retour des inondations, consiste à employer les matériaux que l'on rencontre dans les ravins secondaires et collecteurs, à la construction en pierres sèches de barrages, éloignés de 30 à 300 mètres les uns des autres, on leur donne de 1 à 3 mètres de hauteur, suivant les lieux et la pente, et même $0^{m},50$, dans les petits ravins à pente très forte.

Les barrages des ravins secondaires sont destinés à retarder l'écoulement des eaux superficielles en les obligeant à traverser les joints des pierres. Dès lors, les ravins collecteurs ne les reçoivent plus à l'état torrentiel; au contraire, par leurs barrages formant retenue, ils écoulent lentement leur trop-plein à la descente.

Chaque cas particulier, suivant l'auteur, entraîne nécessairement une distribution différente des divers barrages, spécialement des barrages infé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rieurs, qui forment des bassins de retenue, étagés, pourvus à leur pied d'ouvertures graduées de l'amont à l'aval, et, au besoin, de fossés latéraux, dont les plafonds sont de $0^m,40$ à $0^m,50$ plus bas que le couronnement des barrages.

Enfin, les bassins de retenue sont placés de façon que la ligne partant de la crête de chaque barrage rencontre celui en amont, en un point tel, situé au-dessus de l'ouverture de vidange, que l'eau s'écoule seulement quand il y a une faible hauteur d'eau dans le bassin.

M. Pinchard, sur base du calcul qu'il fait du prix de revient des divers barrages, propose l'application de son système à deux affluents du Lez, le Liron et le Terrieux, qui consommeraient 330 barrages de 1 mètre de hauteur, 110 barrages de 2 mètres et 25 barrages de 3 mètres; coût total, 67000 francs, qu'il met en regard d'un dommage de 160 000 francs causé par l'inondation du Lez, le 12 octobre 1891; et il concluait à l'avantage manifeste des barrages projetés, dans le but de prévenir le retour de pareils désastres.

Le système de l'auteur se base sur ce fait que les inondations sont dues, « d'une part, à une trop grande intensité de la pluie pendant un temps relativement court, et d'autre part, à l'écoulement trop rapide de l'eau tombée dans les montagnes, qui s'accumule au pied, dans la plaine ». Mais les causes des débordements sont bien plus complexes que celles indiquées : parmi les principales, il y a lieu de signaler : 1° les pluies générales, extraordinaires, tombant pendant un temps au contraire assez long, qui gonflent plusieurs affluents à la fois; 2° la concordance des crues de ces affluents, animés d'une vitesse plus grande que celle des eaux de la rivière, avec la fonte des neiges, la débâcle des glaces ou les trombes locales; 3° la topographie de certains bassins, plus aptes que d'autres à la production des crues; 4° les encaissements, exhaussements ou affaissements du lit des cours d'eau, occasionnés par les obstacles, y compris les barrages, par les dépôts charriés, etc.

Les ravins dans lesquels les eaux descendent torrentiellement ne contribuent aux débordements d'une contrée que pour une faible part. Même, dans le cas particulier, envisagé uniquement par l'auteur, le courant, quelque restreint qu'il soit par des ouvrages plus ou moins rapprochés, sur la pente rapide où il agit, corrode les bords, les sape par le pied, produit des éboulements, affouille le terrain même qui est son fond, entraîne les débris et ne tarde pas à bloquer les barrages en créant des atterrissements; sinon, il s'infiltre dans le sous-sol que les fondations n'atteignent pas et renverse l'obstacle.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

C'est par ce motif, étant admis d'une manière générale que les résistances brusques, offertes par les murs et les saillies, tendent à augmenter l'action du courant, que les ingénieurs forestiers provoquent des atterrissements par leurs barrages des ravins, non seulement pour exhausser le lit, et élargir la section d'écoulement des eaux, mais encore pour créer des chutes qui annihilent leur rapidité, à la base de chaque ouvrage. Ces mêmes ingénieurs ne se bornent pas, comme le pense l'auteur, à construire de grands barrages en travers des torrents; ils étagent, sur de bien moindres sections, des petits barrages *vivants* en fascinages et clayonnages, et des barrages *rustiques*, en pierres sèches; faisant alterner ces deux sortes d'ouvrages pour réserver autant que possible les pierres en vue des enrochements et des pavages à l'aval des murs, dans les terrains affouillables. Le procédé est ainsi depuis longtemps appliqué; mais, suivant la juste remarque de Surell (1), il n'est efficace que comme complément d'autres travaux; ou bien isolément, pour des pentes modérées, sur de petites longueurs.

L'idée rationnelle de retarder le plus possible l'arrivée des eaux des affluents au bassin principal d'une rivière, sur les pentes supérieures où on les emmagasine, et dans les vallons où les courants commencent à se former, n'est pas non plus nouvelle.

Il y a cinquante ans, dans la Nièvre, on recourait avec profit à des petits fossés ou sillons creusés presque de niveau sur le flanc des coteaux, pour modérer la descente des eaux pluviales, en les détournant des thalweg, ou des plis du terrain, afin de les faire servir aux irrigations. Chevandier appliquait le même mode de fossés, plus profonds, pour le règlement des eaux du sol forestier à Cirey, dans les Vosges. Polonceau a proposé, dès 1847, trois moyens pour supprimer les débordements dans les vallées inférieures. Le premier consistait à creuser sur toutes les pentes des rigoles horizontales, fermées aux deux bouts, dans le but de recevoir les eaux de pluie à leur point de départ et de les écouler par infiltration. Le second moyen, auxiliaire du premier, consistait à établir en travers des vallons, grâce à des barrages de petites dimensions, des retenues temporaires ou permanentes dont les eaux fussent utilisables pour les irrigations, et au cas où les retenues seraient temporaires, dont les fonds fussent cultivés en prairie.

On a pensé depuis Polonceau, l'ingénieur en chef Maitrot de Varenne entre autres, qu'au lieu de rigoles espacées de 60 mètres, d'une contenance

(1) A. Surell. *Étude sur les torrents des Hautes-Alpes*; 2e édition; tome I, p. 88.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'un 1/2 mètre cube d'eau par mètre courant, il serait préférable d'en faire des fossés de drainage, en terrains imperméables, et d'aborder la culture profonde.

Quoi qu'il en soit de ces variantes, qui donnent plus complète satisfaction à l'agriculture que les barrages en pierres sèches, l'administration forestière, depuis de longues années, avec une admirable persévérance et un rare succès, a démontré le parti que l'on peut tirer, pour éviter les débordements, non seulement des barrages, mais encore du gazonnement et du reboisement des ravins et des hautes vallées.

L'État ne peut pas tout faire et la solution reste toujours à trouver concernant les ressources indispensables pour effectuer des travaux qui intéressent si profondément l'agriculture. Dans la situation du morcellement de la propriété en France, surtout en pays de montagnes, avec les fonds exigus dont disposent les communes et les cultivateurs voués au système pastoral, à qui incomberont l'exécution, le contrôle et l'entretien de travaux qu'il faut étendre à des districts entiers s'ils doivent être efficaces? L'auteur n'a pas abordé cette question; non plus, fait-il connaître les résultats de l'application du moyen qu'il propose, même sur une petite surface.

Nous n'en croyons pas moins qu'il y a lieu d'adresser à M. Pinchard les remerciements de la Société pour son travail sur un sujet digne de toute la sollicitude du Comité d'agriculture et d'imprimer le rapport au *Bulletin* de la Société.

Signé : A. Ronna, *rapporteur.*

Approuvé en séance, le 24 *janvier* 1893.

ARTS MÉCANIQUES

Rapport *fait par* M. le colonel Goulier, *au nom du Comité des arts mécaniques, sur la* règle a calcul a deux réglettes *de* M. Péraux, *négociant à Nancy.*

M. le colonel Goulier en 1884, avait rédigé un Rapport sur la règle à calcul à deux réglettes de M. Péraux; il se proposait de le compléter à l'aide de nouveaux renseignements fournis par l'auteur avant de le lire en séance de la Société, mais il ne put donner suite à son projet.

Le Rapport retrouvé dans les papiers du colonel Goulier après sa mort a été, sur la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

demande de M. Péraux, remis au Comité des Arts mécaniques qui a décidé de le soumettre à l'approbation du Conseil et de demander sa publication dans le *Bulletin* de la Société.

Sur la règle à calcul ordinaire sont tracées des échelles diverses : On y voit d'abord, au-dessus de la coulisse et sur les deux bords de la réglette qui glisse dans celle-ci trois échelles identiques, dites *échelles des nombres* et qui représentent graphiquement les logarithmes des nombres depuis 1 jusqu'à 100. Au-dessous de la coulisse est tracée une quatrième échelle, dite des racines carrées, qui représente, avec des dimensions doubles, les logarithmes des nombres depuis 1 jusqu'à 10. Pour les trois premières, l'unité logarithmique est la moitié de la longueur commune à ces échelles; pour la quatrième l'unité logarithmique est égale à cette longueur. On sait que l'échelle des racines sert, concurremment avec les premières, à calculer les puissances deuxième et troisième des nombres, ainsi que les racines carrées et cubiques.

Le revers de la réglette porte trois échelles : l'une est divisée en parties égales; mise en rapport avec celle des racines carrées, elle fait connaître les valeurs numériques des logarithmes des nombres. Elle s'emploie pour les puissances et les racines d'ordre supérieur aux troisièmes. Sur les deux autres échelles on a représenté les logarithmes des sinus et des tangentes, en prenant la même unité logarithmique que pour les échelles des nombres.

La plupart des calculs se font en ajoutant bout à bout ou en retranchant les longueurs des parties de ces échelles qui correspondent aux données.

Les erreurs qui peuvent affecter les résultats de ces opérations tiennent à trois causes principales :

1° Une différence produite par le travail moléculaire du bois, entre les longueurs qui représentent les unités des échelles de la règle et de la réglette;

2° Des inexactitudes dans le tracé de ces échelles;

3° Les inexactitudes commises par l'œil dans l'appréciation des fractions des divisions de ces échelles qui correspondent aux données et au résultat.

Grâce aux procédés employés pour dessécher et préparer les bois des règles, et grâce à la précaution prise par le constructeur, de débiter l'un à côté de l'autre les deux morceaux de bois destinés à chaque règle et à sa réglette, la première cause d'erreur est actuellement insignifiante. Quant aux deux autres, elles produisent une inexactitude plus ou moins grande sur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la longueur qui représente le logarithme du résultat. Pour les calculs de diverses sortes : multiplications, divisions, recherche du quatrième terme d'une proportion... les erreurs moyennes à craindre sur ces longueurs sont naturellement d'autant plus grandes que les calculs sont plus compliqués; mais pour chaque genre de calculs les grandeurs de ces erreurs moyennes sont indépendantes de la longueur adoptée pour l'unité logarithmique. Elle est toujours, par exemple, un dixième, un sixième, un quart de millimètre...

Il résulte de là que, pour chaque genre de calcul, l'erreur à craindre, non plus sur le logarithme du résultat cherché, mais sur ce résultat lui-même, est proportionnelle à la grandeur de ce résultat. On comprendra facilement cette proportionnalité si l'on veut bien remarquer que sur la règle les divisions comprises entre 198 et 200, entre 475 et 500, entre 990 et 1 000 ont la même longueur et que si en faisant lecture sur ces trois régions 200, 500, 1 000 de la règle on se trompe d'une demi-division, les erreurs répondront respectivement à 1 unité, 2,5 unités et 5 unités qui sont régulièrement proportionnelles aux lectures. En partant de là et en appliquant le calcul des probabilités aux erreurs qui, pour une unité logarithmique de 125 millimètres peut affecter le produit ou le quotient de deux nombres, on trouve que cette erreur moyenne serait environ de 1/400 à 1/500 du nombre cherché, et que, pour des calculs plus compliqués et pour des cas particuliers (en moyenne pour une opération sur 100), l'erreur pourrait atteindre et dépasser même 1/150 du nombre cherché. Ces erreurs relatives pourraient être doublées pour un opérateur dont la vue n'aurait pas une netteté suffisante, ou qui ferait l'opération à la légère.

Pour des unités logarithmiques de $0^m,25$ ou $0^m,50$ les erreurs seraient deux fois ou quatre fois moindres.

L'unité logarithmique de $0^m,125$ dont il vient d'être question est celle qui est employée pour la règle à calcul dite de 25 centimètres, mais dont le bois a en réalité $0^m,26$, règle la plus usitée, parce que, sous un faible volume et avec un maniement facile, elle donne toute la précision requise pour le plus grand nombre des calculs que nécessitent les projets des ingénieurs. En particulier pour les calculs de la résistance des matériaux elle donne une exactitude plus que suffisante, puisque les coefficients qui entrent dans ces calculs peuvent être erronés de 1/10 et plus. Elle donne aussi l'exactitude nécessaire pour les avant-métrés et les états estimatifs, puisque, pour tenir compte des frais imprévus, on a l'habitude de majorer de plusieurs centièmes les dépenses calculées.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cependant, il est des calculs pour lesquels une plus grande précision est requise. Pour satisfaire à ce besoin les constructeurs ont d'abord doublé la longueur de l'unité logarithmique et exécuté des règles de $0^m,50$ avec lesquelles les erreurs sont réduites de moitié. Mais pour manœuvrer la réglette d'une règle de cette longueur et donner à celle-ci les positions convenables pour les lectures, l'ingénieur doit avoir sa table de travail libre sur plus de 1 mètre. Cette condition étant gênante, on a réduit les longueurs divisées des règles à $0^m,35$ ou $0^m,40$, en diminuant proportionnellement les échelles de la règle de $0^m,50$. Naturellement ces diminutions ont augmenté, dans des propositions inverses de la longueur, les erreurs à craindre avec ces règles racourcies, de telle sorte que, pour la règle de $0^m,35$ les erreurs moyennes des multiplications sont devenues 1/600 à 1/700 et les erreurs moyennes maxima à 1/200 du résultat cherché; avec la règle de $0^m,40$ l'erreur moyenne étant de 1/700 à 1/800, l'erreur peut atteindre, une fois sur 100, 1/300 du résultat.

Cependant dès 1851, le savant professeur actuel de l'École polytechnique, M. Mannheim, alors qu'il était sous-lieutenant élève d'artillerie à l'École de Metz, avait apporté à la règle classique des modifications qui augmentaient considérablement la précision des résultats. 1° Au moyen de traits de repère gravés sur des encoches pratiquées dans les bouts de la règle, il avait au moins doublé la précision des lectures pour les échelles du revers de la réglette, lecture que, sur les règles ordinaires, on faisait grossièrement en regard de la tranche du bois. 2° Il avait disposé la réglette de telle sorte qu'on pût la retourner sens dessus dessous et mettre les échelles des sinus et des tangentes en contact immédiat avec les échelles de nombres, ce qui facilite certains calculs, par exemple la résolution des triangles. 3° Il avait fait graver, sur les échelles des nombres, des traits indicateurs correspondant à $1/\sin 1'$ et $1/\sin 1''$, traits au moyen desquels on fait avec précision les calculs dans lesquels entrent les sinus ou les tangentes des angles plus petits que 3 degrés; tandis que, sur l'ancienne règle, on ne pouvait pas lire les sinus ou les tangentes des angles plus petits que 4 degrés, et l'on était exposé à de fortes erreurs sur les sinus et tangentes des angles compris entre cette limite inférieure et 3 degrés, angles pour lesquels les traits de la règle correspondants des dizaines de minutes étaient très distants les uns des autres. 4° Enfin et surtout, il avait remplacé l'échelle des nombres du bord inférieur de la réglette par une échelle des racines carrées identique à celle de la règle. Et grâce à l'emploi des index d'un curseur imaginé, pensons-nous, par le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

savant général Didion, alors capitaine d'artillerie à l'École de Metz, on peut obtenir dans les produits, les quotients et les proportions, le même degré de précision qu'eût donné une règle ordinaire de $0^m,50$ (1).

Par ces diverses modifications la précision de la règle classique a été au moins doublée. C'est donc avec justice qu'on a donné à la règle modifiée le nom de celui qui l'a organisée et c'est avec raison qu'elle a été adoptée par la plupart des ingénieurs (2).

(1) En faisant les calculs avec ces échelles, on est parfois exposé à une perte de temps résultant de fausses manœuvres consistant en ce que si l'on fait usage du trait de gauche au lieu d'employer celui de droite ou réciproquement, le résultat tombe en dehors de l'échelle sur laquelle on devrait le lire. On peut restreindre notablement ces ratés en employant la méthode de calcul de M. Roset, répétiteur à l'École polytechnique, méthode avec laquelle on tire toujours la réglette à droite et d'une quantité moindre que la moitié de sa longueur et l'on dispose les lectures des données ou bien on opère par compléments de telle sorte que le résultat se lise sur l'une ou l'autre des deux portions des deux échelles du papier que l'on a mises en prise.

(2) C'est M. Tavernier-Gravet qui, grâce à la préparation qu'il sait faire subir au bois et à la perfection de la machine dont il se sert pour tracer les règles, a presque le monopole de leur fabrication ; en 1863, il fabriquait annuellement 2000 règles de $0^m,25$, 50 de $0^m,35$ et 50 de $0^m,50$. En 1883 la production était doublée et parmi les règles de $0^m,25$ on lui demande plus de règles Mannheim que de règles ordinaires.

Dans ce qui précède, il n'a été question que des règles ou des échelles logarithmiques destinées à des usages généraux, comme le sont les tables ordinaires de logarithmes qui donnent des résultats plus ou moins précis, selon qu'elles ont des décimales plus ou moins nombreuses. Mais les mêmes principes, les mêmes dispositions sont applicables aux règles ou aux échelles spéciales créées ou à créer en vue de satisfaire à des besoins déterminés. Telles sont ces échelles destinées au marin, au moyen desquelles on trouve si promptement la solution des problèmes d'astronomie nautique et de navigation. Telles sont les règles destinées aux luthiers et qui portent des divisions logarithmiques correspondant aux nombres de vibrations des diverses notes de la gamme. Telles sont les règles avec lesquelles les chimistes exécutent très promptement tous les calculs dans lesquels entrent les équivalents représentés par leurs logarithmes. Telles sont les règles avec lesquelles les météorologistes calculent la réduction du baromètre à zéro ou l'état hygrométrique de l'air d'après les indications du psychromètre d'August. Telles sont les règles du topographe avec lesquelles on exécute promptement tous les calculs que comportent les opérations topographiques, etc., etc.

On trouve en Angleterre des règles à calculs au moyen desquelles on transforme les pence en shillings et les onces en livres, ce qui fait éviter des multiplications par les fractions 1/12, 1/16. (*Statique graphique* de Culmann, éditionfrançaise, t. I.)

On a construit une autre règle analogue et destinée à réduire les longueurs, poids et monnaies. La réglette seule est divisée en logarithmes. Des deux côtés de la réglette sont indiqués sur la règle plus de 100 longueurs, poids et monnaies, de différentes espèces, et cette graduation de la règle est faite de manière qu'à chaque trait de graduation corresponde sur la réglette son coefficient de réduction (comme la règle chimique de Wollaston).

On a construit une règle spéciale (fig. 40, p. 63) pour la réduction du change et des monnaies.

M. Pestalozzi, banquier, a construit en fort papier une règle à coulisse destinée à l'agiotage. Comme les cours des valeurs ne varient qu'entre les limites 8 p. 100 au plus, on n'a besoin que

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour augmenter la précision, sans augmenter la longueur des règles on eût pu, au moyen de loupes portés par les index et les curseurs, amplifier optiquement des divisions finement tracées sur ivoire. Mais à notre connaissance, probablement à tort, on n'a pas suivi cette voie ; on a eu recours à un autre principe, celui des échelles tronçonnées et repliées.

La plus ancienne application française que nous connaissions de cet artifice remonte à l'année 1850. A cette époque, M. Dérivry, géomètre, publiait son *arithmomètre géodésique*, imprimé sur deux feuilles de papier collées sur des cartons de $0^m,35$ sur $0^m,45$ assemblées par une charnière en toile comme un carton-portefeuille. Les dessins représentent des échelles logarithmiques, des nombres, des sinus et des tangentes, tracés pour une unité logarithmique de 8 mètres de longueur. Mais chacune des échelles est divisée en cinquante tronçons de $0^m,16$, disposés en colonne les uns au-dessous des autres. Pour les opérations, on fait usage d'une feuille de corne transparente sur laquelle on fixe momentanément, par pression, un index tracé sur un petit morceau de taffetas gommé, et on lit les résultats, comme on les lirait sur une règle ordinaire longue de 16 mètres. La loi des rapports inverses, entre les erreurs et la longueur des unités logarithmiques, n'est pas ici applicable, parce que, d'une part, le tracé des divisions fait à la main sur la pierre lithographique n'a pas la précision du tracé fait mécaniquement sur les règles en buis, et parce que d'ailleurs le collage des échelles imprimées est inévitablement accompagné de quelques déformations. Aussi, quoique l'unité logarithmique soit soixante-quatre fois plus grande que celle d'une règle dite de $0^m,25$, ne doit-on pas s'attendre à une précision soixante-quatre fois plus grande qu'avec cette dernière. Les erreurs de celles-ci sont seule-

de la partie de la règle ordinaire qui s'étend de 0,93 à 104. On peut donc, sur une règle de $0^m,26$, faire usage des divisions d'une échelle logarithmique de $7^m,50$.

M. Culmann a remarqué au gueulard d'un haut fourneau, en Angleterre, une règle à calcul dont la réglette portait seulement trois traits marqués : minerai, charbon, castine. Les ouvriers qui devaient veiller à ce que certaines substances fussent employées en proportion convenable, pesaient le wagon de minerai et plaçaient le trait « minerai » en regard du poids trouvé, alors immédiatement en regard des deux autres traits ils trouvaient les poids correspondants de charbon et de castine.

Pages 59 à 61, Culmann indique une règle pour tachéomètre différente de celles que je connaissais.

Culmann (p. 67) donne la description d'une règle de M. Finsler, directeur de banque. Elle a deux réglettes, l'une sur une face, l'autre sur l'autre face de la règle. La première face et l'une des réglettes portent les échelles ordinaires. Sur l'une des réglettes, sont portés les cubes de 1 à 1 000. L'envers de cette réglette porte les deux séries ordinaires, mais allant de droite à gauche, etc. On fait les calculs d'intérêts composés.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment réduites au quinzième ou au vingtième. Pour des calculs simples (multiplications ou divisions) faits avec l'arithmomètre géodésique, l'erreur moyenne peut donc être comprise entre 1/6000 et 1/10000 du résultat.

Il est regrettable que cet abaque n'ait pas eu dans son temps une publicité suffisante, car il donne une précision que des ingénieurs peuvent désirer pour certains calculs (1).

En 1852, sans avoir connaissance de l'abaque de M. Dérivry, M. Mannheim faisait exécuter des règles à échelles repliées : d'abord une règle de $0^m,13$ portant, sur les deux bords de la coulisse et sur ceux de la réglette, les deux moitiés d'une échelle tracée avec l'unité logarithmique de $0^m,25$, puis une règle cylindrique, longue aussi de $0^m,13$, portant une échelle logarithmique de 1 mètre, divisée en huit tronçons, disposés sur huit génératrices équidistantes du cylindre. Celui-ci pouvait glisser dans un tube portant quatre fenêtres longitudinales à bords en biseaux, sur lesquelles était tracée, tronçonnée aussi en huit parties une échelle logarithmique identique à celle du cylindre. Ces deux règles qui ont paru dans la vitrine de M. Gravet, lors de l'Exposition universelle de 1855, et ont valu à M. Mannheim une mention honorable, quoiqu'il ne figurât pas comme exposant, ont été depuis déposées dans les galeries du Conservatoire des Arts et Métiers. Les difficultés d'exécution de la seconde ont empêché d'en organiser la fabrication industrielle.

Règle Péraux. — C'est au même type de règles à échelles repliées que se rapportent les instruments que M. Péraux, négociant à Nancy, a soumis à votre approbation.

Ces règles s'exécutent sur trois longueurs, $0^m,13$, $0^m,26$, $0^m,52$ avec des unités logarithmiques de $0^m,25$, $0^m,50$ et 1 mètre, qui sont, par conséquent, quadruples de celles que l'on trace habituellement sur les règles ordinaires de mêmes longueurs. Ce qui les distingue à première vue des règles ordinaires, c'est l'emploi d'une double réglette, qui oblige à donner à la règle une largeur de 46 millimètres, presque double de celle des règles ordinaires. Les bords de ces deux réglettes portent les divisions logarithmiques disposées de

(1) Un ingénieur anglais, dont le nom nous échappe, a imaginé, il y a quelques années, de composer une échelle logarithmique de longueur comparable à celle de M. Dérivry, en tronçons imprimés les uns au-dessous des autres, mais avec une inclinaison qui par l'enroulement du papier sur un cylindre permit de raccorder ces tronçons pour en faire une échelle continue disposée en hélice. Les calculs se faisaient par le déplacement longitudinal et la rotation d'un index porté par une tige métallique. Nous ignorons si l'inventeur est parvenu à résoudre les difficultés matérielles d'exécution qui l'ont d'abord arrêté.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la façon suivante : le long du bord supérieur de chaque réglette sont tracés les logarithmes des nombres 1 à 3,16, logarithmes qui varient entre 0 et 0,50, puis le long des bords inférieurs sont tracés les logarithmes des nombres depuis 3,16 jusqu'à 10, logarithmes dont les valeurs sont comprises entre 0,5 et 1,0. D'ailleurs, ces deux échelles sont disposées l'une en regard de l'autre, de telle sorte que la distance entre les traits extrêmes 1 et 10, traits qui traversent toute la réglette, soit exactement une demi-unité logarithmique.

Sur les deux bords opposés de chacune des rainures, dans lesquelles se meuvent les réglettes, sont tracées également les deux moitiés d'une échelle logarithmique ; mais, tandis que, pour la rainure supérieure, la partie comprise entre 1 et 3,16 est en haut, et celle comprise entre 3,16 et 10 est en bas,

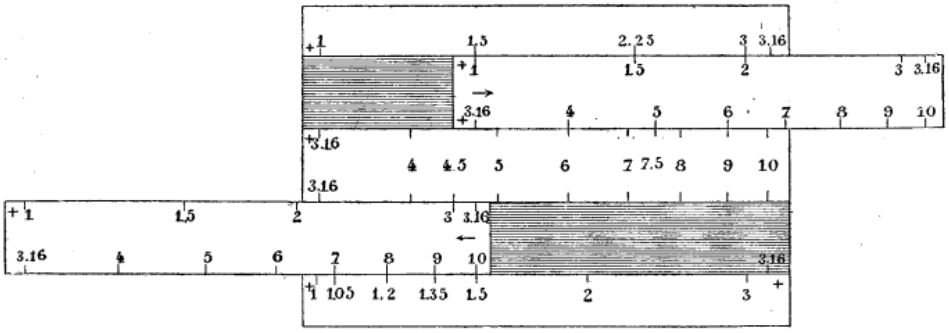


Fig. 1. — Règle à calcul Péraux.

c'est l'inverse pour la rainure inférieure, de telle sorte que les deux demi-échelles tracées, soit vers le milieu de la règle, soit vers les bords extérieurs, sont identiques et semblablement placées. Et ce sont ces positions relatives des demi-échelles de la règle et des réglettes qui rendent facile l'exécution des calculs.

Pour expliquer la manœuvre de l'instrument, supposons que l'on ait à multiplier 1,5 par un autre nombre, on sait que pour cela il faut ajouter les logarithmes du multiplicande et du multiplicateur, ou, ce qui revient au même, les longueurs qui représentent ces logarithmes. Avec la règle à calcul ordinaire, l'opération ne présente pas d'ambiguïté, parce que le trait 1 gauche ou droit de chaque échelle correspond toujours à une caractéristique entière. Mais ici, l'un des deux index, droit ou gauche, de chaque demi-échelle, correspond à une caractéristique entière augmentée d'une demi-unité. Il faut se garder d'oublier cette circonstance sous peine de trouver

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des nombres fantastiques. Au reste, pourvu que l'on suive une marche méthodique dans les calculs, on peut éviter ce danger. Mais, en réalité, cette ambiguïté n'existe pas. Certaines demi-échelles portent à une de leur extrémité un petit signe, représenté par une croix + ou un simple point, qui indique clairement la caractéristique du résultat, ou, autrement, si le résultat doit se lire sur l'échelle gauche ou droite d'une règle ordinaire.

Reprenons notre exemple : Pour multiplier 1,5 par un autre nombre, mettons l'index 1 de la réglette supérieure en regard de 1,5 lu sur la demi-échelle supérieure de la règle ; puis, faisons sortir la réglette inférieure vers la gauche et mettons son index 10 en correspondance avec notre multiplicande 1,5 lu sur la demi-échelle inférieure de la règle. Nous constaterons alors que les quatre demi-échelles des réglettes qui sont en prise avec les quatre demi-échelles de la règle constitueraient, si elles étaient mises bout à bout dans un ordre convenable, une échelle logarithmique complète représentant tous les multiplicateurs depuis 1 jusqu'à 10 et que sur les quatre portions correspondantes des demi-échelles de la règle, on lit les produits de ces multiplications par le multiplicande 1,5. Ces portions constitueraient aussi, elles, si elles étaient mises bout à bout dans un ordre convenable, une échelle logarithmique représentant tous les nombres compris entre 1,5 et 15. C'est en utilisant cette propriété et en l'associant parfois avec le renversement des réglettes, que l'on fait, avec la règle Péraux, les multiplications, les divisions, les proportions, les carrés et les racines carrées.

Le plus souvent, après avoir estimé, *grosso modo*, la valeur du nombre cherché, on ne manœuvre et on n'ajuste que la réglette au moyen de laquelle on doit déterminer la valeur précise de ce nombre. Et s'il arrivait que celui-ci soit en dehors des parties de cette réglette, qui sont en prise avec les échelles de la règle, on en serait quitte pour refaire l'opération au moyen de la deuxième réglette. C'est là une fausse manœuvre analogue à celle à laquelle on est exposé en faisant les calculs avec les échelles des racines de la règle Mannheim. Elle entraîne certainement une perte de temps ; pour l'éviter, il faudrait employer une règle ordinaire, c'est-à-dire une règle portant bout à bout deux échelles logarithmiques des nombres compris entre 1 et 10. Mais, pour donner la même précision que la règle Péraux, cette règle ordinaire devrait être quatre fois plus longue que celle-ci.

Autrefois, les règles de M. Péraux, disposées comme on vient de l'expliquer, ne pouvaient servir que pour les calculs de l'arithmétique élémentaire. Depuis lors, l'inventeur les a complétées, et y a ajouté, comme ils existent

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans les règles ordinaires, les moyens de faire les calculs des puissances et des racines, ainsi que ceux qui comportent des sinus et des tangentes. Voici comment :

Sous le dos de la réglette supérieure et près de ses bords, il a tracé deux échelles des nombres compris entre 1 et 10, avec une unité logarithmique moitié de celle adoptée pour les échelles dont il a été question jusqu'ici. Cette échelle représente les carrés des nombres correspondants lus sur la face opposée de la réglette. Et la comparaison de ces échelles supérieures et inférieures permet de faire les puissances et les racines deuxième et troisième.

Puis, au dos de la réglette inférieure et près de ses bords, il a tracé deux échelles de parties égales, exprimant, par leur chiffraison, des millièmes de l'unité logarithmique principale et chiffrées l'une de 0 à 500, et l'autre de 500 à 1 000. Mises en correspondance avec les deux demi-échelles logarithmiques principales, ces deux demi-échelles de parties égales donnent, comme l'échelle unique des règles ordinaires, les valeurs des parties décimales des logarithmes de tous les nombres. On sait qu'on utilise ces valeurs pour les calculs des puissances et des racines d'ordre supérieur à 3.

N'oublions pas d'ajouter que, pour obtenir de ces échelles tracées sur le dos des réglettes toute la précision désirable, on a donné à ces réglettes la possibilité d'être retournées dans leur coulisse, comme cela a lieu pour la règle Mannheim.

Enfin, et c'est là un détail important, M. Péraux a gravé et imprimé sur une bande de papier, qu'il colle au dos de sa règle, des échelles comparatives, l'une en parties égales, et les autres en parties inégales, qui donnent à vue les sinus et les tangentes naturelles des angles, lignes exprimées en centièmes du rayon et fractions de centièmes. Ces échelles sont divisées en plusieurs tronçons placées l'un au-dessous de l'autre, de telle sorte que celles que l'on peut coller sur le dos d'une règle de $0^m,50$ auraient, développées, une longueur de $1^m,33$ et donnent en réalité à vue la même précision que donneraient des tables à quatre décimales, en moyenne une erreur de 1/10 000, tandis que les règles Mannheim de $0^m,50$ donnent au moins une erreur moyenne de 1/1 600 à 1/2 000. Il est vrai que, avec la règle ordinaire, on multiplie et l'on divise directement les nombres par les sinus et les tangentes, tandis qu'ici, il faut commencer par rechercher, sur les échelles comparatives, les valeurs numériques des lignes trigonométriques et que, en outre d'une perte de temps, l'erreur commise dans l'appréciation de la valeur de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

celle-ci peut s'ajouter à celle que comporte la multiplication ou la division.

Quoique le principe de ces échelles comparatives ne soit pas nouveau, et quoique de nombreuses applications en aient déjà été faites, il n'est pas moins intéressant de trouver sur une feuille de papier de $0^m,10$ sur $0^m,26$ l'équivalent d'une table des lignes trigonométriques à quatre décimales exigeant quarante-cinq pages de chiffres. D'ailleurs, M. Péraux ne se contente pas de fixer ces échelles sous les règles ; il les dispose encore collées sur toile ou sur carton se pliant comme un portefeuille, en forme de carnet de poche ayant $0^m,13$ de longueur sur $0^m,05$ de largeur et 4 millimètres d'épaisseur, carnet dans lequel l'ingénieur peut trouver l'équivalent d'un rapporteur de $1^m,33$ de rayon.

Ne négligeons pas de faire remarquer que les déformations que peuvent produire ces collages, déformations qui rendent si inexactes toutes les règles à coulisse qu'on a voulu produire par impression sur du papier, sont ici sans influence notable sur l'exactitude des nombres cherchés, et cela parce que ces déformations ne modifient pas, d'une manière appréciable, les positions relatives des traits de division de l'échelle trigonométrique et de celles en parties égales auxquelles la première est associée, et par suite la valeur des parties du rayon correspondantes aux lignes trigonométriques des angles donnés.

Déjà, en 1863, M. Péraux avait soumis au jugement de la Société l'une de ses règles, ou, pour mieux dire, le projet d'une règle à deux réglettes, longue de $0^m,135$ portant repliées des échelles logarithmiques ayant une unité longue de $0^m,25$. Cette règle, uniquement destinée aux calculs arithmétiques, pouvait donner, dans ces calculs, la même précision que la règle Mannheim, dite de $0^m,25$. Elle était deux fois plus courte que celle-ci, mais aussi deux fois plus large.

Le rapport fait sur cette présentation, au nom du Comité des Arts mécaniques, faisait remarquer que « l'abandon de la simplicité et de l'uniformité de manœuvre de la règle ordinaire de $0^m,26$ et de son échelle des racines carrées n'était pas racheté par l'avantage de restreindre la longueur de l'instrument, par les moyens que M. Péraux avait imaginés, qui en doublent la largeur ».

Votre Comité actuel des Arts mécaniques accepte ce jugement porté sur la règle de $0^m,125$. Mais, considérant que la règle de $0^m,25$ à deux réglettes, qui n'est ni encombrante, ni embarrassante, comme une règle Mannheim de $0^m,50$, donne cependant, pour les calculs arithmétiques, autant de précision

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que celle-ci, et qu'une règle à deux réglettes de 0m,50 donne une précision double de celle de cette règle Mannheim de 0m,50; considérant que cette exactitude des résultats peut satisfaire aux besoins de certains ingénieurs et industriels et leur faire accepter l'obligation d'apprendre la manœuvre un peu compliquée de la double réglette, et la sujétion de fausses manœuvres dans ce maniement; considérant encore que les additions faites, à sa règle primitive, d'échelles de parties égales et des carrés, et surtout des échelles des lignes trigonométriques naturelles, donnent à la règle Péraux le caractère d'une règle universelle, comme la règle ordinaire : pour ces motifs, le Comité des Arts mécaniques a l'honneur, Messieurs, de vous proposer de remercier M. Péraux de son intéressante communication, et d'ordonner l'impression, au *Bulletin* de la Société, du présent rapport, en l'accompagnant d'explications sur la manœuvre de la règle ainsi que d'une planche représentant les échelles comparatives des lignes trigonométriques naturelles et la représentation d'un fragment de la règle à deux réglettes.

Signé : Colonel Goulier, *rapporteur.*

Approuvé en séance le 13 *janvier* 1893.

NOTE SUR L'EMPLOI DE LA RÈGLE A CALCUL DE M. PÉRAUX

La planche 87, représente la règle avec les réglettes séparées.

Au moyen de ces figures, il est facile de se rendre compte de la manœuvre des réglettes; il suffit pour cela de les découper et de les faire manœuvrer sur la règle fixe (1).

Les figures 1, 2 et 3, insérées dans le texte du Rapport et dans cette note représentent les trois types principaux des positions des réglettes.

Dans l'exemple cité plus haut (fig. 1), on a opéré en se servant des index des réglettes, mais on peut opérer encore en employant les index de la règle.

Soit à multiplier un ou plusieurs nombres par 2 (fig. 2). On amène le 2 de la réglette inférieure, tirée à droite sous l'index 10 de la règle. Cette réglette sortira moins de la coulisse que si l'on plaçait l'index 1 de la réglette supérieure au-dessous du 2 de la règle. Puis si l'on veut les produits des nombres qui ne sont plus en prise avec la réglette inférieure, on met la réglette supérieure

(1) On peut se procurer cette planche à part, chez Mme Tavernier Gravet, fabricant de règles à calculs, 19, rue Mayet, ainsi que l'instruction sur la règle de Péraux.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans la position complémentaire en amenant le 2 de la réglette supérieure tirée à gauche sous l'index 1 de la règle.

On peut encore obtenir le même résultat, les deux réglettes étant tirées à droite, en amenant l'index 1 de la réglette supérieure sous le 2 de la règle, la réglette inférieure étant placée comme précédemment (fig. 2). En ce cas, une

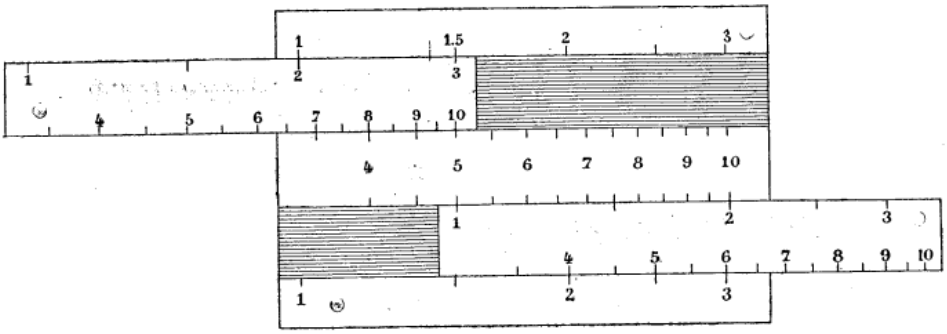


Fig. 2. — Deuxième exemple.

partie des produits sont lus sur la réglette inférieure et les autres produits sur la règle dans la partie en prise avec la réglette supérieure.

Il est certain cas, où le renversement des réglettes est avantageux. Soit le nombre 5 à diviser par une série de nombres (fig. 3). On sort les réglettes de

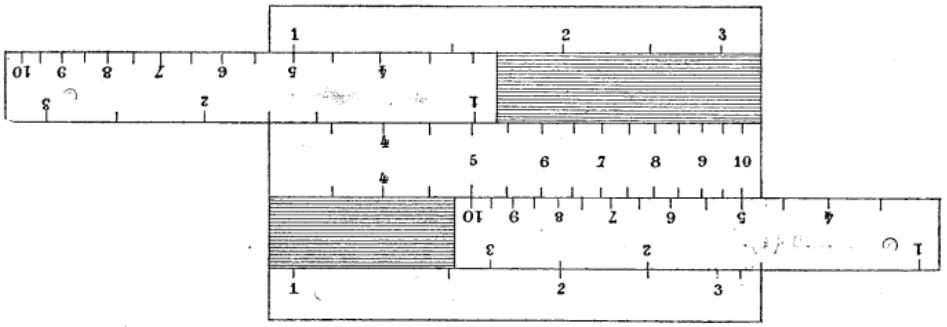


Fig. 3. — Troisième exemple.

la règle, et on les fait rentrer dans les coulisses de manière que les chiffres apparaissent renversés. Puis on amène soit les index 1 et 10 des réglettes en regard du 5 de la règle, soit le nombre 5 en regard des index 1 et 10 de la règle. Le nombre 5 se trouve ainsi indiqué par tous les index. Ce nombre 5 est aussi le produit de tous les couples de nombres qui se rencontrent sur la règle et sur les réglettes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

COMMERCE.

Conférence sur les produits de l'Afrique centrale, par M. Jean Dybowski (1).

Mesdames, Messieurs, Monsieur le Président,

Je n'entreprendrai pas ici de vous refaire le récit de l'exploration qui m'a été confiée ; ce récit, vous le connaissez déjà plus ou moins.

Je tiens surtout à vous faire voir les résultats matériels, tangibles, que l'on doit toujours chercher à rapporter d'une semblable mission.

S'il est utile de parcourir des territoires immenses, de franchir des distances considérables et de rapporter à la France une zone nouvelle d'influence, avec des traités, si ce côté-là ne doit jamais être négligé, — et j'ai fait pour mon compte tout ce que j'ai pu pour le remplir aussi bien que possible, — il n'est pas moins indispensable de rapporter des renseignements précis sur l'état social d'un pays, sur les industries et le commerce qui s'y pratiquent, et par suite de savoir exactement quelles sont les matières premières que l'on en pourra tirer un jour, et quelles sont aussi les substances produites chez nous que l'on y pourrait importer.

Qu'on le veuille ou non, le temps est proche où toute nation européenne sera surtout puissante et solide quand elle possédera des colonies étendues.

De tous côtés on lutte à coups de traités de commerce, et chacun se renferme le plus possible chez lui en essayant d'encourager l'industrie et la production nationale, en interdisant l'entrée aux produits étrangers.

Il ne nous appartient pas d'étudier la question de savoir si c'est là un état de choses idéal : nous devons tout au moins en constater le fait.

Le moment viendra où la nation la plus prospère sera celle qui aura les plus vastes terrains, les terrains les plus fertiles, qui tirera la plus grande quantité possible de produits à manufacturer, et qui aura par suite les débouchés les plus vastes, les plus sérieux.

La situation de la France a singulièrement changé à ce point de vue depuis un certain nombre d'années : le temps n'est plus où l'on n'osait pas avouer que l'on suivrait une politique coloniale. Aujourd'hui, on l'affiche hautement et l'on s'en glorifie.

L'accueil que vous voulez bien faire aux explorateurs qui reviennent des missions que le gouvernement leur confie prouve tout l'intérêt que vous voulez bien attacher à toutes ces entreprises lointaines.

La situation de la France est actuellement prépondérante en Afrique, et si nous le voulons elle le sera d'une façon définitive, lorsque, au lieu de nous con-

(1) Conférence faite à la Société le 9 décembre 1892.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tenter simplement de parcourir des territoires nouveaux, nous voudrons y transporter notre commerce et notre industrie. Les produits et les matières premières de toute sorte abondent. Il n'y a, sur bien des points, qu'à les prendre tels que la nature, dans sa prodigalité, les a semés à profusion dans la région équatoriale.

Il importe donc de jeter un coup d'œil sur les produits principaux que peuvent donner les régions que j'ai pu parcourir au cours de mon voyage.

Dès que l'on aborde — comme j'ai dû le faire au début de l'année 1891, alors que je suis parti de France avec une mission très spéciale, — dès que l'on aborde la côte occidentale de l'Afrique, on est frappé de voir l'état peu prospère de cette côte tout entière.

Il n'y a en somme que fort peu de chose de fait, aussi bien dans nos colonies que dans les colonies étrangères.

Ce que l'on se figure être des villes ne sont que des assemblages de quelques maisons; les villes n'existent encore sur cette côte qu'à l'état rudimentaire. A part Sierra-Leone, on ne trouve qu'une série de comptoirs jetés çà et là sur la côte et qui ne sont, pour ainsi dire, que la base d'une extension future.

Nous-mêmes nous possédons sur la côte toute une série de points d'atterrissement d'où nous pourrions tirer des quantités énormes de produits divers dont l'exploitation pourrait donner les plus sérieux avantages.

Bien qu'étant encore dans l'état embryonnaire, les comptoirs anglais tirent déjà du pays une foule de produits qui alimentent leur marine marchande et leur commerce. Ils sont donc, sur ce point, en avance marquée sur nous-mêmes, bien que l'étendue de nos territoires et leur situation doivent, pour l'avenir, nous assurer une prépondérance décisive.

Dans tout le golfe de Guinée, on exploite depuis quelques années, sur une grande échelle, tous les arbres immenses qui forment cette vaste forêt équatoriale commençant depuis le 2e ou le 3e degré au-dessous de l'équateur, et s'étendant jusqu'au 4e ou 5e au-dessus.

Ces arbres sont souvent énormes : il n'est pas rare d'en voir qui mesurent 100 ou 120 mètres de hauteur. Il y a des fûts qui atteignent 50 ou 60 mètres sous branches, tellement élevés que l'on a peine à tuer les oiseaux qui sont perchés sur les branches du bas si on se sert d'un fusil ordinaire.

Ce sont des arbres extrêmement utiles, pouvant fournir des bois très analogues à nos acajous.

Les comptoirs anglais dont nous venons de parler font l'exploitation de ces bois. Il n'y a pas, que je sache, d'entreprise française de ce genre.

J'ai vu charger, pour mon compte, sur le bateau qui nous ramenait en France, des billes pesant jusqu'à trois tonnes et demie et ne mesurant pas moins de 0m,80 à 1 mètre à l'équarrissage sur franc bois et vives arêtes.

Ces billes ont une valeur très considérable, et pour leur transport les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bateaux font des prix de faveur, car elles complètent facilement le chargement à destination d'Europe.

Une des grandes industries de la côte occidentale, c'est l'exploitation des fruits qui donnent de la graisse végétale. Celle-ci est surtout fournie par le palmier à huile (*Eleis Guineensis*). Partout à la côte on voit des forêts de ce palmier.

C'est là la grande exploitation de la partie qui s'étend depuis l'embouchure du Congo jusqu'au Niger. Toute cette région est absolument couverte par ce palmier.

Cette huile est un produit si avantageux que chacun l'exploite, les Anglais ainsi que nos comptoirs.

L'extraction de l'huile s'opère sur place en soumettant ces fruits, d'un rouge orangé, à l'ébullition dans l'eau. L'huile alors qui monte à la surface des cuves est recueillie et mise en tonneaux. On l'expédie en France, et l'industrie de la savonnerie la recherche. Puis, en brisant la noix, on en obtient une petite amande grosse comme l'extrémité du pouce à peu près, à laquelle les Anglais donnent le nom de *coco-noth*, dont on extrait une huile de qualité plus fine.

Les colonies anglaises se mettent maintenant à faire des plantations d'un autre palmier qui donne des produits plus abondants : je veux parler du cocotier.

Près des bouches du Niger, on a planté, dans ces derniers temps, des centaines de mille de cocotiers. Dans l'espace de six à huit ans, les arbres commencent déjà à donner quelques produits, et lorsqu'ils ont atteint la neuvième ou la dixième année, ils sont en pleine fructification.

On brise ces noix, on en extrait l'amande, on la fait sécher, afin qu'elle diminue sensiblement de poids, et c'est à cet état que, sous le nom de *coprah*, on l'introduit en France. De cette amande on extrait des huiles recherchées par nos industries.

J'estime qu'il serait de toute importance pour nous d'imiter les Anglais, et de faire aussi de notre côté de très grandes plantations de cocotiers dans toute la région qui s'étend le long de la mer.

Ce qu'on a pu faire aux bouches du Niger il n'est pas de raison pour qu'on ne puisse le répéter avec succès dans toute la région du littoral.

Quand on quitte le Gabon avant de toucher au Loango, on fait escale à l'île de San-Thomé, colonie portugaise fort intéressante à étudier.

J'y ai visité, non sans un très réel intérêt, des cultures soignées et savamment conduites de café et de cacao.

Le café qu'on y cultive n'a pas une valeur très considérable, puisqu'il appartient à l'espèce des cafés de Libéria; mais, tel qu'il est, il est encore recherché par le commerce.

Les Portugais savent si bien la valeur qu'il faut attacher à cette production

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et ils tiennent tellement à conserver le privilège et le monopole de son commerce, qu'ils frappent d'un droit élevé tout café ayant une autre destination que le port de Lisbonne. Si bien que les bateaux de notre marine marchande se voient dans l'impossibilité de prendre du chargement à San-Thomé et qu'ils cessent de relâcher à cette escale. Le droit que l'on fait subir au café lorqu'il est chargé à destination de nos ports, est complètement supprimé lorsque le chargement est fait à destination de Lisbonne ou de tout autre port portugais.

Ne pourrions-nous pas profiter de cet exemple et en faire autant de notre côté?

On a essayé de faire des plantations de café au Gabon : elles ont donné un plein et absolu succès.

Mais, jusque-là, il n'y a qu'une seule maison, une compagnie, qui a fait des plantations, qui en tient les résultats aussi secrets qu'elle peut; je puis vous le divulguer, cette compagnie est allemande : c'est la Compagnie Warmann.

D'ailleurs, tout indique que le café viendrait facilement dans la colonie du Congo, puisque plus tard, en remontant la grande rivière Oubangui, j'eus occasion de rencontrer fréquemment le long de ce cours d'eau des peuplements importants de café venant à l'état sauvage.

Le fruit du café est, comme on le sait, une baie rouge qui ressemble à une petite cerise renfermant deux grains. Les singes sont très avides de ce fruit qui est sucré, mais pas de la graine, qu'ils laissent retomber çà et là, aidant ainsi à sa dissémination. On trouve ce café dans les îles que forme l'Oubangui, ainsi que tout le long de son cours, dans les terrains qui sont submergés à la saison des hautes eaux. L'exploitation seule des plantes croissant à l'état sauvage pourrait déjà donner d'abondants produits, qu'il serait aisé d'accroître si l'on voulait bien donner quelques soins à ces plants. Le grain de ce café a une forme et un aspect qui feront que, quand bien même ses qualités organoleptiques ne seraient pas très élevées, le commerce le rechercherait néanmoins. Au cours de ma mission, j'ai très souvent récolté ce café, et bien que nous en fissions usage dans des conditions très mauvaises, puisque, vous le savez, pour que le café soit de bonne qualité il est indispensable qu'il ait vieilli en sac, il nous fournissait cependant un breuvage aromatique, bien qu'ayant le goût spécial qu'ont tous les cafés verts.

J'en possède ici des échantillons. Il serait très facile d'en faire des essais comparatifs et concluants.

Lorsque, partant de la côte, on veut se diriger vers l'intérieur, il faut, dans l'état actuel des choses, recruter des porteurs qui transporteront les charges sur leur dos, car nul autre moyen de transport n'existe actuellement. Aucun chemin n'a encore été tracé, et il n'y a ni chevaux, ni ânes, ni chameaux, ni bœufs porteurs; seul l'homme est assez souple pour se ployer à toutes les difficultés bien réelles auxquelles il faudra se soumettre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il faut donc, dès le départ de France, diviser ses charges par caisses ne dépassant pas 30 kilos et parfaitement étanches, afin de résister aux intempéries et pouvoir traverser les marais et les rivières sans avarier ses marchandises.

Comme j'avais une mission toute spéciale qui consistait, non pas à essayer de traverser l'Afrique parcourant un long ruban de route, mais à pénétrer le plus possible vers le nord, y séjourner pour y établir d'une façon définitive notre influence et pour y fonder des postes, je devais emporter avec moi un matériel considérable et extrêmement varié ; il me fallait tout ce qui est nécessaire pour la création de postes.

J'avais environ cinq cent cinquante charges ; il fallait donc cinq cent cinquante hommes pour transporter tout cela dans l'intérieur. Mais je ne pouvais songer à former une seule caravane qui n'aurait pas trouvé à se nourrir le long de la route. Le service est organisé déjà et les caravanes sont envoyées avec des chefs dans l'intérieur, par petits groupes de cent ou cent cinquante porteurs.

La route est difficile à suivre ; souvent il faut se frayer un passage de la façon la plus pénible, à travers de grandes herbes ou la grande forêt du Mayombe, où l'on reste plusieurs jours sans voir le soleil, et où le terrain est entrecoupé de marais que l'on traverse comme on peut.

On a fait l'essai de l'élevage de l'âne. Il y a un poste où se trouve un petit troupeau d'une quinzaine d'ânes qui prospère très bien. L'élevage devrait s'accentuer peu à peu, et je ne doute pas que dans un avenir prochain on pourrait se servir de ces ânes pour transporter les colis dans l'intérieur.

Ce serait un très grand soulagement, car, s'il est quelquefois facile de recruter des porteurs, il n'en est pas toujours ainsi ; il y a des moments où l'on a quelque peine à se procurer ces hommes, que l'on paie fort cher. Un homme ne peut transporter que 30 kilos au maximum, et il faut encore comprendre là dedans l'emballage, qui est assez lourd. Si bien que le transport devient extrêmement cher, puisque l'on paie ces hommes 37 fr. 50 pour transporter les charges depuis Loango jusqu'à Brazzaville, sur un parcours de six cents kilomètres. C'est peu pour une course aussi longue ; c'est énorme quand on songe au prix de revient du kilo de marchandise transportée.

Et si l'on a des malades, que l'on veuille seulement transporter quelques bouteilles d'eau de Vichy, comme on ne peut mettre au maximum que douze ou quatorze bouteilles dans une caisse, vous voyez à quel prix reviennent ces bouteilles d'eau quand elles sont arrivées à Brazzaville !

Il est certain que, dans l'état actuel des choses, on est déjà très heureux d'avoir ces porteurs, et dix à douze mille de ces hommes qui franchissent chaque année la route entre le Loango et Brazzaville, mais il y aurait grand avantage à faire les transports à dos de mulets, ou bien par chemin de fer, si l'on trouvait des capitaux suffisants pour créer une ligne entre ces deux points.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Vous savez que le Congo belge a pris les devants en faisant une ligne de chemin de fer qui reliera Léopoldville avec la côte. Il y a déjà quelques kilomètres de faits, et il est probable que l'entreprise réussira. Dans un avenir assez proche, on espère arriver jusqu'au bout.

Dès ce moment, la situation du Congo belge sera extrêmement favorisée, et nous devrons nous entendre avec lui pour qu'il veuille bien accepter nos marchandises et les faire transporter par son chemin de fer.

Nous ne pourrons acquérir une situation indépendante qu'à la condition expresse de prendre les devants et d'établir des voies de communication. Des essais ont été faits : ils consistaient à rendre le Niari-Quilou navigable, mais ils ont échoué.

Combien il eût été important pour nous cependant de créer, dès longtemps, une voie française, car, une fois arrivé à Brazzaville, on est en présence d'une contrée extrêmement fertile, et c'est là qu'est la clef de tout l'intérieur de l'Afrique, c'est de là qu'on peut partir dans l'intérieur et rencontrer des masses considérables de produits divers dont je vais vous entretenir.

Ces produits sont très multiples et déjà, quand on parcourt cette route où, disais-je, il eût été si important pour nous d'établir un chemin de fer, on se convainc bien vite de ce qu'on pourrait faire dans un avenir prochain.

Et déjà, dans ces forêts, se trouve une foule de plantes qui pourraient être cultivées si on le voulait bien.

Je me souviens de la surprise que j'ai eue en voyant de grands arbres aux fûts immenses, absolument tapissés de grandes lianes qui est la vanille; elle croît là à l'état sauvage.

Ces plantes ne fructifient qu'à l'état d'exception si on ne fait pas la fécondation artificielle, mais cela montre qu'on pourrait y faire une culture suivie.

Parmi les arbres qui croissent dans cette région, je reconnus des acacias qui sont capables de fournir la gomme arabique.

En effet, de longues stalactites de gomme pendaient aux branches de ces gommiers. Ce produit n'a jamais été recueilli jusque-là. Il y aurait cependant de belles récoltes à faire; non pas que cette gomme ait une valeur excessive, mais, dans l'état actuel des choses, il pourrait être avantageux de procéder à cette récolte. En effet, les caravanes transportent dans l'intérieur des marchandises qui ont une valeur faible et que l'on échange contre des marchandises d'une valeur beaucoup plus considérable. Comme on paie les hommes le même prix quand ils reviennent à vide ou non, il y aurait intérêt à les charger, quand ce ne serait qu'avec de la gomme qui vaudrait 1 fr. ou 2 fr. le kilo. Ce serait là encore une excellente opération.

Quand on a quitté cette forêt, on se trouve dans la grande plaine où les herbes

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sont immenses. Elles ne mesurent pas moins de deux, trois, quatre mètres de haut, au milieu desquelles on ne peut se frayer un chemin qu'au prix d'efforts considérables.

Dans cette plaine abondent des antilopes et des buffles à l'état sauvage.

C'est dire clairement que si ces buffles peuvent vivre à l'état sauvage, il serait facile d'élever là des troupeaux importants qui fourniraient une viande de boucherie qui fait absolument défaut dans la colonie. Cependant, rien de semblable n'a été fait jusqu'à ce jour.

Enfin, quand on a traversé toute cette région dans laquelle les herbes croissent en abondance, on est frappé de voir leur vigueur et leur prospérité.

Il y a là beaucoup de graminées parmi lesquelles les millets sauvages dominent. Ces millets sont les mêmes que ceux qui au Soudan sont employés pour l'alimentation des hommes.

Chaque année les indigènes brûlent ces herbes, détruisant ainsi des quantités prodigieuses de matériaux utiles. Mais le sol est tellement fertile qu'il semble ne pas tenir compte de ces pertes subies, et produit encore chaque année, de nouveau, des moissons tout aussi abondantes.

On voit par là combien il serait aisé de faire des cultures de toutes sortes.

Dans l'état actuel des choses, le coton n'est produit par aucune de nos colonies. Cependant il vient là avec la plus grande facilité. On voit des buissons énormes de coton qui est venu presque spontanément, et qui ont pris un développement considérable. Ces buissons sont couverts de capsules remplies d'un coton très blanc et de bonne qualité.

Enfin, après des difficultés de tout genre, en tête desquelles il faut inscrire la maladie, car déjà à ce moment nos trois compagnons européens avaient payé un très lourd tribut à la fièvre, qui les avait cruellement éprouvés; l'un d'eux même était tellement malade, que je dus l'exhorter à ne pas continuer et à revenir vers la côte : j'appris quelque temps après qu'il avait pu y revenir, mais, hélas! qu'il ne tarda pas à succomber; après bien des difficultés, dis-je, j'arrivai donc à Brazzaville d'où je devais partir dans l'intérieur pour aller, comme vous le savez, rejoindre la mission Crampel : tel avait été le but qui m'avait été confié.

C'est là, le jour du 14 juillet, que j'appris le désastre complet de la mission Crampel, au-devant de laquelle je me rendais.

Dès ce moment, la mission qui m'avait été confiée devait être profondément modifiée. Je devais abandonner le programme de pénétration pure et simple et me rendre sur les lieux du sinistre, afin de constater si vraiment Crampel avait été assassiné, et, si du moins il ne restait rien d'autre à faire, venger sa mort et la faire payer chèrement à ceux qui s'étaient rendus coupables de l'abominable forfait.

Je quittai Brazzaville pour pénétrer à l'intérieur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

A partir de cet endroit, la région présente encore un intérêt très réel au point de vue de l'exploitation future.

Les arbres qui bordent les immenses rivières que l'on traverse sont de nature à nous intéresser. L'essence qui domine parmi eux, est l'arbre qui produit la gomme copal.

Cette gomme est actuellement très recherchée. Il y a différentes qualités, mais certaines ont une valeur très réelle.

On l'exploite fort peu encore. Il y aurait lieu d'étendre beaucoup cette production et cette exploitation. Il n'y aurait qu'à dire aux indigènes qu'on en désire, pour qu'ils en récoltent une grande quantité.

Mais il est une matière première beaucoup plus intéressante : je veux parler du caoutchouc.

Ces forêts sont remplies de lianes qui produisent le caoutchouc. Là, en effet, ce ne sont pas, comme en Amérique, des figuiers, des arbres de la famille des euphorbiacées, mais des lianes qui s'étendent d'arbre en arbre dans les forêts. Elles n'ont jamais été exploitées convenablement. Là où les indigènes les exploitent, ils le font d'une façon barbare. Ils saignent la plante à mort en la coupant complètement pour en extraire le plus de latex possible, sans se préoccuper de l'avenir.

Par contre, il y a des forêts immenses où l'exploitation n'a jamais été entreprise. Cependant, ce caoutchouc est de très bonne qualité.

J'en ai rapporté des échantillons, je les ai fait voir, et on peut obtenir du caoutchouc absolument pur, absolument bon. La qualité dépend aussi bien de la plante qui produit le caoutchouc que de la façon de l'obtenir.

Le plus généralement, la récolte s'obtient en incisant les lianes, puis en se servant de sortes de petits gobelets faits d'une feuille que l'on roule et que l'on place au-dessous de l'entaille. La sève vient s'accumuler dans ces petits vases. On la jette alors dans l'eau bouillante, à laquelle on ajoute de la cendre. Le caoutchouc se coagule et on en fait de petits pains.

C'est là un procédé de récolte très primitif. Il y a beaucoup de déchet ; mais ce caoutchouc, tel qu'il est, a déjà une valeur appréciable.

Depuis l'embouchure du Congo jusqu'en haut de la grande rivière que j'ai remontée, à droite et à gauche, s'étend la grande forêt équatoriale, avec ses arbres immenses et ses lianes à caoutchouc.

La rivière est peuplée, dans ses eaux et sur ses bords, d'animaux fort importants.

Il y a, notamment, des hippopotames en quantité très grande. Nous les chassions activement, afin de nous procurer de la viande qui nous permît de nourrir toute la colonne de noirs qui nous portait nos bagages et nos marchandises.

Mais ce qui est plus important encore, c'est l'éléphant. Il se rencontre en quan-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tité assez grande dans cette région, mais il est infiniment plus commun dans toute la région de l'intérieur.

D'ailleurs, actuellement, le commerce de l'ivoire n'est pas possible pour nous dans toute la région du moyen Oubangui, car les populations qui en habitent les rives sont éminemment anthropophages et ne veulent admettre d'autre marchandise d'échange que l'esclave. Tout commerce nous est donc interdit avec ces peuplades. Mais, ce n'est là qu'une mauvaise passe à franchir, la population du haut de la rivière ayant des mœurs infiniment plus douces et ne demandant pas mieux que de commercer avec nous.

On aura grand'peine, je crois, à déraciner chez eux cette coutume, qu'ils pratiquent très ouvertement. Et si on voulait la détruire, on aurait fort à faire : il faudrait détruire tous les villages qui s'étendent depuis le bas Oubangui jusqu'à Bangui, tous pratiquant l'anthropophagie.

Quand on a franchi cette région, on se retrouve alors en présence d'un pays où la rivière a beaucoup changé. De calme qu'elle était, elle devient torrentueuse. Là, la marche n'est plus possible qu'à l'aide des pirogues des indigènes; et encore est-ce au prix d'un voyage pénible et très mouvementé que l'on arrive à la région haute. Mais on est bien dédommagé de sa peine, car la région qui s'étend de l'Oubangui vers le Tchad présente un intérêt considérable à l'étude.

Toute cette région est habitée par une population de fétichistes, qui pratiquent bien encore un peu l'anthropophagie, mais d'une façon limitée et spéciale : ils se contentent de manger les ennemis tués à la guerre. Je les soupçonne bien de faire quelquefois la guerre pour se procurer de la chair humaine, qu'ils aiment beaucoup; mais, dans tous les cas, ils ne tuent pas leurs esclaves pour les manger.

Tous ces gens de l'intérieur ont un degré de civilisation qui, pour être spéciale, n'en est pas moins réelle. Quand on regarde quels sont les produits qu'on rencontre chez eux, quand on voit comment ils façonnent les matières premières, on est véritablement surpris; et cependant ces populations n'ont jamais eu de contact avec nous autres blancs.

La culture est faite chez eux avec le plus grand soin. Pendant des journées entières, nous étions dans des plantations immenses, s'étendant sur des centaines d'hectares qui sont ensemencés de céréales.

On sème en même temps du maïs et du sorgho. Le maïs se développe rapidement : au bout de trois ou quatre mois il est mûr. On l'arrache, on donne un coup de binette au sol, afin de la débarrasser des mauvaises herbes, et alors le sorgho grandit librement; il met six ou sept mois pour mûrir.

Et après avoir fait la récolte avec soin, on l'enferme dans des greniers spéciaux, qui sont faits sur pilotis, entourés d'un petit mur en pisé pour les protéger contre la dent des rongeurs de toute sorte, et dans lesquels on entasse le mil. Tous les épis qui sont ainsi entassés sont ensuite égrenés et pilés dans des mor-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tiers en bois. On pile le grain à l'aide de pilons en ivoire. L'ivoire ne coûte pas cher, on s'en sert couramment. On réduit ainsi le grain en farine et on en fait une sorte de bouillie, qui est l'aliment de chaque jour.

Mais ce qu'il y a de plus particulier, c'est que ce grain a aussi un autre usage.

Les indigènes savent très bien que l'on peut faire germer le mil et en obtenir un malt propre à faire de la bière. Ils font germer le grain, puis le sèchent au soleil pour en arrêter la germination, le réduisent en farine, et en font une sorte de bière, dans laquelle ils laissent cette farine; ce qui ne l'empêche pas d'être assez agréable, et préférable, dans tous les cas, à l'eau de mare, qui était notre breuvage habituel.

C'est chez ces indigènes de l'intérieur, que l'on appelle les *N'gapous*, que j'ai trouvé plusieurs industries qui sont dans un état extrêmement prospère. L'industrie du fer, notamment, y est poussée très loin. Ils ont là des minerais de fer très riches.

Parmi ceux-ci, je vous signalerai, notamment, l'itabirite. qui est un minerai dont on ignorait absolument la présence en Afrique, dont il est facile d'extraire du fer de très bonne qualité.

Cette extraction est faite dans des façons de petits fournaux hauts de 2 ou 3 mètres, dont la maçonnerie est très soignée et dans lesquels le minerai est mis en même temps que du charbon de bois.

Les indigènes obtiennent ainsi une fonte aciérée que l'on martèle, que l'on réduit en des sortes de pelles qu'on élargit un peu au sommet et qu'on termine en pointe.

Ces pelles sont comme une façon d'unité monétaire dans la région.

Il y a des forgerons extrêmement habiles, qui font des couteaux de toutes les formes, des sagaies dont le manche est entièrement bardé de fer laminé.

C'est là, dans cette région centrale, que l'on extrait le fer qui envahit ensuite toute la région de l'Afrique centrale. Schweinfurt, dans le mémorable voyage qu'il a fait dans la région du Nil blanc, a rapporté de très nombreux dessins d'armes qui se trouvent être exactement les mêmes que certaines de celles que j'ai rapportées moi-même; ce qui n'est plus fait pour surprendre, puisque toutes ont une origine commune : le pays que j'ai parcouru. C'est de là qu'elles s'étendent un peu partout et jusqu'au Nil.

Enfin, l'industrie du tissage est aussi très prospère chez ces peuples. Ils cultivent le coton, le filent et en font des pièces d'étoffe bien tissées, à grain un peu gros, mais très solide, dont j'ai rapporté des échanlillons.

Ils teignent ces étoffes en un rouge foncé qui ressemble un peu à la pourpre antique, couleur obtenue à l'aide d'un bois que l'on pile, que l'on réduit en pâte.

Ce qui est aussi fort important, c'est que, dans toute cette région du haut Oubangui et jusqu'au Chari, il y a des animaux en quantités prodigieuses. Parmi

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ces animaux se présente encore l'éléphant. Il n'y a aucun exemple de domestication de cet animal dans ces contrées. On le chasse constamment, afin de se procurer les pointes d'ivoire qu'il porte.

Cet ivoire existe partout, dans toutes les cases, chez tous les chefs.

Il est certain que, dans l'état actuel des choses, on ferait fausse route si l'on voulait mener des expéditions pour aller chasser l'éléphant et rapporter de l'ivoire.

La chasse à l'éléphant est un sport ; ce ne pourra jamais être une exploitation.

Il est beaucoup plus avantageux, pour se procurer de l'ivoire, de s'adresser à l'indigène et de le lui acheter. Mais ce n'est pas chose facile. Pour l'acheter, il faut le payer. Avec quoi?

Toutes les fois que l'on veut faire des transactions, en Europe, en Amérique, on paie en argent, c'est très simple. Là l'argent, l'or, n'ont pas cours : pour payer, il faut donc des marchandises. Quelles marchandises?

Si je vous disais que là ce sont des étoffes, là des perles, il faudrait aussi vous dire que ces perles, ces étoffes, doivent être d'une nature tout à fait spéciale, suivant la région que l'on traverse.

Il est donc absolument impossible de donner ainsi des indications qui manqueraient de précision; et cette précision est nécessaire cependant, car si vous emportez des perles par exemple qui ne seront pas exactement celles que l'on demande, qu'elles soient trop grosses ou trop petites, on n'en voudra pas, on les refusera. C'est comme si en France vous apportiez de la monnaie chinoise ou japonaise, qui n'a pas cours chez nous.

Il faut bien se pénétrer de ce fait : c'est que les perles, les étoffes, le cuivre, etc., que l'on apporte à un peuple ne sont pas du tout des objets d'usage. Les perles ne sont pas destinées à servir d'ornement : c'est une marchandise d'échange, c'est une monnaie en usage.

Il faut donc que cette monnaie soit bien celle qui a cours dans le pays, et il faut par suite que ces perles soient bien celles que l'on veut dans toute la région.

Aussi est-il fort difficile de donner des indications.

Il faut surtout avoir vécu dans ce milieu pour bien savoir ce qu'il faut emporter. Faute de le savoir, on risquerait de faire de bien mauvaises opérations, alors qu'il y en a de si fructueuses à faire.

Pour moi, je n'avais que des renseignements assez vagues. Si j'avais su quelles étaient les marchandises demandées dans la région que je devais explorer, si j'avais eu des documents très précis, j'aurais emporté la moitié de mes charges, et elles m'auraient rendu des services encore considérables.

C'est pourquoi il faut d'un voyage d'exploration rapporter des données précises qui éviteront à ceux qui voudront ensuite se livrer à l'exploration des régions révélées d'onéreuses écoles.

J'ai rapporté quelques pointes, je les ai fait voir ici à des commerçants

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

expérimentés, et qui à première vue sont capables d'en indiquer l'origine. Eh bien! les connaisseurs qui ont examiné ces pointes m'ont dit : « Cet ivoire doit venir du haut Nil par l'Égypte. » Je leur ai répondu qu'il provenait des régions qui sont comprises entre l'Oubangui et le lac Tchad. Les commerçants qui me renseignaient avaient cependant raison : cet ivoire dont j'avais un échantillon était bien le même qui, il y a quinze ans, arrivait en Europe par des marchands anglais de la haute Égypte. Les Musulmans noirs, venant acheter, ou le plus souvent voler cette marchandise aux populations fétichistes chez lesquelles j'étais allé, la revendaient ensuite aux Arabes de la région du Nil, lesquels la transportaient ensuite vers l'Égypte.

Depuis la guerre qui règne dans ces contrées, la route est complètement coupée, et depuis un grand nombre d'années cet ivoire ne vient plus en Europe.

Il y en a tout un stock considérable que l'on pourrait très bien détourner à notre profit. Le commerce français pourrait bénéficier dans une très large mesure des ressources de cet important commerce. Il s'agirait d'aller le chercher avec des marchandises bien déterminées et dans des localités bien connues à présent.

Dans les villages, l'ivoire est conservé de deux façons, mais on le cache toujours, parce qu'il est d'une haute valeur : Ou bien on le met dans les cases, où il est placé à hauteur, et alors la fumée du feu que l'on entretient dans ces cases lui donne une couleur brune; ou bien les indigènes le cachent sous bois, dans les forêts. Ces deux modes de conservation donnent des résultats aussi satisfaisants l'un que l'autre, et l'ivoire de cette région est de bonne qualité.

En dehors de l'ivoire, il y a encore bien d'autres produits qui pourraient être exploités tels que les gommes copal, élémy et autres. Il est certain qu'il n'y a rien à tirer pour nous des céréales ni même, on peut dire, des graines oléagineuses et du tabac, qui sont abondamment cultivés dans la région, si ce n'est toutefois des indications précises sur l'état social de ces peuples et sur leurs grandes aptitudes aux productions culturales. Lorsque nous dirigerons utilement ces efforts, ils pourront nous donner des résultats appréciables.

De bétail il n'y en a pas : il n'y a que des animaux à l'état sauvage.

Par contre, l'industrie des modes en gros pourrait trouver là un aliment dans le nombre prodigieux d'oiseaux de toutes les couleurs que l'on pourrait chasser, et qui présentent un intérêt direct pour le commerce.

Il y a donc, comme j'ai pu vous le faire entrevoir dans ce rapide énoncé, beaucoup à faire pour l'industrie et le commerce français dans ces régions. Mais il faut nous hâter, ne pas perdre de temps, et craindre avant toute chose de nous laisser devancer.

Permettez-moi maintenant, pour terminer, de résumer en quelques mots quelle a été la fonction qui m'était dévolue et de vous dire ce qu'il m'a été permis de faire.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

J'étais parti de France pour rejoindre la mission Crampel. On m'avait dit : « Pénétrez le plus avant, jusque vers la région musulmane et tâchez de rejoindre la mission Crampel. »

J'appris qu'elle avait été complètement anéantie.

Que devais-je faire? Devais-je renoncer au programme qui m'avait été imposé? ou bien, au contraire, fallait-il me désintéresser complètement de la cause de mon prédécesseur?

J'abandonnai mon programme, et je me portai rapidement vers la région où les Musulmans avaient accompli l'assassinat. J'eus la bonne chance de les rejoindre, et je leur infligeai une punition sévère.

Je revins ensuite sur mes pas, passant une série de traités qui établissent notre influence depuis l'Oubangui jusqu'au delà du Chari, le principal affluent du Tchad, par une ligne allant du nord au sud, et coupant ainsi la route à toute pénétration venant de l'est.

Je me suis donc mis en contact avec les populations musulmanes qui avoisinent le Tchad, et j'ai constaté jusqu'à quel point ces Musulmans sont le fléau de toute cette région.

Ils viennent là, non pour faire le commerce, mais pour pratiquer un pillage organisé. Ce sont eux qui avaient assassiné Crampel.

Ils font semblant d'acheter; le plus souvent ils assassinent, prennent les femmes et les enfants et volent l'ivoire.

La rude leçon que j'ai pu leur infliger les arrêtera, il faut l'espérer, pour quelque temps.

Dans l'état actuel des choses, il importe au premier chef de nous porter là-bas, de profiter de cette ligne de pénétration qui est définitivement faite, puisque j'y ai laissé des postes, établi des factoreries. Il importe de mettre tout cela à profit.

Et je suis convaincu que, si l'on veut bien rentrer dans une ère d'occupation réelle, si l'on veut faire non seulement de l'exploration, mais aussi de la colonisation vraie, il y aurait un profit immense à tirer de ces régions si considérables, qui nous fourniraient, comme vous avez pu le voir, des matières premières extrêmement multiples d'une part, et qui seraient, d'autre part, le meilleur débouché pour une foule de marchandises que nous pouvons produire chez nous et qui trouveraient là leur écoulement.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS MÉCANIQUES

LE YACHT « MIGNON »

Le yacht « Mignon » est une petite embarcation en aluminium, avec moteur à pétrole, dont la légèreté et l'élégance justifient le nom. Il a été construit à Zurich par MM. Escher Wyss, pour le compte de M. Nobel, qui le destine à naviguer sur la Seine.

Le moteur se compose de trois cylindres à action simple, avec leurs pistons et leurs manivelles. Tout le mécanisme, y compris le propulseur, est en aluminium, à l'exception des manivelles et des arbres coudés. Le générateur, formé d'un serpentin en cuivre, est alimenté par un réservoir également en cuivre, situé à l'avant du bateau; tandis que les conduites de pétrole sont placées de chaque côté de la quille.

C'est le premier bateau de cette dimension construit en aluminium. Ses principales dimensions sont : longueur totale, $13^{m},10$; largeur au maître-bau, $1^{m},80$; profondeur, $0^{m},89$; tirant d'eau, $0^{m},65$. Les compartiments étanches, dont le yacht est muni, lui donnent une grande stabilité tout en le rendant insubmersible. L'avant est orné d'une superbe poulaine, et son arrière est de forme elliptique; ses lignes d'eau sont parfaites; il porte deux mâts d'une seule pièce, et est exactement gréé en goélette. Ses manœuvres dormantes sont en fils d'aluminium garnis d'écrous de même métal, mais les manœuvres courantes sont en corde de manille. Enfin, si l'on en juge par sa belle allure, le « Mignon » doit fournir une bonne carrière.

Le yacht ne pèse qu'une tonne et demie; il est donc construit avec des matériaux très légers. La quille, l'étrave et l'étambot sont en aluminium forgé de $180^{mm} \times 25^{mm}$; les couples sont de $\frac{25^{mm} \times 25^{mm}}{1,6}$, excepté dans la chambre des machines, où ils sont de $\frac{38^{mm} \times 38^{mm}}{1,6}$; partout dans le bateau les couples sont espacés de 40 centimètres. Les tôles de la coque ont 2,5 à 5^{mm} d'épaisseur et 15 000 rivets en aluminium forment toute la charpente du bateau. Celui-ci est complètement équipé, ayant un gouvernail compensé et une barre en aluminium; les corps-morts et les étançons qui supportent la tente recouvrant entièrement le bateau, ainsi que les hampes qui portent les pavillons de soie, sont de même métal. On a donc, autant que possible, employé l'aluminium pour la fabrication du matériel, afin qu'il soit le plus léger possible.

Les boiseries sont en cèdre du Liban, et les sièges sont garnis de coussins en maroquin, tandis qu'un grillage mobile recouvre le plancher. Une cabine porta-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tive en osier est placée à l'avant; elle a 2m,50 de longueur et ne pèse que 40 kilogrammes, bien qu'elle occupe toute la largeur du yacht. Cette cabine est recouverte de soie bleue relevée par des ornements en or. A l'avant se trouve un

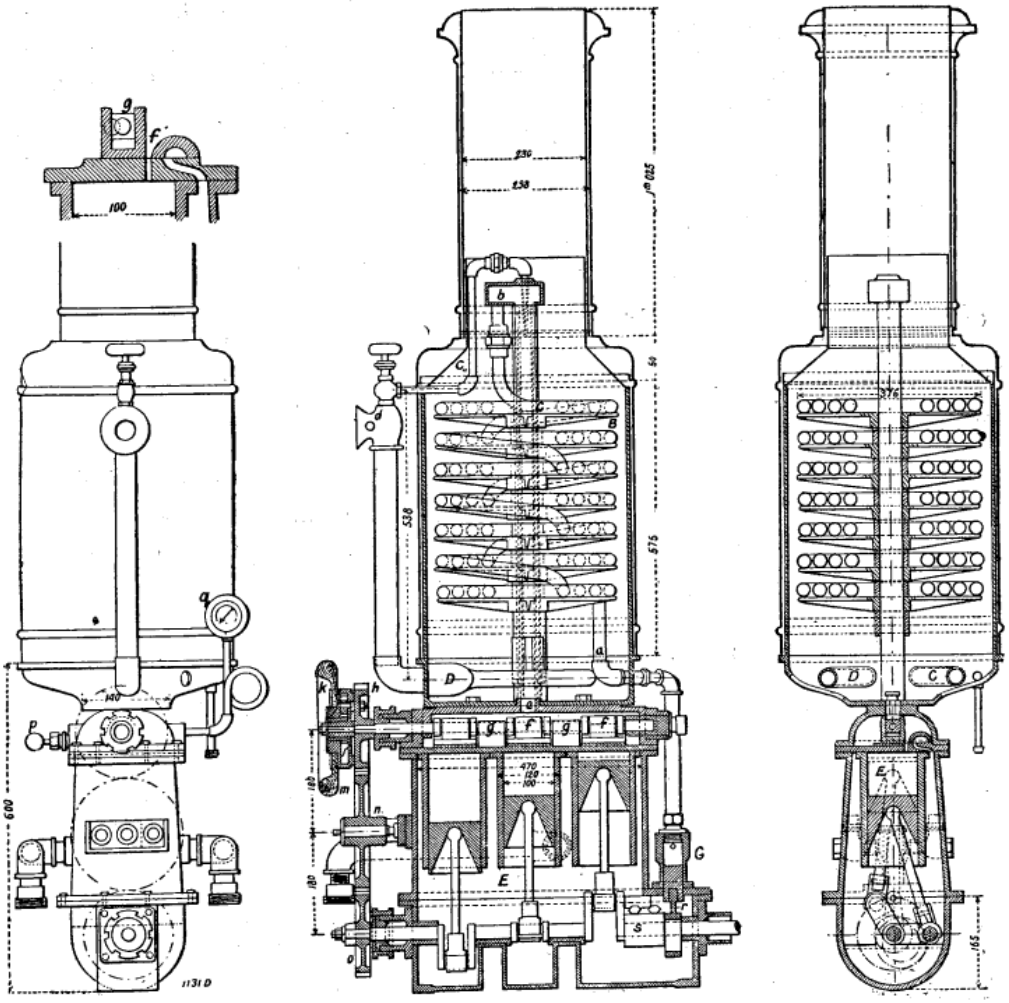


Fig. 1. — Vues de la machine et du générateur du yacht « Mignon ».

habitacle en argent et nickel pourvu d'une boussole extrêmement sensible. La coque n'est recouverte d'aucune peinture ou composition et conserve sa couleur naturelle argentée. Lors de la première course d'essai, qui eut lieu le 1er juin sur le lac de Zurich, on obtint une vitesse de plus de 13 kilomètres à l'heure avec une dépense de 8 kilogrammes de pétrole à l'heure, ce qui parut sous tous les rapports un excellent résultat.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le moteur, du type à trois cylindres à action simple, est complètement caché dans une caisse fermée (fig. 1). La boîte des tiroirs est placée au-dessus des cylindres, et les trois soupapes sont actionnées par un seul arbre qui lui-même reçoit, par un engrenage, son mouvement de l'arbre de l'hélice. Le volant du régulateur K est fixé au-dessus des tiroirs de telle sorte qu'en le tournant dans un sens ou dans l'autre on change la position de l'arbre qui donne l'impulsion aux tiroirs, par rapport à l'arbre de l'hélice; ceci permet de changer facilement la marche de la machine. C'est l'équivalent de l'ancien levier à enclenchement. Le générateur est placé au-dessus de la boîte à vapeur de la machine, et consiste essentiellement en tubes de cuivre en forme de spirales solides (fig. 1 et 2), qui ont été essayés à la pression de 27 kilogrammes par centi-

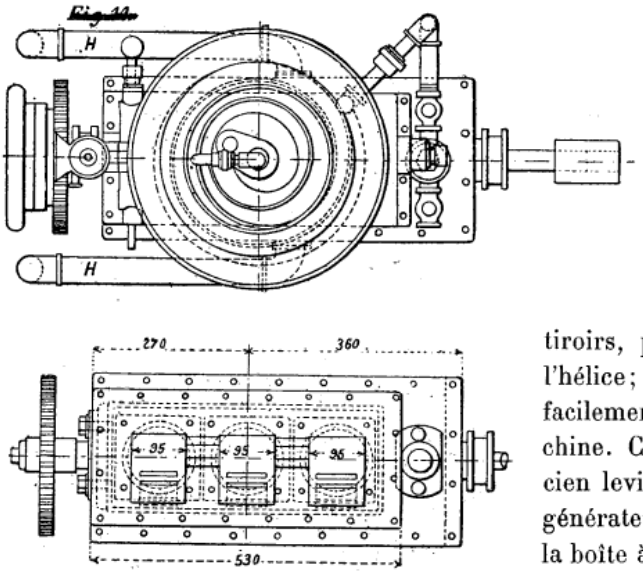


Fig. 2. — Coupes du générateur et des tiroirs.

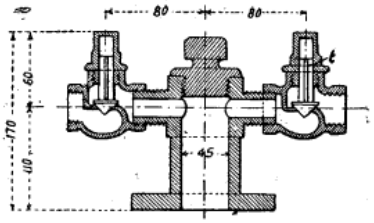


Fig. 3. — Coupe du brûleur.

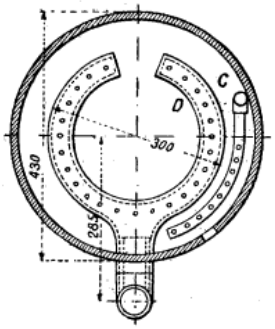


Fig. 4. — Plan du brûleur.

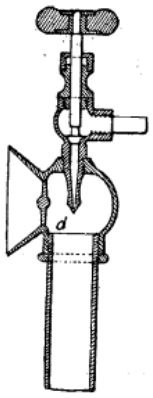


Fig. 5. — Injecteur.

mètre carré. Ce serpentin est placé dans une forte caisse métallique, au fond de laquelle se trouvent deux brûleurs, dont un grand D, formé d'un anneau, et d'un petit C pour l'allumage (fig. 1, 3 et 4). Pendant la marche du navire, le pétrole

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

est aspiré par une pompe alimentaire G et vient du fond d'un réservoir qui se trouve dans un compartiment de l'avant de l'embarcation. Il y a dans ce compartiment deux ouvertures par lesquelles, pendant la marche du yacht, l'eau coule dans le réservoir pour le maintenir à une même température. De la pompe alimentaire, le pétrole passe par une extrémité du serpentin en cuivre, où il se transforme en vapeur. En sortant par l'autre extrémité du serpentin, la plus grande partie de la vapeur de pétrole descend par un tube central et arrive aux tiroirs, pendant qu'une autre partie de la vapeur s'échappe par une conduite $C''c''$, pour arriver à l'injecteur d (fig. 1 et 5) dans lequel elle se mêle à un courant d'air en passant par une soupape spéciale, et arrive enfin dans le principal brûleur D. La vapeur qui traverse la machine repasse dans le réservoir d'avant à l'aide de deux condenseurs placés à l'extérieur.

Pour mettre le moteur en marche, on refoule l'air dans le réservoir à pétrole au moyen d'une pompe à main; lorsque la pression est suffisante, on ouvre une valve qui communique avec le petit brûleur C, d'où la vapeur s'échappe en brûlant. Puis le pétrole est refoulé de nouveau par une seconde pompe à main, dans le serpentin en cuivre, où il est chauffé par le petit brûleur et transformé en vapeur; lorsque la pression est parvenue à un degré suffisant, on ouvre la valve qui mène à l'injecteur, introduisant ainsi le mélange d'air et de vapeur de pétrole dans le grand brûleur D, et le bateau est prêt à partir.

(*Engineering.*)

CHIMIE

EMPLOI DE LA LAMPE DE SURETÉ POUR LA RECHERCHE DES VAPEURS DE BENZOLINE OU D'AUTRES GAZ INFLAMMABLES RÉPANDUS DANS L'AIR, PAR FRANK CLOWES, PROFESSEUR DE CHIMIE A L' " UNIVERSITY COLLEGE " DE NOTTINGHAM.

On sait que les vapeurs de benzoline et de pétrole mélangées à l'air peuvent faire explosion et sont, par conséquent, dangereuses; il est donc nécessaire de ne plus s'éclairer, au moyen de lumière, brûlant à l'air libre, les locaux susceptibles de contenir ces mélanges et de faire usage de lampes de sûreté, par exemple, dans le voisinage des réservoirs à pétrole, à bord des navires qui transportent ce liquide, dans les dépôts de pétrole, en un mot dans tous les établissements où le genre d'industrie nécessite l'emploi des huiles de pétrole légères.

On a été de la sorte amené naturellement à rechercher la possibilité d'employer la lampe de sûreté, pour déterminer si les gaz ou vapeurs inflammables répandus dans l'air ne sont pas en quantités suffisantes pour amener un accident dans le cas où ils viendraient en contact avec une lumière à l'air libre. Une série d'expé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

riences a été ainsi entreprise pour se rendre compte si les vapeurs de benzoline donneraient lieu à la formation d'auréoles au-dessus de la flamme d'une lampe de sûreté, et, dans le cas où ce phénomène se produirait, jusque dans quelles proportions il serait possible, au moyen de cette expérience, de reconnaître la présence de cette vapeur dans l'air.

Comme on a trouvé que la lampe de sûreté ordinaire avec l'hydrogène et la lampe perfectionnée d'Ashworth avec la benzoline étaient les deux plus convenables pour la formation d'auréoles visibles, on fit usage de ces lampes et elles furent essayées dans une chambre d'essai avec des mélanges d'air et de vapeur en proportions diverses.

La benzoline étant un liquide de composition variable, on n'a pas encore, quant à présent, essayé d'évaluer la présence de vapeurs de ce produit dans l'air ; car il est probable que des vapeurs dégagées d'échantillons divers ou même d'échantillons identiques, mais placés dans des conditions différentes, auraient produit des effets tout différents malgré qu'elles fussent en mêmes proportions.

On ne détermina donc qu'approximativement le mélange plus ou moins important d'air que peut supporter un gaz inflammable avant la disparition de l'auréole qu'il forme au-dessus d'une lampe de sûreté.

Un grand réservoir à gaz fut empli d'air qui avait traversé de la benzoline, et qui, par ce fait, se trouvait chargé de gaz ou vapeurs à la température normale et dans les mêmes proportions que de l'air dans lequel se serait répandu du gaz dû à l'évaporation d'un approvisionnement de benzoline. Ce mélange fut inflammable à l'air libre : on ajouta de l'air en proportions diverses au mélange en question et on détermina, pour chacun des nouveaux mélanges, l'effet produit par leur mise en contact avec une flamme.

On trouva qu'un mélange de 4 parties d'air avec une partie d'air chargé de benzoline était très explosible ; quand on eut additionné de l'air dans les proportions de 4 à 7 parties, le mélange était encore inflammable, mais quand on eut porté le nombre des parties à 9, il n'était plus inflammable.

On fit également, dans la chambre d'essai, des mélanges avec l'air chargé de vapeurs de benzoline et dans lesquels l'air pur entrait en de bien plus grandes proportions ; puis on examina l'aspect qu'offrait la flamme d'une lampe de sûreté mise en contact avec chacun de ces mélanges.

Le tableau suivant donne les résultats de cet examen.

On voit, d'après ces résultats, que l'on peut reconnaître, au-dessus d'une flamme d'hydrogène d'un centimètre, la présence d'une quantité de vapeurs de benzoline égale au 1/36e de celle qui peut déterminer une explosion, et égale au 1/20e de celle qui peut s'enflammer quand elle se trouve répandue dans l'air. On distingue également, au-dessous d'une flamme de benzoline, une auréole qui,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

quoique de petite dimension, se dessine très nettement quand le mélange contient 1/9e de la quantité nécessaire pour produire une explosion et 1/5e de celle qui peut être enflammée.

PROPORTIONS D'AIR chargé de benzoline.	EFFETS PRODUITS PAR LE CONTACT DU MÉLANGE avec une flamme brûlant à l'air libre.	ASPECT DE L'AURÉOLE PRODUITE PAR LE MÉLANGE autour de la flamme d'hydrogène d'une lampe de sûreté.
1/4.	Fait violemment explosion.	»
1/5.	Brûle rapidement et serait probalement	»
1/6.	explosible s'il se trouvait enflammé	»
1/7.	en grande quantité.	»
1/8.	Ne brûle qu'autour d'une flamme.	»
1/9.	N'est pas inflammable.	»
1/23	— —	Auréole de 0m,052
1/36	— —	— 0m,043 / 0m,004 autour d'une flamme de benzoline
1/72	— —	— 0m,031
1/144.	— —	— 0m,022

On procède en ce moment à des expériences similaires sur les vapeurs d'alcool et d'éther.

On a vu qu'avec le système de lampe décrit plus haut on pouvait reconnaître et évaluer l'auréole qui se forme au-dessous d'une lampe de sûreté, mise en contact avec des mélanges déterminés d'air et de vapeurs inflammables, ou de grisou. On peut donc, par ce moyen, apprécier le degré de sensibilité des différents systèmes de lampes et des flammes de natures diverses employées pour la recherche et l'évaluation des gaz.

On a fait ensuite des essais avec combustion d'huile de colza, d'huile de navette, d'huiles mélangées, d'esprit de bois, d'alcool benzilique et d'hydrogène et l'on a constaté que les flammes non éclairantes produites par l'alcool, l'alcool benzilique, et l'hydrogène étaient bien supérieures aux autres flammes d'huile plus ou moins lumineuses, pour l'évaluation des quantités si minimes qu'elles soient de gaz ou de vapeurs répandues dans l'air.

On a découvert, en outre, que les expériences gagnent en exactitude quand on dépolit la surface intérieure de la partie postérieure du cylindre de verre de la lampe, afin d'empêcher la réflexion.

La lampe de sûreté perfectionnée d'Ashworth alimentée à l'alcool benzilique a été reconnue particulièrement convenable tant pour l'éclairage que pour les expé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

riences. Sa flamme brillante donne une lumière égale à une bougie de mineur; si on réduit celle-ci en baissant la mèche, elle devient bleue et non éclairante, et c'est dans ces conditions que dans de l'air contenant 0,5 p. 100 de formène, on peut apercevoir, sur la surface dépolie du verre ou, ce qui vaut encore mieux, sur l'arrière-plan noir mat obtenu en fumant la partie postérieure du verre de la lampe, une auréole de 7 millimètres de hauteur.

On a reconnu que l'intensité, la forme et la hauteur de l'auréole visible au-dessus de cette nature de flamme s'accroissent de quantités sensiblement proportionnelles du tant pour cent de gaz qui se produit. Les qualités supérieures de cette lampe pour l'éclairage et les essais ne peuvent donc pas être mises en doute.

En continuant les expériences dont on vient de parler, et en comparant les auréoles obtenues avec cette lampe, une lampe à alcool et une lampe à hydrogène, on a découvert que, pour la recherche des gaz, la flamme de ces deux dernières était d'une sensibilité bien plus grande que celle de la lampe à alcool benzilique. Ainsi, lorsqu'on introduit les lampes à alcool et à hydrogène, ayant chacune une flamme d'un centimètre de hauteur, en même temps que la lampe à flamme bleue d'alcool benzilique, dans la chambre d'essai contenant de l'air mélangé de 1 p. 100 de gaz d'éclairage, on obtient des auréoles dont les dimensions sont les suivantes :

Hydrogène	27	millimètres.
Alcool	19	—
Alcool benzilique	7	—

Il est vrai que la flamme d'alcool benzilique est de proportions plus réduites que les deux autres; mais il ne faut pas oublier que la flamme d'alcool benzilique est nécessairement basse quand on l'emploie dans les essais de gaz, puisque dès que l'on en augmente les dimensions, elle devient lumineuse et rend l'auréole invisible ; par contre, l'avantage sensible que présentent les lampes à alcool et à hydrogène consiste en ce qu'elles demeurent non éclairantes même quand on leur donne de fortes dimensions, on obtient donc de bien plus fortes auréoles avec leurs flammes qui offrent une surface de contact bien plus importante et une température beaucoup plus élevée que celles qu'il serait possible d'obtenir avec une petite flamme d'alcool benzilique.

On peut voir pour ce qui précède qu'en ce qui concerne l'auréole qu'elle fournit, la flamme d'hydrogène l'emporte sur la flamme d'alcool, et en prolongeant les épreuves on lui reconnaît une nouvelle supériorité sur cette dernière : on laissa les deux flammes brûler pendant 30 minutes à proximité l'une de l'autre dans un air contenant 1 p. 100 de gaz d'éclairage. Pendant toute la durée de cette expérience, relativement prolongée, la flamme d'hydrogène et son auréole ne subirent aucune modification tant dans leur apparence que dans leur dimension,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tandis que la flamme d'alcool et son auréole diminuèrent régulièrement : au bout de 5 minutes la hauteur de la flamme était tombée de 19 millimètres à 12 millimètres ; 5 minutes après elle n'était plus que de 6 millimètres, et 30 minutes après le début de l'expérience la flamme s'éteignit subitement.

Ces résultats semblent prouver que flamme d'alcool est plus sensible que la flamme d'hydrogène à la présence de produits de la combustion, et à l'absence d'oxygène, ce qui est dû probablement à ce que la lampe à hydrogène nécessite pour sa combustion une quantité moins grande d'oxygène.

G. Pieler construisit, en 1883, la lampe de sûreté la plus sensible qui ait été trouvée jusqu'à ce jour, pour la recherche et l'essai des gaz, en mettant à profit la possibilité d'obtenir une grande auréole avec une flamme d'alcool quand on opère sur des atmosphères peu chargées de gaz.

La lampe Pieler est une lampe Davy de grandes dimensions, alimentée à l'alcool et munie d'une mèche circulaire donnant une grande flamme de 30 millimètres de hauteur (1). Des expériences faites avec cette lampe par différents expérimentateurs sur des mélanges d'air et de gaz en proportions déterminées ont été absolument confirmées par une série d'expériences analogues, qui donnèrent les résultats suivants :

0,25	p. 100	de grisou	a donné	une auréole	de 0m,030	de hauteur.
0,50	—	—	—	—	0m,065	—
0,75	—	—	—	—	0m,075	—
1,00	—	—	—	—	0m,090	—

La sensibilité de la flamme de cette lampe est telle que, quand la proportion de grisou s'élève à 1,75 p. 100, l'auréole atteint le haut de la toile métallique de la lampe et, si les proportions augmentent encore, l'auréole augmente de volume et emplit complètement l'intérieur de la toile métallique.

Certains praticiens qui se sont servis de cette lampe semblent douter qu'elle soit d'une sécurité absolue, mais ils objectent que la flamme d'alcool n'est pas éclairante et que, par conséquent, quand on se sert de la lampe Pieler pour l'essai des gaz, il faut se munir d'une seconde lampe d'un autre système pour l'éclairage.

Pour éviter la sujétion du transport de deux lampes, on a essayé de construire une lampe de sûreté à deux réservoirs dont l'un contenait de l'huile et l'autre de l'alcool, chacun muni d'une mèche ordinaire ; on obtiendrait ainsi, dans une seule et même lampe, à volonté, une flamme d'huile lumineuse pour l'éclairage et une flamme d'alcool non éclairant pour les épreuves.

(1) Quand on se sert de cette lampe pour des essais de gaz, on masque la faible lueur projetée par la flamme afin qu'elle ne gêne pas pour observer l'auréole.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Des difficultés rencontrées dans la pratique empêchèrent l'adoption de cette lampe à double effet.

Pieler reconnut les avantages que présente l'essai des gaz à la flamme d'hydrogène ; cependant, en raison des difficultés rencontrées dans l'emmagasinage de l'hydrogène dans une lampe de sûreté portative, il se fit apporter des échantillons d'air des mines, pour être essayés à une flamme d'hydrogène fournie par un générateur, le tout formant un appareil fixe dans la chambre d'essai.

Mais depuis que l'on peut se procurer du gaz hydrogène à un prix relativement peu élevé et comprimé dans de légers cylindres en acier, il a été possible d'en approvisionner un tube monté au centre d'une lampe de sûreté ordinaire.

Cette lampe est établie de façon à pouvoir être alimentée par de l'huile ou par de l'alcool benzilique, la mèche étant tenue haute comme à l'ordinaire pour l'éclairage ; si on en fait usage pour les essais de gaz dont les proportions dépassent 3 p. 100, on baisse la mèche, pour obtenir une flamme non éclairante, de façon à pouvoir observer l'auréole. Quand les gaz à essayer sont en proportions moindres que 3 p. 100, on fait passer par le tube métallique accolé à la mèche le gaz hydrogène qui s'enflamme immédiatement au contact de la flamme ; on baisse alors la mèche jusqu'à ce que la flamme d'huile s'éteigne et on peut alors observer l'auréole au-dessus de la flamme d'hydrogène ; on peut facilement l'apercevoir même quand les proportions du gaz ne sont que de 0, 25 p. 100.

Dès que la flamme éclairante devient nécessaire, on remonte la mèche qui se rallume immédiatement au contact de l'hydrogène, dont l'alimentation est alors interrompue.

On voit donc, par ce qui précède, que dans les essais de gaz la flamme d'hydrogène et la flamme d'huile peuvent se suppléer l'une à l'autre dans la même lampe.

On fournit aujourd'hui l'hydrogène dans des cylindres en acier de 8 centimètres de diamètre sur 20 de longueur et pesant 1^{kil},800. Chaque cylindre chargé contient 113 litres d'hydrogène. Cette quantité peut fournir plusieurs expériences, puisqu'une flamme de 10 mm. de hauteur brûlant pendant quatre heures consécutives ne dépense que 28 litres de gaz. On adapte quelquefois un régulateur au cylindre, mais on a reconnu que l'on peut s'en dispenser et modérer très facilement le filet de gaz au moyen d'un robinet sensible monté sur le cylindre.

On porte le cylindre en bandoulière dans une gaine de cuir ; un tube flexible met l'orifice du cylindre en communication avec un petit raccord, fixé lui-même au réservoir de la lampe, et permet à l'hydrogène, en passant par un petit tube de cuivre traversant le réservoir, d'aboutir au même niveau que la mèche à huile.

Avant de commencer à alimenter la lampe, on laisse une petite quantité

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'hydrogène s'échapper pour chasser l'air du tube flexible, puis on règle la flamme au moyen du robinet du cylindre.

On fit plusieurs essais préalables ; la hauteur de la flamme fut réglée à 10 centimètres en la repérant au moyen d'un diaphragme percé d'un trou de ce diamètre et maintenu à l'extérieur de la lampe, ou bien en prenant comme repère l'extrémité d'un fil métallique dressé à l'intérieur de la lampe près du foyer.

On ajusta à l'intérieur de la lampe Ashworth, dont on se servait, un verre de grande dimension garni d'un côté de noir de fumée, de manière à former un arrière-plan noir mat; le verre ainsi noirci permettait non seulement d'apercevoir les lueurs pâles, mais empêchait en outre les effets de réflexion de la flamme de se produire. Les proportions du gaz dans ces expériences ont varié entre 0,25 et 3,00 p. 100 et les hauteurs de l'auréole sont les moyennes d'un certain nombre de résultats concordant parfaitement ensemble.

Proportion du grisou dans l'air	0,25	p. 100
— — —	0,50	—
— — —	1,00	—
— — —	2	—
— — —	3	—
Hauteur de l'auréole	17	millimètres
— —	18	—
— —	22	—
— —	31	—
— —	52	—

Quand les proportions atteignaient 3 p. 100 l'extrémité de l'auréole disparaissait dans le cylindre métallique qui surmonte le verre de la lampe et, à moins d'en réduire les dimensions, la flamme d'hydrogène devenait inutile pour l'évaluation de proportions supérieures; mais aussi, dès ce moment, la flamme d'huile pouvait donner des résultats très précis. Quand, par contre, on essayait des mélanges dans lesquels le gaz entre en très petites proportions, on pouvait augmenter la hauteur de la flamme d'hydrogène, quoiqu'il fût presque impossible de ne pas voir au-dessus d'une flamme de 10 mm. une auréole même très petite.

Les expériences suivantes démontrent l'avantage qu'il peut y avoir à augmenter la flamme d'hydrogène quand on essaye de faibles proportions de gaz : la lampe étant placée dans de l'air contenant respectivement 1/2 et 1 p. 100 de gaz d'éclairage, on relevait chaque hauteur d'auréole quand la flamme d'hydrogène atteignait d'abord 10 puis 15 mm.

Proportion du gaz répandu dans l'air	1	p. 100
— — —	1/2	—
Hauteur de l'auréole au-dessous d'une flamme de 10	27	millimètres
— — — — —	23	—
— — — — de 15	50	—
— — — — —	38	—

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans tout ce qui précède on n'a envisagé l'auréole qu'en hauteur, mais il faut également reconnaître que son ensemble subit des modifications très sensibles à mesure que les proportions du gaz augmentent.

Une observation minutieuse d'une flamme d'hydrogène brûlant dans de l'air pur amène la découverte d'une auréole mince et pâle. Quand la proportion du gaz dans l'air atteint 0,25 p. 100 l'auréole devient plus large et prend une teinte gris pâle; mais ses contours sont encore mal définis, particulièrement à la partie supérieure, et elle n'est réellement visible qu'immédiatement au-dessus du foyer d'hydrogène; à mesure que les proportions du gaz augmentent, les contours de l'auréole s'accentuent plus nettement et passent franchement à la teinte gris bleu, s'élargissent et s'éteignent de chaque côté de la flamme d'hydrogène, l'enveloppent complètement et finissent par entourer l'extrémité du tube; pendant ce temps, la flamme d'hydrogène elle-même acquiert de plus grandes dimensions, devient plus éclairante et se borde d'un liséré rose.

Il est prudent et d'une grande utilité, avant de se livrer à des expériences définitives, de se familiariser dans la chambre d'essai avec les divers aspects de la flamme d'hydrogène en chargeant l'air de différentes proportions de gaz.

En résumé, la combustion du gaz hydrogène a l'avantage :

1° De permettre l'emploi d'une flamme non lumineuse qui peut être immédiatement réglée à la hauteur désirée;

2° De faciliter le développement de l'auréole en augmentant la flamme;

3° D'éviter les risques d'éteindre la flamme, ce qui arrive fréquemment quand on se sert, pour les essais, d'une lampe à l'huile dont on a fortement baissé la mèche.

(*Chemical News.*)

NOTICES INDUSTRIELLES

EXTRAITES DES PUBLICATIONS FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES.

Propriétés et fabrication du celluloïde, par Walter Hogben. — Le celluloïde est un composé qui permet d'imiter certaines matières premières dont la rareté augmente la valeur.

Cependant les méthodes, que l'on emploie pour arriver à une parfaite ressemblance, ne laissent pas que d'être coûteuses, et les articles en celluloïde ne sont à bon marché que comparativement à la cherté des articles réels. Parmi ceux-ci, l'ivoire est peut-être le plus important et l'abaissement graduel de son approvisionnement aide à la prospérité de cette branche spéciale d'industrie d'imitation.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ce n'est pas seulement l'ivoire qu'on est parvenu à imiter, certains objets en celluloïde imitent parfaitement l'écaille, le corail, l'ambre, etc.

Le celluloïde est susceptible d'une grande dureté, et d'une extrême flexibilité; c'est pourquoi on l'emploie encore pour la fabrication de cols et de manchettes qui imitent la toile, qu'il reproduit parfaitement.

La découverte du celluloïde est, dit-on, due à M. Hyatt de Newark, États-Unis; mais un brevet a été pris pour une composition similaire par un chimiste anglais, feu Alexandre Parkes, qui lui donna le nom de *Parkesine*.

Le celluloïde est tiré de la cellulose qui, après avoir été traitée par un nitrate, est traitée ensuite par un dissolvant convenable, puis desséchée; la cellulose est donc la base de la fabrication.

La substance du coton blanchi est le type de la cellulose, parce que l'opération du blanchiment débarrasse la cellulose des corps étrangers qui se trouvent dans la plante. En France, les fabricants de papier et d'autres industriels font usage du procédé électro-chimique de blanchiment de M. Hermite. Pour l'électrolyse, on se sert de cuves de fonte galvanisée. Les électrodes négatives sont formées d'un certain nombre de disques en zinc disposés sur deux tiges qui tournent lentement. Entre chaque disque sont placées les électrodes positives, qui se composent d'une toile de platine fixée dans un cadre d'ébène; ces toiles sont soudées à des lames de plomb qui communiquent avec un collecteur en cuivre traversant l'électrolyseur; le contact se fait au moyen d'écrous, ces pièces sont reliées de manière à ce que les châssis qui contiennent la toile de platine puissent être enlevés pendant la marche. Le courant provient d'une dynamo. Chaque électrolyseur, en 24 heures de travail, a un pouvoir de blanchiment égal à 125 kilog. de chlorure de chaux à 33 p. 100 de chlore, et dépense 8,5 chevaux-vapeur. Le liquide employé est un mélange de chlorure de magnésium, de sel commun et de soude caustique.

Le poids spécifique de la cellulose est de 1,45 au microscope, lorsqu'elle est pure, c'est une substance blanche, diaphane, plus ou moins opaque. Comme on le sait, elle donne une réaction bleue avec une solution d'iode. En brûlant, elle laisse une petite quantité de cendre qui garde la forme de la fibre. Elle contient normalement 6 à 7 p. 100 d'eau de constitution. La cellulose prend une forme gélatineuse lorsqu'elle est complètement hydratée.

La science n'ayant pas encore trouvé un procédé pratique pour rendre la cellulose directement soluble, on a cherché à obtenir ce résultat en traitant cette substance par les nitrates. Il est vrai que la cellulose peut être dissoute par l'ammoniure de cuivre, dont le contact rend la fibre gélatineuse et finalement la dissout complètement. Cependant, ce moyen n'a pas trouvé d'application dans la pratique.

La cellulose pure ayant été convenablement préparée, la fabrication du celluloïde se divise en trois parties.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1° Production de la pyroxyline;

2° Traitement de ce composé par les réactifs, pour le rendre plastique ;

3° Séchage.

1° *Production de la pyroxyline.* — Pour ne pas trop affaiblir les acides mélangés, et pour éviter l'élévation de température, il faut veiller à ce que la cellulose soit aussi sèche que possible. On pèse la cellulose, avant de la plonger dans les acides mélangés contenus dans des vases en terre. On se sert d'acide nitrique de 1,38 à 1,45 de densité, afin d'éviter une action trop forte, car c'est la dinitrocellulose qu'on cherche à obtenir. L'acide sulfurique doit avoir une densité de 1,68. La température varie de 20° à 27° C., suivant l'état des acides. Après 20 ou 30 minutes, la cellulose est chimiquement convertie en pyroxyline ou nitrocellulose et une certaine quantité d'eau s'est formée pendant la réaction.

On laisse écouler les acides une minute ou deux; puis on passe le produit à l'essoreuse, pour éliminer autant que possible les acides restant dans le produit, afin que ceux-ci puissent servir de nouveau, après avoir été élevés au degré nécessaire.

Le gâteau ainsi formé est alors porté dans des appareils disposés de manière à le broyer rapidement; après quoi, on le lave complètement à l'eau pure dans une série de cuves. Ensuite on passe au blanchiment, en employant le chlorure de chaux, le permanganate de potasse ou l'appareil Hermite dont il a été question plus haut. On laisse écouler l'eau, on dessèche la pyroxyline au moyen d'un hydro-extracteur, puis on la coupe en petites tranches, et le reste de l'eau est chassé au moyen de la presse hydraulique.

2° *Traitement de la pyroxyline par les réactifs.* — La pyroxyline est immédiatement soluble dans un mélange d'alcool et de camphre, qui est le plus généralement employé pour cet usage. On humecte la pyroxyline de cette dissolution que l'on ménage à cause de son prix élevé. Lorsque celui-ci a pénétré suffisamment dans la masse, on extrait le produit et on le passe dans des laminoirs à une douce chaleur. Il subit alors une sorte de pétrissage, que l'on continue jusqu'à ce que le mélange soit uniforme, puis la matière sort des laminoirs sous forme de feuilles, d'une certaine épaisseur. On les empile et on les passe à la presse hydraulique de manière à former un bloc solide. Celui-ci est alors porté sur une machine spéciale permettant de le découper à la forme voulue, et en feuilles de toutes épaisseurs pour en faire, soit de l'imitation de linge, soit des manches de couteaux, ou pour tout autre objet.

3° *Séchage du celluloïde.* — Les feuilles découpées sont placées dans une étuve où on les laisse depuis un jour jusqu'à six mois, selon la dureté et la nature du produit. Lorsque le celluloïde est prêt, on le travaille au moyen des machines ordinaires telles que scies, tours, etc., pour opérer le finissage.

On peut donner au celluloïde toutes les couleurs et les formes voulues, mais

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les procédés employés provenant de l'expérience acquise sont gardés soigneusement comme secrets de fabrique.

Le poids spécifique du celluloïde varie de 1,30 à 1,45, suivant le degré de compression auquel il a été soumis, et selon les matières employées dans sa composition. Les acides faibles, l'air et l'eau sont sans action sur le celluloïde.

Il se laisse travailler facilement. Enfin il est possible de lui enlever toute odeur de camphre. Cette matière, quand elle est bien fabriquée, ne se contracte guère que pendant son passage à l'étuve; l'objet manufacturé devient de plus en plus dur avec le temps; il peut même dépasser la dureté de la corne. On pourrait encore utiliser le celluloïde dans une foule de cas, si son inflammabilité n'était souvent un sérieux obstacle. Les plus grandes feuilles obtenues jusqu'à ce jour mesurent 1^m,20 de long, sur 0^m,50 de large; elles pourraient se rouler facilement.

Les fabricants de billes de billard sont parvenus à imiter l'ivoire avec une telle perfection, qu'on distingue les couches successives provenant de la croissance de la dent d'éléphant, ce qui donne une illusion complète; mais il faut ajouter que ces billes ne sont revêtues que d'une simple couche de celluloïde.

(*Journal of the society of Chemical Industry.*)

Procédé pour reconnaître la pureté des huiles de coprah et des huiles de palmiste, par M. Ernest Milliau. — A 30°-31° C. l'huile de coprah (coco) pure est soluble dans deux fois son volume d'alcool absolu. A la même température, l'huile de palmiste est soluble dans quatre fois son volume d'alcool absolu.

Additionnées d'huiles végétales ou de graisses animales peu solubles (addition au vingtième et au-dessous), l'une et l'autre deviennent presque insolubles dans les mêmes quantités d'alcool absolu, l'action dissolvante de ce dernier ne déterminant pas le fractionnement des parties, et le mélange ayant acquis une solubilité qui lui est propre et nullement dépendante des proportions de matières grasses solubles et insolubles qui le composent.

Ces différences de solubilité permettent de vérifier avec précision la pureté de ces huiles concrètes, dont l'analyse chimique ne donne que des résultats souvent incertains et quelquefois contradictoires, surtout pour de faibles mélanges.

Mode opératoire. — *Première opération.* — On agite, dans un tube à essai gradué en centimètres cubes, pendant une minute, 20 cc. de l'huile à examiner avec 40 cc. d'alcool à 90°. L'huile dépouillée de ses acides gras libres et de ses impuretés se dépose dans le fond du tube. Ce traitement préliminaire, indispensable, peut donner certaines indications.

L'alcool à 95° absorbe une certaine quantité de matières grasses neutres, et l'huile dissout elle-même de 15 à 20 p. 100 d'alcool.

Le pouvoir dissolvant de l'huile diminue sensiblement par l'addition d'huiles

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

insolubles, tandis que celui de l'alcool augmente par l'addition d'huiles solubles dans l'alcool à 95° : ricin, résine, etc., huiles qu'on peut alors facilement caractériser par leurs propriétés physiques et chimiques très tranchées.

Deuxième opération. — Dans un tube à essai, gradué en centimètres cubes, on traite 5 cc. de l'huile de coprah lavée à l'alcool à 95°, par 10 cc. d'alcool absolu, et l'on place le tube dans un bain-marie chauffé très exactement à 30°-31° C. Après quelques instants d'immersion, on agite vivement le tube pendant trente secondes et on le replace dans le bain-marie.

L'huile de cophra pure se dissout complètement, et la solution alcoolique est parfaitement limpide.

L'huile de coprah additionnée d'huiles insolubles (falsification la plus fréquente), arachide, sésame, coton, maïs, etc., ne se dissout sensiblement pas, et forme une masse trouble avec l'alcool absolu dont elle se sépare rapidement, pour tomber en fines gouttelettes au fond du tube où elle vient se rassembler. L'huile de coprah contenant de l'huile de palmiste se précipite, lorsque la proportion du mélange atteint 20 p. 100; au-dessous, la masse reste trouble.

La vérification de l'huile de palmiste se fait comme il vient d'être dit, en mettant 20 cc. d'alcool absolu, au lieu de 10, et en opérant toujours avec 5 cc. d'huile à la température de 30°-31° C.

5 cc. d'huile de palmiste, contenant 20 p. 100 d'huile de coprah et au-dessus, se dissolvent dans 15 cc. d'alcool absolu; dans les mêmes proportions, l'huile pure ne se dissout pas complètement et le mélange reste trouble.

La pureté des tourteaux de coprah et de palmiste se constate en extrayant, par un dissolvant quelconque, une quantité suffisante d'huile, qu'on traite de la même manière (1).

L'adultération des huiles de coprah et de palmiste peut causer les plus graves préjudices à la savonnerie française, qui en consomme annuellement près de 100 millions de kilogrammes, et à l'agriculture qui utilise les tourteaux pour ses besoins.

(1) Si l'on veut opérer à une température plus basse, la proportion d'alcool absolu doit être augmentée; à 25°-26°, par exemple, il faut la doubler, et mettre pour 5 cc. d'huile de coprah ou de palmiste, 20 cc. d'alcool dans le premier cas et 40 cc. dans le second.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

SÉANCES DU CONSEIL D'ADMINISTRATION

PROCÈS-VERBAUX

Séance du 13 janvier 1893.

Présidence de *M. Tisserand*, président.

M. le Président annonce la mort de *M. Rédier*, membre du Conseil. Il donne la parole à M. le colonel Pierre, qui retrace brièvement la vie de M. Redier et les services qu'il a rendus à l'industrie de l'horlogerie. Une notice sera lue dans une prochaine séance.

M. Sabatou, rue Malher, 12. — Bûches allume-feux. (Arts chimiques.)

M. Ambayrac, à Mirabel (Tarn-et-Garonne). — Enveloppe pli postal de sûreté. (Commerce.)

M. Ferdinand Delettrez, agriculteur à Orchies (Nord). — Amélioration de la betterave à sucre par l'application de l'électricité à la production de la graine. (Agriculture.)

Le Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts annonce l'ouverture du Congrès des Sociétés savantes, le 4 avril prochain; il invite la Société à se faire représenter par des délégués.

M. Dangeard, rue de la Chaîne, 34, maître de conférences de botanique à la Faculté de Poitiers. — Ouvrage intitulé : Les maladies du pommier et du poirier, monographie avec planches et figures dans le texte. (Agriculture.)

MM. Victor Germain et *Dia*, rue Clauzel, 15. — Moyen d'éviter les catastrophes occasionnées par les explosions. (Arts économiques.)

M. Archereau, chimiste, rue du Retrait, à Paris, demande l'aide de la Société. (Arts chimiques.)

M. Paul Kestier, boulevard Vauban, 40. — Nouvel élévateur de liquides par l'air comprimé. (Arts mécaniques.)

M. Maurice de la Sizeranne, secrétaire général de l'Association Valentin Haüy pour le bien des aveugles, présente comme candidat au prix d'Aboville un atelier de brossières aveugles établi à Tracy-le-Mont (Oise). (Commerce.)

La *Société néerlandaise* pour le progrès de l'industrie, à Haarlem (Pays-Bas), demande à recevoir le titre de Société correspondante et à échanger son Bulletin avec celui de la Société. (*Bulletin.*)

M. Cacheux, ingénieur, membre de la Société, annonce qu'une Exposition relative à la pêche et à la pisciculture s'ouvrira cette année au mois de juillet, à Truero-Cornwall, sous le patronage du prince de Galles. (Agriculture.)

M. X... Fortuna juvat audaces. — Mémoire sur l'isolement des diverses parties d'une installation électrique. (Concours, Arts économiques.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Gonon, ingénieur des arts et manufactures, à Melun. — Procédé industriel pour évaluer rapidement l'isolement d'une installation électrique en activité. (Concours, Arts économiques.)

M. Lepape, rue Montaigne, 23. — Moteur de 50 kilogrammes par cheval de puissance. (Concours, Arts mécaniques.)

M. Murgue, à la Compagnie houillère de Bessèges. — Pièces relatives au perfectionnement de l'aérage des mines. (Concours, Arts mécaniques.)

M. Pichard, directeur de la station agronomique de Lezardeau (Finistère). — Notes énumérant ses titres pour le concours à la grande médaille d'agriculture. (Agriculture.)

M. Tanwiay, directeur de l'École pratique d'agriculture du Paraclet. — Documents relatifs à sa candidature à la grande médaille d'agriculture. (Agriculture.)

M. Paillon, boulevard de la Gare, 69. — Trois croquis d'essoreuse à effet continu. (Concours, Arts économiques.)

M. Joseph Camagni, au Creuzot. — Étude sur le Creuzot. (Concours, Commerce.)

M. X. — L'industrie sardinière; devise : *La pêche a poussé les hommes à devenir industrieux, navigateurs et commerçants*. (Concours, Commerce.)

M. Allard, professeur départemental d'agriculture, à Vesoul. — Féculomètre. (Concours Parmentier.)

M. Pellet, chimiste, à Bruxelles. — Pièces diverses relatives au traitement de la betterave. (Concours Parmentier.)

M. Simon et fils, à Cherbourg. — Presse continue. (Concours Parmentier.)

M. Serullas. Note sur ses travaux relatifs à la gutta-percha. (Concours, Arts économiques.)

M. Arnaud, rue Tholozé, 13. — Extracteur de la gutta-percha des feuilles et des bourgeons de certaines variétés d'arbres. (Concours, Arts économiques.)

M. Bazin, rue du Rocher, 47. — Obturateur photographique. (Concours, Constructions et Beaux-Arts.)

M. Decaux, à Houilles (Seine-et-Oise). — Obturateur photographique. (Concours, Constructions et Beaux-Arts.)

M. Otto Lund, place de la Sorbonne, 6. — Obturateur photographique. (Concours, Constructions et Beaux-Arts.)

M. Dupuy-Montbrun, à Aurive (Haute-Garonne). — Monographie sur les Basses-Alpes. (Concours 1894, Agriculture.)

M. Haton de la Goupillière, membre du Conseil, fait hommage d'un Mémoire qu'il vient de publier sous le titre de : *Centre des moyennes distances des centres de courbure successifs*. (Bibliothèque.)

M. A.-Ch. Girard, chef des travaux chimiques à l'Institut agronomique. — Mémoire sur l'emploi des feuilles d'arbres dans l'alimentation du bétail. (Agriculture.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les ouvrages suivants sont signalés dans la correspondance imprimée :

Annuaire de l'imprimerie, 1893, par *Arnold Muller*, typographe, 3e année.

Annual Report of the Commissioner of patents, 1891, Washington.

Réunion des sociétés des Beaux-Arts des départements, du 7 au 11 juin 1892, 16e session, offert par le ministère de l'Instruction publique et des Beaux-Arts.

Annuaire pour l'an 1893, publié par le *Bureau des Longitudes*. Gauthier-Villars et fils, éditeurs.

Collection Léauté. — Corderie, par *Alheilig. — Formation des gîtes métallifères* par *de Launay*. 2 vol. in-18, offerts par MM. Gauthier-Villars et fils, éditeurs.

Fabrication de la fécule et de l'amidon, d'après les procédés les plus récents, par *J. Fritsch*, ingénieur. 1 vol. in-12, B. Tignol, éditeur.

Office du travail. — Notices et comptes rendus. Fascicule II. Résultats financiers de l'assurance obligatoire contre les accidents du travail en Allemagne et en Autriche.

Rapports des comités. — *Déclaration de vacance. — M. Tisserand* demande au Conseil, au nom du Comité d'agriculture, de déclarer une vacance dans ce Comité pour procéder au remplacement de *M. Hardy*.

La vacance est déclarée.

Règle à calcul. — M. le colonel Pierre lit un rapport fait par feu *M. le colonel Goulier, sur la règle à calcul à deux réglettes* de *M. Péraux*, négociant à Nancy.

Le Comité propose de remercier M. Péraux de son intéressante communication et d'ordonner l'impression au *Bulletin* de la Société du présent rapport, en l'accompagnant d'explications sur la manœuvre de la règle, ainsi que d'une planche représentant les échelles comparatives des lignes trigonométriques naturelles, et la représentation d'un fragment de la règle à deux réglettes.

Ces conclusions sont adoptées.

Agriculture. — M. Ronna fait, au nom du Comité d'agriculture, un rapport *sur un moyen d'empêcher les inondations de se produire*, par *M. Pinchard*, conducteur principal des ponts et chaussées en retraite, à Montpellier.

Il propose d'adresser à M. Pinchard les remerciements de la Société pour son travail sur un sujet digne de toute la sollicitude du Comité d'agriculture, et d'insérer le présent rapport au *Bulletin* de la Société.

Ces conclusions sont adoptées.

Réchauffeur-épurateur d'eau. — M. Brüll fait, au nom du Comité des arts mécaniques, un rapport sur un *Réchauffeur-épurateur d'eau* de *M. Chevalet*, ingénieur-chimiste, à Troyes.

Il propose de remercier M. Chevalet de son intéressante communication et d'ordonner l'insertion dans le *Bulletin* de la Société du présent rapport accompagné d'un dessin dans le texte avec légende.

Ces conclusions sont adoptées.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

COMMUNICATIONS. — *Réflecteur solaire.* — *M. Bonnet* fait une communication sur un système de réflecteur pour l'utilisation de la chaleur solaire dans les régions chaudes.

Les tentatives qui ont été déjà faites pour tirer de la chaleur solaire un parti véritablement avantageux ont échoué par suite du prix élevé des appareils imaginés à cet effet.

Le principe qui a présidé à la construction des appareils livrés à l'industrie est celui de la concentration par réflecteurs à forme tronc-conique, et il est reconnu que cette forme de réflecteur ne saurait supporter la comparaison, relativement à la puissance de concentration, avec la forme tronco-paraboloïdale. Cette dernière forme, par sa définition géométrique même, produit la concentration en un point unique, *le foyer*, lorsque l'appareil qui la réalise est exactement construit. L'appareil tronco-paraboloïdal possède la propriété essentielle de concentrer mathématiquement au foyer de la surface du paraboloïde tous les rayons parallèles à l'axe, après qu'ils ont été réfléchis par la surface interne.

Si les diverses personnes qui se sont occupées de cette intéressante question avaient essayé la construction de surfaces d'insolation au moyen de douelles en bois appareillées, elles auraient probablement trouvé cette solution économique pour la construction des appareils d'insolation, appareils dont la surface interne doit affecter la forme d'un *tronc de paraboloïde de révolution.*

Cette solution, qui est celle de M. Bonnet, a été brevetée en 1883, et n'a pas encore été exploitée industriellement; elle est la seule qui puisse, suivant lui, permettre de tirer un parti utile et pratique de la chaleur solaire dans les régions chaudes.

M. le Président remercie *M. Bonnet* de sa communication, qui est renvoyée au Comité des arts économiques.

Zoo-cautère. — *M. Brenot*, fabricant d'instruments de chirurgie, rue des Gravilliers, 29, fait une communication sur un instrument appelé *zoo-cautère*, destiné à la chirurgie vétérinaire. Il mentionne les propriétés du platine, sa première application à un instrument de chirurgie, au chauffage et à l'éclairage. Il signale la deuxième application des propriétés de ce métal à la chirurgie, par le Dr Paquelin et enfin celle qu'il a faite à un cautère spécial de vétérinaire, dit *zoo-cautère*.

M. Brenot décrit son appareil et son mode de fonctionnement; il fait voir la marche de ses divers organes, et termine en résumant ses avantages de la manière suivante : Foyer en platine iridié d'une grande résistance, même à l'état d'incandescence. — Absence de rayonnement. — Mise en marche simple et rapide. — Carburation exacte et presque instantanée des vapeurs du liquide combustible. — Faculté de se servir de l'appareil dans tous les sens sans crainte de voir sa marche s'interrompre. — Facilité de mettre en marche et d'o-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pérer par tous les temps, aussi bien en plein air qu'en lieu clos. — Suppression de tous accessoires encombrants. — Volume très réduit de l'appareil permettant de le transporter partout, et enfin facilité de pouvoir opérer seul, sans le secours d'aucun aide, en cas de nécessité.

M. le Président remercie *M. Brenot* de son intéressante communication, qui est renvoyée au Comité d'agriculture.

Séance du 27 janvier 1893.

Présidence de *M. Tisserand*, Président.

M. Poirrier, membre du Conseil, adresse sa démission à M. le Président, ses occupations ne lui permettant pas de prendre part aux travaux de son comité.

M. Deiss, boulevard Magenta, 135. — Pli cacheté portant pour titre : *Modifications à apporter à un appareil pour l'extraction par le sulfure de carbone des principes utiles contenus dans les gommes, résines, bois colorants en vue de l'obtention de produits parfaitement purs.* (Le dépôt est accepté.)

M. Sabatou, rue du Perche, 4 et 6. — Bûches allume-feu. (Arts chimiques.)

M. Alfred Basin, à Lilliers, rue Neuve, 2. — Suppression de roulis et de tangage, diminution de la force motrice. — Nouvelle méthode pour tracer les canaux. (Arts mécaniques.)

M. Jules Piot, rue de Chabrol, 33, envoie un ouvrage intitulé : *Blanchisserie, désinfection, lavoirs publics.* (Commerce.)

M. Fouque, chimiste, rue Curial, 13. — Fabrication de serrurerie et fontes d'art, appareils d'éclairage, etc.

M. Gagé, pâtissier, rue de Presbourg, 13. — Machines à fabriquer les sandwichs. (Arts mécaniques.)

M. Robert-Austen, membre de la Société royale de Londres. — Documents nombreux pour le concours relatif au prix des études métallurgiques. (Arts chimiques.)

M. Legat, président de l'Association des inventeurs et artistes industriels, demande l'aide de la Société en faveur de *M. Dulché*, chef mécanicien aux carrières des Maréchaux, par Cernay-la-Ville (Seine-et-Oise), auteur de perfectionnements dans les clapets mécaniques. (Arts mécaniques.)

M. le Dr Paquelin, place Vendôme, 12, adresse un pli cacheté qui a trait à des travaux en voie d'exécution qu'il soumettra prochainement à la Société. (Le dépôt est accepté.)

M. le Secrétaire fait hommage d'un exemplaire du discours qu'il a prononcé en 1892 au Congrès tenu à Pau par l'Association française pour l'avancement des sciences.

M. Honoré, professeur à Paris, quai des Célestins, 2, adresse un opuscule

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

intitulé : *Grandes lentilles astronomiques. — Grands objectifs photographiques. — Grands miroirs télescopiques. — Grands réflecteurs calorifiques et autres réflecteurs pour faire du politiensus.*

M. de Borodine, correspondant de la Société des ingénieurs civils, à Kieff. — Rapport de la Commission chargée de l'essai de la locomotive à grande vitesse du système Compound-tandem des Chemins de fer sud-ouest russes.

M. Henry, lieutenant-colonel du génie. — Ponts et viaducs mobilisables, à éléments portatifs en acier pour chemins de fer et routes stratégiques.

M. Graux. — Causeries agricoles, hygiène rurale, publique et privée, etc.

M. le Président adresse les remerciements de la Société aux donateurs de ces ouvrages, dont le dépôt sera fait à la bibliothèque.

NOMINATION DE MEMBRES DU CONSEIL. — *M. le Président* ouvre le scrutin pour la nomination de deux membres du Conseil :

M. Hippolyte Fontaine, ingénieur civil, pour le *Comité des arts économiques*.

M. Maxime Cornu, professeur au Muséum d'histoire naturelle, pour le *Comité d'agriculture*.

Ces deux candidats, ayant obtenu l'unanimité des suffrages, sont nommés membres du Conseil.

RAPPORT. — *Ponts portatifs démontables*. — *M. Schlemmer* fait, au nom du Comité des constructions et des beaux-arts, un rapport sur la communication de *M. Brochocki*, relative au ponts mobilisables en acier.

Il propose :

1° De confirmer par son vote les félicitations que M. le Président a adressées à M. Brochocki ;

2° De décider que le présent rapport, avec ses annexes, sera inséré au *Bulletin* de la Société.

Ces conclusions sont adoptées.

COMMUNICATIONS. — *Lunettes d'atelier*. — *M. Henry Mamy*, directeur de l'Association des Industriels de France contre les accidents du travail, fait une communication sur les lunettes d'atelier.

Dans un certain nombre de travaux industriels, les yeux des ouvriers sont exposés à des atteintes dangereuses, soit par des projections de particules solides ou de gouttelettes en fusion, soit par le rayonnement de masses incandescentes. De nombreux et graves accidents se sont déjà produits de ce chef. Il est donc indispensable de se servir de lunettes protectrices. Les ouvriers témoignent cependant une très grande répugnance à se servir de celles qui sont généralement en usage dans nos ateliers. Cela tient à ce que ce type de lunettes est mal compris et cause une gêne réelle.

L'Association des Industriels de France a eu la pensée d'ouvrir un concours public pour la création d'un bon type de lunettes d'atelier, facilement acceptable

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

par les ouvriers. Une commission spéciale a été chargée de juger les nombreux types qui ont pris part au concours et qui peuvent se ranger dans quatre classes.

A la première classe appartiennent les lunettes à verres et à monture de cuir. Elles ont l'inconvénient d'échauffer beaucoup les yeux, en les enfermant dans une enceinte hermétiquement close. Il faut les réserver pour le cas où les yeux doivent être préservés d'une atmosphère de poussières ou de vapeurs irritantes.

La seconde classe comprend les lunettes avec verres et grillages métalliques. Meilleures que les précédentes, elles échauffent cependant encore les yeux et ne sont pas commodes. Une exception doit être faite, cependant, pour l'un des types présentés par la Société des Lunetiers de Paris, qui permet aux ouvriers myopes ou presbytes de conserver un lorgnon sous leurs lunettes.

Dans la troisième classe sont rangées les lunettes entièrement constituées par un treillis métallique à mailles plus ou moins serrées. Elles ont l'inconvénient de brouiller assez vite la vue lorsque le treillis est serré. Il faut les réserver pour les travaux où la précision n'est pas nécessaire et où les particules projetées sont assez fortes, par exemple pour les casseurs de pierres. On peut alors employer un treillis à mailles assez grosses et la vue se brouille beaucoup moins.

Enfin, la quatrième classe comprend le type de lunettes à monture métallique et à verres trapézoïdaux présenté par M. Simmelbauer, fabricant de lunettes à Montigny-les-Metz. C'est celui qui a recueilli l'unanimité des suffrages. Il protège bien la vue, ne l'échauffe pas, est d'un port facile et commode, et les ouvriers qui en ont fait l'essai ont constaté sa supériorité sur tous les autres types essayés.

L'Association des Industriels de France contre les accidents du travail a décerné le premier prix à M. Simmelbauer et le second prix à la Société des Lunetiers.

M. le Président remercie *M. Mamy* de son intéressante communication qui est renvoyée à la Commission du *Bulletin*.

Fermetures-avertisseurs. — *M. Paul Blanchet*, rue Rambuteau, 24, fait une communication sur des fermetures-avertisseurs à détonation et électricité.

Avec ces divers appareils, très simples et très pratiques, non seulement les voleurs ne peuvent pénétrer nulle part, ne peuvent rien ouvrir, forcer ou fracturer, mais encore, à la moindre tentative, l'alarme est donnée à tous les voisins de 500 à 1 500 mètres à la ronde et même plus, si on le désire. De plus, à part la serrure, ils ont tous l'avantage de se poser instantanément partout où l'on veut, et de se retirer de même, sans laisser aucune trace.

1° *La serrure Blanchet*, dont le mécanisme, à crémaillère enclouée au repos, est absolument incrochetable, dont il est impossible de prendre les empreintes, et dont les clefs spéciales ne sont jamais semblables, suffit, seule, à protéger une porte contre toute espèce de tentatives d'effraction ou autres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2° *La chaîne de sûreté à détonation*, pour les fenêtres et les persiennes à claires-voies, donne également l'alarme, sans permettre de rien ouvrir, forcer ou fracturer.

3° *Le garde-fenêtre universel* offre les mêmes avantages pour les volets de fer ou de bois, les fermetures de magasins, etc. Le même appareil, d'un calibre plus fort, tendu avec des fils de fer, protège les murs de clôture, les chasses réservées, parcs, vergers, jardins, etc., contre toute invasion.

4° *Le verrou-targette à détonation* pour portes intérieures, escaliers de service, etc., protège contre toute espèce de tentatives, puisqu'il donne l'alarme, sans s'ouvrir, dès que l'on tente de forcer une porte.

5° Enfin, le *garde-porte universel* est accessible à toutes les bourses et d'un emploi très pratique, soit chez soi, soit en voyage.

Ce petit appareil se pose et se retire instantanément, partout où l'on veut, sans laisser aucune trace.

L'ensemble de ces divers appareils offre toutes les garanties de sécurité possibles, même pour les maisons les plus isolées : non seulement ils préservent contre le vol, mais encore, en les dénonçant, ils épouvantent les voleurs et leur retirent toute envie de renouveler leur tentative.

M. le Président remercie *M. Blanchet* de son intéressante communication, qui est renvoyée au Comité des arts économiques.

BIBLIOGRAPHIE

JOURNAUX ET REVUES

Comptes rendus de l'Académie des Sciences. — *Séance du 28 novembre* 1892. n° 22. — Sur les lois de dilatation des liquides, leurs isothermes, par *M. E.-H. Amagat*, — Sur la dépression du zéro observée dans les thermomètres recuits, par *L. C. Baudin*. — Sur la fusion du carbonate de chaux, par *A. Joannis*. — Préparation du chrome métallique par électrolyse, par *Em. Placet*.

Séance du 5 décembre, n° 23. — Sur la fusion du carbonate de chaux, par *H. Le Chatelier*. — Sur les échanges d'acide carbonique et d'oxygène entre les plantes et l'atmosphère, par *Th. Schlœsing* fils. — Sur un nouvel ellipsomètre, par *Jannetaz*.

Séance du 26 décembre, n° 26. — Sur la décroissance de la température dans l'air avec la hauteur, par *Alfred Angot*. — Sur la température de l'arc électrique, par *J. Violle*. — Remarques sur les hautes températures et sur la vaporisation du carbone, par *Berthelot*. — Détermination des coefficients de self-induction au moyen des oscillations électriques, par *P. Janet*. — Sur la fusion du carbonate de chaux, par *A. Joannis*. — Relation entre les chaleurs de formation et la température du point de réaction, par *Maurice Prud'homme*. — Dosage des impuretés dans les méthylènes, par *Er. Barillot*. — Les pertes d'azote dans les fumiers, par *A. Müntz* et *A. Ch. Girard*. — Sur les fermentations du fumier, par *Alex. Hubert*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Séance du 2 janvier 1893, n° 1. — Sur les phénomènes thermo-électriques entre deux électrolytes, par *Henri Bagard*.

Séance du 9 *janvier*, n° 2. — Dilatation et compression de l'eau, par *E.-H. Amagat*. — Sur la purification du zinc arsenical, par *H. Lescœur*.

Séance du 16 *janvier*, n° 3. — Sur la détermination du phosphore dans les fers et les aciers, par *Ad. Carnot*. — Les pertes d'azote dans les fumiers, par *A. Müntz et A. C.-H. Girard*.

Annales des Mines. — *Octobre* 1892. — Sur le dosage du grisou, par *H. Le Chatelier*.

Novembre. — Étude sur les pertes de charge de l'air comprimé et de la vapeur dans les tuyaux de conduite, par *Ledoux*.

Annales des Ponts et Chaussées. — *Octobre* 1892. — Note sur un procédé de représentation graphique des enclenchements, par *P. Théry*.

Novembre. — Note sur l'atelier des essais des métaux de la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée, par *H. Lebasteur*. — Note sur les ponts suspendus avec poutres raidissantes articulées en leurs milieux, par *de Boulogne*. — Note sur le raccordement parabolique entre deux arcs de cercle contigus de même sens, par *Bernis*.

Mémoires de la Société des Ingénieurs civils. — *Septembre* 1892. — Théorie générale de la machine à vapeur. — Théorie de l'enveloppe et de la machine à vapeur surchauffée, par *G. Leloutre*. — Projet de desséchement du Zuyderzée, par *J. de Koning*.

Octobre. — Les dangers des canalisations électriques dans les villes éclairées au gaz, par *P. Jousselin*. — Enrichissement du gaz des gazogènes, au moyen de l'utilisation du calorique qui échappe à la récupération, par *A. Lencauchez*. — Voyage en Amérique et principalement à Chicago, par *de Chasseloup-Laubat*. — Nouvelle unité d'activité proposée pour remplacer le cheval-vapeur, par *L. Méhay*. — Rapport de la commission d'essai de la locomotive compound-tandem des chemins de fer sud-ouest russes.

Novembre. — Débit des déversoirs à contraction complète, par *C. Canovetti* (analyse par N. de Tédesco). — Histoire de l'élasticité et de la résistance des matériaux, par *L. de Longraire*. — Le touage par adhérence magnétique, par *A. de Bovet*. — Résistance des terrains sablonneux aux charges verticales, par *P. Yankowski*. — Travaux du V[e] Congrès de navigation intérieure. Compte rendu, par *J. Fleury*. — Le canal d'Amsterdam à la mer, par *J. de Koning*.

Revue générale des chemins de fer. — *Novembre* 1892, n° 5. — Fabrication des châssis de glaces des voitures à voyageurs, par *E. Rousseaux*.

Décembre, n° 6. — Essais comparatifs de soudabilité des aciers fondus, par *Oursel*. — Indicateur-enregistreur de vitesse à mouvement conjugué pour locomotives (système *Hausshälter*).

Comité des Forges de France. — 25 *janvier* 1893, n° 665. — Projet de loi sur l'hygiène et la sécurité des travailleurs dans les établissements industriels.

Génie civil. — 3 *décembre* 1892, n° 5. — Étude du nouveau moteur à vapeur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'éther sulfurique, de Susini, au point de vue de la thermodynamique, par *E. de Marchena*. — L'eau potable dans la banlieue de Paris. Épuration. Filtrage.

10 *décembre*, n° 6. — Recherches expérimentales sur la déformation des ponts métalliques, par *Rabut*. — La roue Pelton, par *Dubois*. — L'électricité dans les mines et la roue Pelton, par *G. Harward*.

17 *décembre*, n° 7. — Enlèvement des neiges dans les villes. — Les tramways électriques chasse-neige aux États-Unis. — Découverte de terrains pétrolifères dans la Limagne d'Auvergne, par *F. Delaunoy*.

24 *décembre*, n° 8. — Résultats comparés d'acier-nickel et d'acier fabriqués aux États-Unis, par *Jules Garnier*.

31 *décembre*, n° 9. — Nouvelle rotule employée dans les nouveaux ponts du Canadian Pacific Railway, par *Lucien Périssé*. — Volume des solides de révolution. — Détermination graphique du centre de gravité des surfaces. — Application à la céramique, par *J. Maitre*.

14 *janvier* 1893, n° 11. — Les mortiers à la soude, par *Ch. Rabut*.

Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse. — *Novembre* 1892. — Sur la théorie des phénomènes de teinture, par *Léo Vignon*.

Revue industrielle. — 26 *novembre* 1892, n° 48. — Traitement du saturnisme par l'électricité. — Application de l'air comprimé à la fabrication de l'acier dans de petits appareils Bessemer. — Cordes en fibres de bois.

17 *décembre*, n° 51. — Fabrication industrielle de peroxyde de sodium, par *Prud'homme*. — Usine de désinfection des eaux résiduaires par l'électricité.

24 *décembre*, n° 52. — De la préparation des pétroles bruts pour leur emploi comme combustible, par *von Wurstemberger*.

7 *janvier* 1893, n° 1. — Creusets électriques de laboratoire de *Ducretel* et *Lejeune*. — Nouveau procédé de fabrication de fils métalliques.

14 *janvier*, n° 2. — Palan Hercule à vis tangente de 30 tonnes, système *Paris* jeune. — Moteurs hydrauliques anciens et nouveaux.

21 *janvier*, n° 3. — Le canal de Nicaragua et la convention nationale de la Nouvelle-Orléans.

Chronique industrielle. — 4 *décembre* 1892, n° 49. — Résultats obtenus à la cristallerie de Baccarat par l'introduction de l'acide métastanique dans la potée d'étain.

11 *décembre*, n° 50. — Procédé de fabrication d'un corps gras saponifiable, de couleur claire, au moyen de suint brun foncé.

18 *décembre*, n° 54. — Système de pressoir à action continue. — Pendule nocturne, système *Embriaco*.

1^er^ *janvier* 1893, n° 1. — Passe-courroie, système *Piat-Forest*.

Bulletin de la Société internationale des Électriciens. — 9 *novembre* 1892. — Sur le rendement des transformations et des distributions par transformation.

7 *décembre*. — Appareils à adhérence magnétique.

La Lumière électrique. — 26 *novembre* 1892, n° 48. — Électromoteur Déri, par *F. Guilbert*. — Préparation du camphre par l'ozone, par *M. de Mare*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

3 *décembre*, n° 49. — Le bitéléphone Mercadier, par *J. Anizan*. — Théorie électro-magnétique de la lumière, d'après Maxwell, par *C. Raveau*. — Les procédés électriques de désinfection (le choléra et le tout à l'égout), par *A. Rigaut*. — Poêle électrique Ahearn.

10 *décembre*, n° 50. — Liquide dépolarisant Schlésinger.

17 *décembre*, n° 51. — Théorie électro-magnétique de la lumière, d'après Maxwell, par *C. Raveau*. — L'électricité et ses applications récentes à la chronométrie, par *Henry de Graffigny*.

24 *décembre*, n° 52. — L'électricité et ses applications récentes à la chronométrie, par *Henry de Graffigny*.

31 *décembre*, n° 53. — Théorie électro-magnétique de la lumière, d'après Maxwell, par *C. Raveau*. — Le cuivre trempé. — Machines à courants triphasés de la maison Siemens et Halske, par *A. Banti*. — Raffinage électrolytique du cuivre, par *Fletcher*.

7 *janvier* 1893, n° 1. — Sur les progrès de l'électricité en 1892, par *P.-H. Ledeboer*. — Recherches récentes sur la mesure des températures par les procédés électriques, par *J. Blondin*. — Plomb fusible Stanley et Kelman. — Turbo-moteur Edwards. — Bain électrolytique double Fletcher. — Électrolyse du chlorure de sodium, procédé Bamberg.

21 *janvier*, n° 3. — Préparation de la gutta-percha, par le *Dr Léon Brasse*. — Recherches récentes sur la mesure des températures par les procédés électriques, par *J. Blondin*.

L'Électricien. — 26 *novembre* 1892, n° 100. — Embrayage magnétique de Bovet. — La recherche des court-circuits dans les bobines.

10 *décembre*, n° 102. — Un rhéostat de lampe à incandescence.

24 *décembre*, n° 104. — Interrupteurs à distance.

31 *décembre*, n° 105. — Coupleur automatique pour la charge des accumulateurs.

14 *janvier* 1893, n° 107. — Les enroulements des machines électriques, par *W. C. Rechniewski*. — Nouvelle méthode de préparation des filaments de lampes à incandescence.

21 *janvier*, n° 108. — La résistance des métaux et des alliages aux basses températures.

Journal de pharmacie et de chimie. — 1er *décembre* 1892, n° 11. — Sur le principe du travail maximum, par *H. Le Chatelier*.

15 *décembre*, n° 12. — Des sucs de fruits; leur conservation, par *Dhamelincourt* père. — Notes sur un sirop de groseilles artificiel, par *Bernhard*. — Dosage de la matière grasse dans les produits du lait, par *Lezé* et *Allard*. — Sur la dissolution du chlorure de bismuth dans les solutions saturées de chlorure de sodium et sur le salicylate basique de bismuth, par *H. Causse*.

1er *janvier* 1893, n° 1. — Sur l'inflammation spontanée des chiffons gras, par *L. Vuaflart*. — Recherches sur le mode d'élimination de l'oxyde de carbone, par *L. de Saint-Martin*. — Préparation du chrome métallique par électrolyse, par *Placet*. — Sur l'analyse des mélanges d'ammoniaque et de métathylamines, par *Quantin*.

15 *janvier*, n° 2. — Tannage des peaux par l'électricité, par *Ridéal*. — Préparation de l'oxygène et son application à l'éclairage, par *Kassner*.

Le Moniteur scientifique. — *Décembre* 1892, n° 612. — Dosage de l'indigotine

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans l'indigo du commerce, par *O. Miller*. — Dosage de l'acide phosphorique et de l'humidité dans les engrais.

Janvier 1893. — Les conquêtes de la chimie durant le dernier quart de siècle, par *J. Wislicenus*. — Sur la solidité des couleurs, par *Hummel*. — Nouveau procédé pour éliminer le soufre contenu dans le fer et l'acier, par *L.-H. Santier*. — Influence des agents atmosphériques sur les propriétés générales de l'aluminium incomplètement purifié. — Exposition des méthodes les plus récentes usitées dans la fabrication des alcools d'industrie.

Revue scientifique. — 14 *janvier* 1893, n° 2. — Le tabac, par *Em. Ratoin*. — Les effets de la fumée d'opium, d'après M. Baret.

Revue générale des sciences. — 30 *novembre* 1892. — Les récents progrès de la mécanique appliquée.

La Nature. — 3 *décembre* 1892, n° 1018. — L'exploration des hautes régions de l'atmosphère, par *Ch.-Ed. Guillaume*. — Distribution de l'eau chaude à Paris, par *G. Mareschal*.

7 *janvier* 1893, n° 1023. — Le pétrole en France, par *A. Charlou*. — Le prolongement souterrain de la ligne de Sceaux, par *L. B.*

21 *janvier*, n° 1025. — Distribution hydro-électrique de travail et d'énergie électrique à Anvers, par *E. Hospitalier*. — Chemins de fer à grande altitude dans les Andes, par *L. B.*

Journal d'Agriculture pratique. — 24 *novembre* 1892, n° 47. — Utilisation des raisins grillés par le soleil, par *L. Bignon*. — Les théories sur le lait, par *Ferdinand Jean*.

1er *décembre*, n° 48. — Valeur foncière du sol de la France, par *E. Lecouteux*.

8 *décembre*, n° 49. — Influence de la répartition des engrais dans le sol, sur leur utilisation, par *H. Schlœsing*.

12 *janvier* 1893, n° 2. — Les olives de Tunisie, par *Ed. André*.

19 *janvier*, n° 3. — Le nouveau rôle de l'ajonc, par *E. Lecouteux*. — Nouvelles variétés de pommes de terre, par *A. D.*

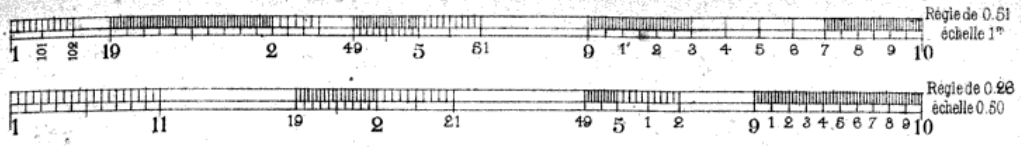
26 *janvier*, n° 4. — La betterave à sucre de l'avenir, par *Ernest Robert*. — Une culture lucrative, par *A. Maubrey*.

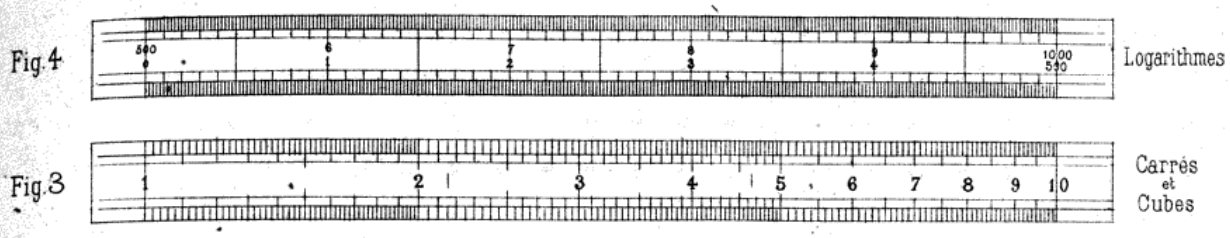
Le Gérant : J.-H. GINESTOU.

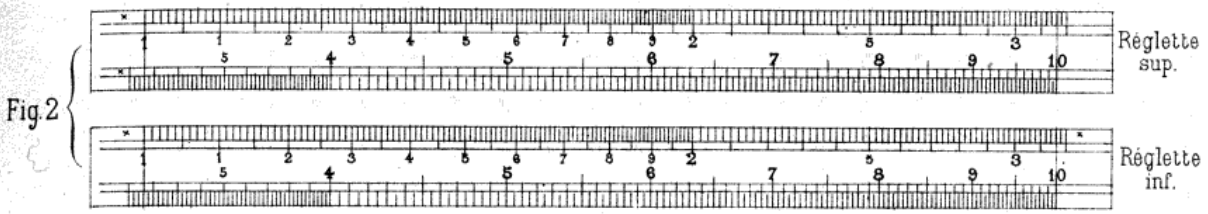
Paris. — Typographie Chamerot et Renouard, 19, rue des Saints-Pères. — 29765.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

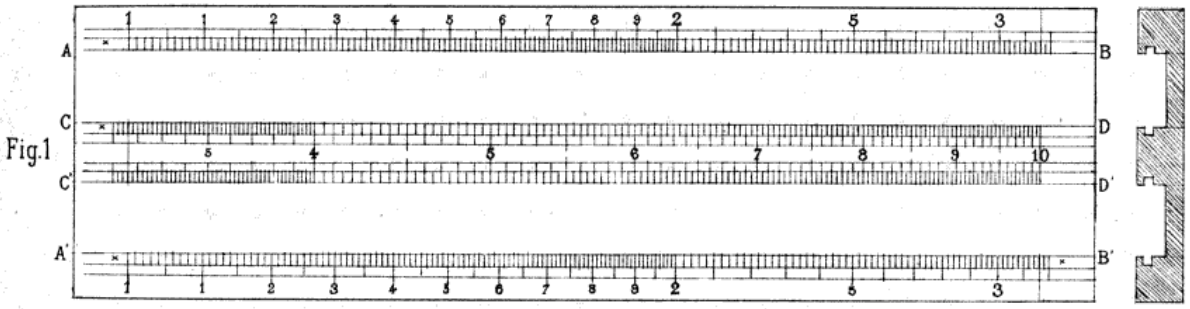
Règle logarithmique à deux réglettes de E. Péraux à Nancy — Fragments d'Echelles.



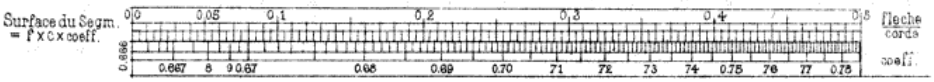


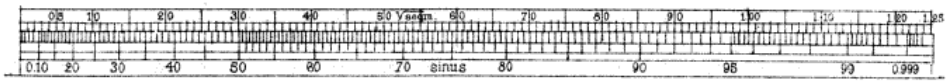


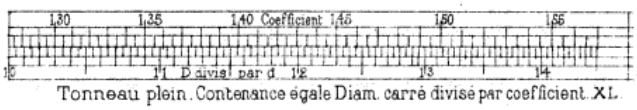
Règle Péraux de 0m14 — Echelle 0m25



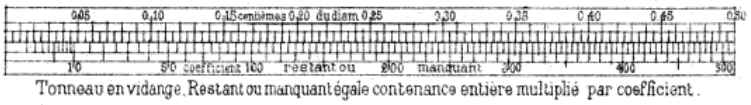
Tables de coefficients à coller au fond des tiroirs sous les réglettes.







Tonneau plein. Contenance égale Diam. carré divisé par coefficient. XL.

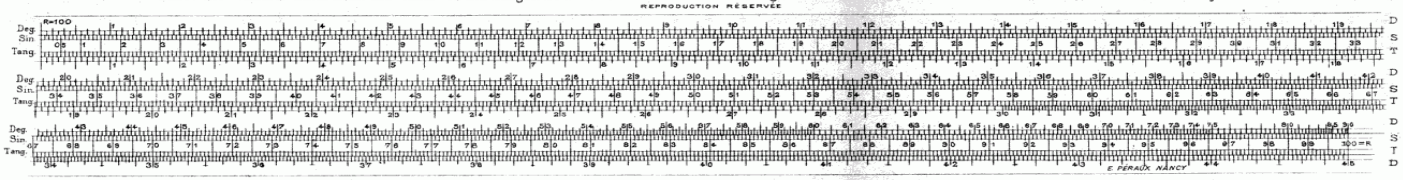


Tonneau en vidange. Restant ou manquant égale contenance entière multiplié par coefficient.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Table des valeurs naturelles des sinus et des tangentes à coller au verso de la Règle à calcul Péraux de 26 centim. à l'échelle 0.50 Rayon=100

REPRODUCTION RÉSERVÉE



Valeurs naturelles en grades des sinus et des tangentes, Rayon=100. Table disposée pour le verso de la Règle à calcul Péraux à l'échelle 0.50

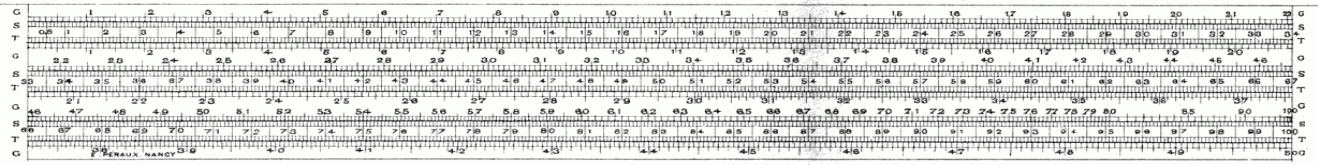
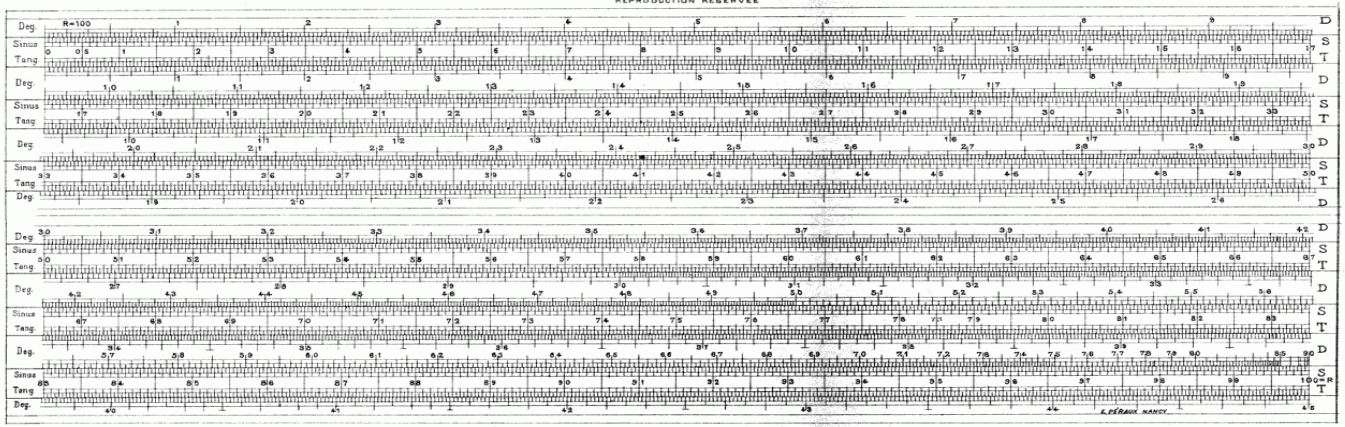
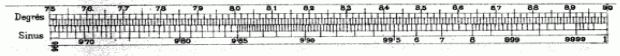


Table des valeurs naturelles des sinus et des tangentes à quatre décimales. Cette table se colle au verso de la Règle à calcul Péraux de 51 cent. à l'échelle de 1.

REPRODUCTION RÉSERVÉE



Application. — Valeurs du sinus et de la tang. de 25° 46'. Sur la ligne marquée Deg. on s'arrête entre 25° et 26° où les divisions sont comptées de 2' en 2'. Le 4me grand trait indique 40' ; le 3me trait entre 40' et 50' indique 46'. La valeur 25° 46' correspond sur les divisions égales de la ligne des sinus au nombre 4347 ; le 4me chiffre 7 est estimé à vue au 7/10 de l'intervalle entre 4340 et 4350. La valeur de la tang. 25° 46' correspond à 4837 sur la ligne inf. des degrés. Si R = 1 on comptera 0,4347 et 0,4827. Inversement le nombre 9700 ou 0,9700 Si R = 1 correspond à sinus 78° 56 et à tang. 44, 07'6.



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

92e ANNÉE. Quatrième Série, Tome VIII. MARS 1893.

BULLETIN

DE

LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

ARTS ÉCONOMIQUES

RAPPORT *fait par* M. MASCART, *au nom du Comité des Arts économiques, sur la* COMMUNICATION DE M. TROUVÉ, RELATIVE A DIVERSES INVENTIONS.

Le succès des Fontaines lumineuses de l'Exposition universelle de 1889 a inspiré à M. Trouvé l'idée de construire des appareils qui permettent de reproduire à peu de frais cette belle expérience.

Les dispositions sont un peu modifiées afin d'économiser la lumière. Au lieu d'éclairer les jets d'eau par des miroirs latéraux, M. Trouvé éclaire vivement une sorte de coupe en verre renversée munie d'orifices convenables pour l'écoulement du liquide ; les faisceaux de rayons se propagent ainsi dans la même région que le liquide. La lumière provient de lampes à incandescence placées au foyer de miroirs paraboliques, de manière à utiliser les rayons directs et une grande partie des rayons réfléchis. Cette méthode s'applique aux démonstrations de cours, à des appareils de décoration intérieur ou même à des jeux de liquides de plus grandes dimensions. M. Trouvé a imaginé en même temps un procédé ingénieux pour faciliter la fabrication des miroirs paraboliques. Cet ensemble de recherches est digne de fixer l'attention de la Société d'Encouragement.

Le Comité des Arts économiques a l'honneur de proposer à la Société de remercier M. Trouvé de son intéressante communication et d'ordonner la publication au *Bulletin* du présent rapport, avec le mémoire remis par l'auteur.

Signé : MASCART, *rapporteur.*

Approuvé en séance, le 10 *février* 1893.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

FONTAINES LUMINEUSES TROUVÉ AUTOMATIQUES, A JETS MULTIPLES ET A FEUX CHANGEANTS, PAR M. TROUVÉ.

MESSIEURS,

Vous avez tous admiré au Champ-de-Mars, à la nuit tombante, lors de l'Exposition du Centenaire, le jeu des grandes fontaines lumineuses, et vous vous rappelez les exclamations qui accueillaient les premières gerbes et les changements intermittents des couleurs. Un succès si populaire m'inspira le désir de démocratiser ce féerique divertissement par la combinaison de fontaines qui pussent décorer nos salons, nos salles à dîner, nos jardins, etc. Et grâce à l'adoption d'un nouveau principe, à la fois plus simple et plus effectif, je crois avoir pleinement réussi.

Ce qui caractérise, en effet, les fontaines lumineuses nouvelles c'est l'englobement total des jets d'eau dans le faisceau lumineux que projettent des réflecteurs paraboliques d'une exacte courbure, sur la construction spéciale desquels je vais revenir plus loin : l'éclairement conserve à peu près son intensité de la base au sommet, quelle que soit, en pratique, la hauteur. Si l'on pouvait obtenir des pressions suffisantes, rien n'empêcherait d'établir, dans les meilleures conditions de fonctionnement, des fontaines lumineuses de plus de 1 kilomètre de hauteur. Aussi avons-nous proposé à M. le Président d'organisation de l'Exposition de 1900 d'ériger à cette date, sur une éminence de Paris, ou voisine de Paris, une fontaine gigantesque où l'eau serait soumise à la pression maxima qu'on peut lui imprimer pratiquement avec les machines hydrodynamiques modernes. Les gerbes s'élèveraient ainsi à une hauteur de 200 mètres à 250 mètres, et leurs feux pourraient être vus de tous les points de la ville et dans un vaste rayon circumurbain. Le jeu très varié des couleurs permettrait, au besoin, de transmettre à travers l'espace des dépêches sémaphoriques.

Si l'on craignait d'éprouver trop de peine à imprimer à l'eau ces pressions colossales de 250 mètres à 300 mètres, — et l'on ne peut guère parler de plus faibles hauteurs depuis la construction de la Tour Eiffel, — rien ne serait plus aisé du moins, grâce à cette Tour, que d'établir une ou plusieurs *cataractes lumineuses* se précipitant de la troisième plate-forme. Quatre bras, par exemple, disposés en gargouilles aux quatre angles, et munis de mes projecteurs paraboliques et des accessoires, lanceraient verticalement de haut en bas leurs cônes de lumière multicolore, et les gerbes d'eau retombantes directement éclairées viendraient vers la terre en s'épanouissant, en se divisant à l'infini en un semis d'étoiles et de pierres précieuses qui, peu à peu, se dissolveraient en un nuage coloré enveloppant le pied de la Tour et les spectateurs. Il va sans dire qu'on pourrait simultanément embraser l'édifice ou panacher par des projections lumineuses de tranches

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les différents gradins de la cataracte. Le spectacle serait assurément fort neuf et grandiose.

La nouvelle fontaine comporte toutes dimensions, depuis les plus faibles jusqu'aux plus gigantesques ; elle est automatique et peu dispendieuse, et sa capacité lumineuse est très élevée. On en peut d'ailleurs commodément harmoniser le style avec celui du milieu dans lequel elle est appelée à figurer.

En petit et très légère, elle revêt la forme d'une *corbeille de fleurs* pour *sur-*

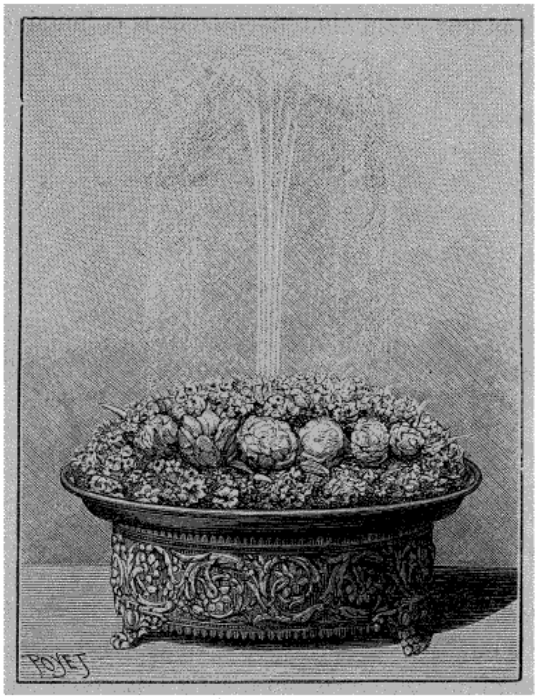


Fig. 1. — Fontaine lumineuse de table et de salon. (*Corbeille de fleurs.*)

tout de table (fig. 1), de *fontaine de démonstration* (fig. 2) pour cabinet de physique, de *fontaine naturelle* (fig. 3) avec bassin et vasque à aspects variés, de *fontaine à gerbe unique centrale* (fig. 4) pour salon, ou *à gerbes multiples* (fig. 5), etc. En dimensions moyennes, des établissements publics et de grands magasins l'ont utilisée comme *attraction;* placée sur chariot, elle fait partie d'un tableau dans un de nos théâtres de féerie. Sous la *forme monumentale* (fig. 6), elle décore quelques jardins privés : elle conviendrait également à l'embellissement de nos grandes places publiques, auxquelles, le soir venu, elle donnerait un aspect peu banal, riche et imposant.

On peut concevoir les fontaines lumineuses comme la combinaison de deux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

appareils, l'un hydraulique, l'autre électrique. Le premier fournit l'eau ; le second, la lumière. Une étroite connexion établie entre eux donne à volonté, selon les conditions des lieux et en visant soit à l'originalité soit à l'économie, ou de l'eau comprimée par le système électrique, ou, au contraire, l'énergie électrique elle-même engendrée par l'alliance d'une turbine hydraulique attelée sur une petite dynamo. Le maximum de commodité, de grâce, de légèreté et d'économie est ainsi atteint en même temps que celui de puissance. Si l'on a beaucoup d'eau sous pression à sa disposition, on en profite pour obtenir le courant électrique. Si la source électrique est puissante et l'eau peu abondante, on utilise l'électricité pour imprimer à l'eau une circulation indéfinie dans la fontaine.

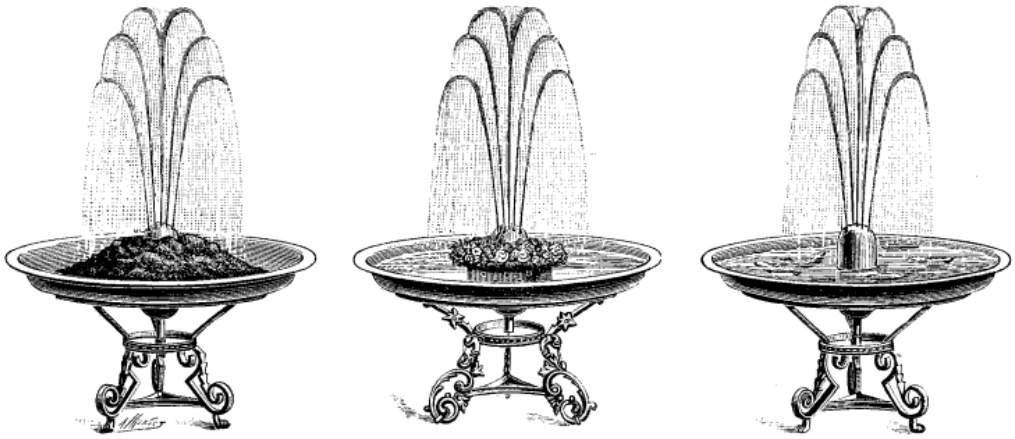


Fig. 2. — Fontaine lumineuse de démonstration pour les cours.

1° *Petites fontaines*. — L'eau est incluse dans un élégant réservoir recouvert sur son pourtour d'une galerie en bronze antique, en bronze vieil argent ou en bronze doré. La compression s'opère au moyen d'une poire de caoutchouc aspirante et foulante que l'on fait agir avec la main, ou qu'actionne le courant électrique lui-même. Lorsque l'eau dont on dispose est rare ou difficile à amener, l'emploi d'une poire de Richardson permet de se servir indéfiniment et continûment de la même eau. La poire ordinaire ne donne qu'une circulation indéfinie mais intermittente.

L'une ou l'autre poire communique par un tube, souple ou rigide, avec l'air du réservoir dont la compression réagit sur l'eau préalablement introduite par un orifice supérieur placé dans la vasque : on presse la poire, et l'eau remonte dans un tube d'adduction la conduisant dans une cloche de verre sans ajutage métallique, mais percée de trous verticaux par où elle jaillit librement. La hauteur du jet est proportionnée à la compression. Un orifice fermé d'un bouton à vis et ménagé au centre de la base du réservoir permet de faire évacuer l'eau dès qu'elle

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vient à se salir. Pour les fontaines un peu grandes, c'est la conduite urbaine ou un agencement particulier qui fournit l'eau sous pression.

L'appareil d'éclairage est entièrement condensé sous la cloche d'où jaillit la gerbe d'eau. Il se compose d'une lampe à incandescence d'une puissance en rapport avec les dimensions de la fontaine. Un écran mû à la main ou par un mécanisme d'horlogerie, hydraulique ou électrique, et composé de verres de couleurs

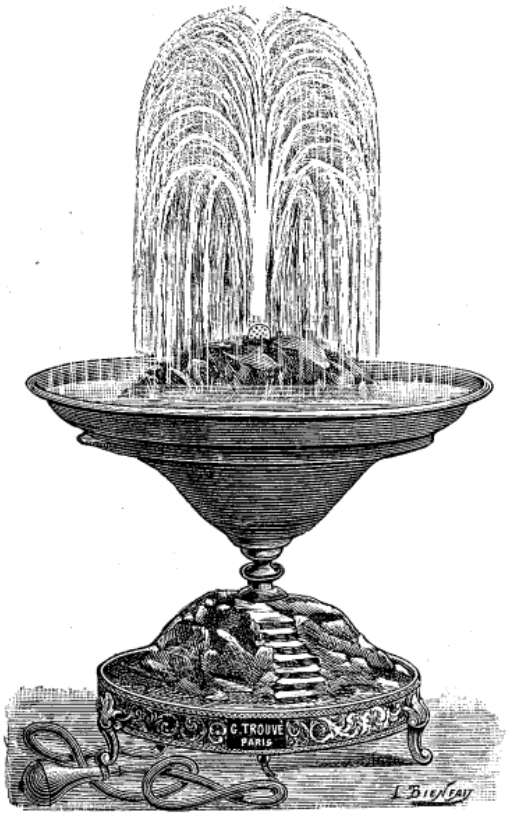


Fig. 3. — Fontaine lumineuse de table et de salon représentant une fontaine naturelle.

diverses, tourne entre le réflecteur et les gerbes. Dès que le courant électrique illumine la lampe, la gerbe d'eau s'éclaire des feux multicolores. L'énergie électrique est fournie par ma batterie automatique qui vous a été présentée.

Des fleurs naturelles ou artificielles, piquées sur un couvercle *ad hoc*, mais de préférence des fleurs en celluloïde (car les débris des fleurs naturelles ne tardent pas à souiller l'eau et à obstruer les petits canaux des cloches de verre et les tubes) donnent à la fontaine l'aspect d'une jardinière ordinaire.

2° *Fontaines moyennes.* — Ces fontaines, dont les dimensions très variables

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

se rapprochent tantôt de celles des petites fontaines, tantôt de celles des fontaines monumentales, n'ont pas de type fixe, non plus que de style spécial. La fantaisie, leur destination sont les seuls éléments consultés dans leur dessin et pour leur construction.

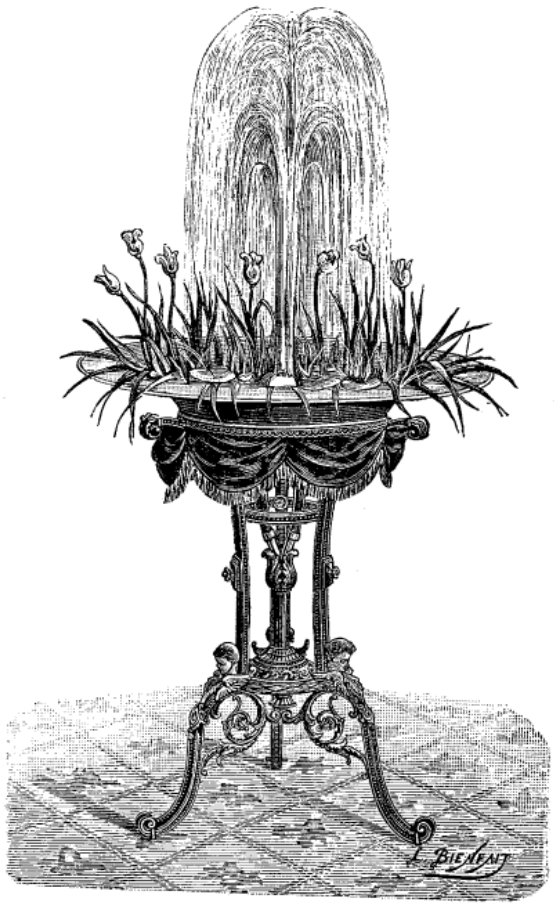


Fig. 4. — Fontaine lumineuse à gerbe unique centrale.

3° *Fontaines monumentales.* — Leurs dimensions et leur dessin sont très arbitraires. Pour fixer les idées, nous décrirons la fontaine que nous avons édifiée à Craig-y-Nos Castle, résidence, au Pays de Galles, de M^me^ Patti-Nicolini. Cette fontaine, placée au milieu du jardin d'hiver du château, est déjà d'une assez grande importance; elle pèse 10 000 kilogrammes environ, et son bassin mesure 6 mètres de diamètre. L'eau provient du grand réservoir qui alimente la serre. Le pouvoir éclairant est représenté par quatre lampes à incandescence de 110 volts, consommant 6 ampères chacune. L'énergie électrique totale est ainsi de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2640 watts, ce qui correspond photométriquement, à raison de 3 watts par bougie, à une intensité lumineuse de plus de 800 bougies. Les lampes sont centrées au foyer de 4 grands réflecteurs paraboliques groupés sous les chambres de verre d'où l'eau s'élance. Comme dans les fontaines d'appartement, les aju-

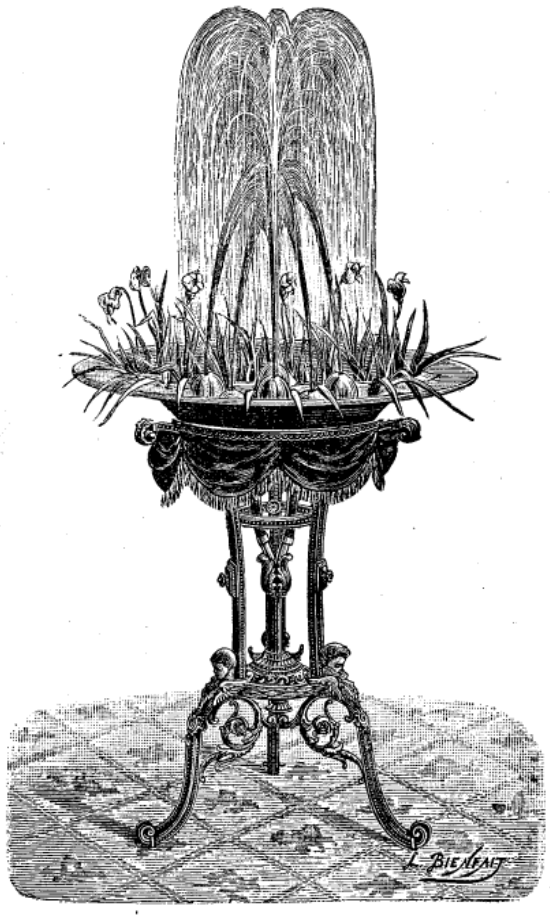


Fig. 5. — Fontaine lumineuse à gerbes multiples et à feux multicolores changeants, construits pour M. Eiffel.

tages métalliques, qui eussent porté ombre, sont éliminés. L'eau qui retombe de la vasque dans le bassin est utilisée à faire mouvoir une petite roue à augets qui commande la rotation de deux disques superposés, homocentriques ou non, faits de verres colorés, et qui tournent entre les réflecteurs et les glaces, soit dans le même sens, soit en sens inverses, avec des vitesses égales ou inégales, à volonté. La combinaison de deux disques à rotations de sens contraires, de vitesses inégales, permet de diversifier à l'infini le jeu des colorations dont la suc-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cession et le mélange composent un nouveau genre de kaléidoscope..., mais un

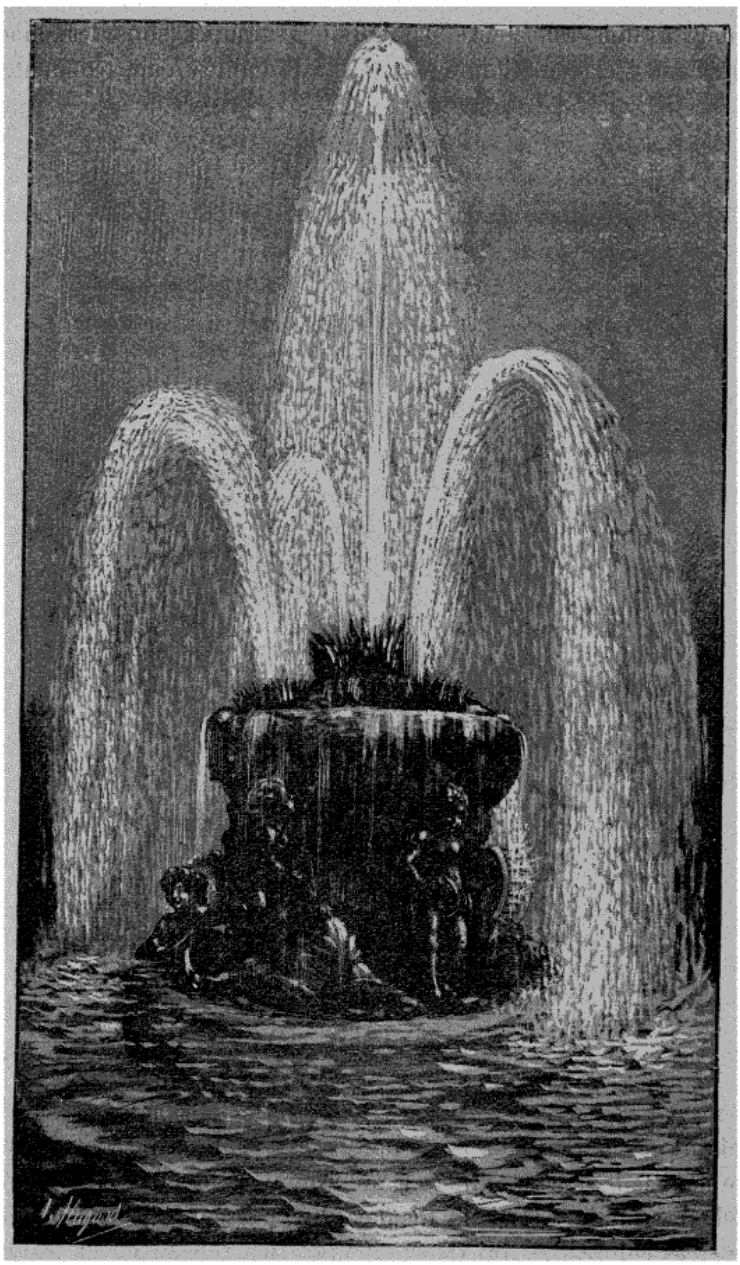


Fig. 6. — Fontaine lumineuse monumentale de Craig-y-Nos Castle.

kaléidoscope de feu. Le moteur est de tout système : hydraulique, électrique ou à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mouvement d'horlogerie; il sert lui-même de motif de décoration. Une cloche avec matelas d'air est montée sur la conduite pour amortir le *coup de bélier* à l'arrivée de l'eau dans la fontaine et empêcher les glaces de se briser.

Voici maintenant le procédé par lequel j'obtiens la courbure parabolique très exacte des réflecteurs : il dérive du procédé classique du tracé des paraboles par trait continu (fig. 7). La règle est en acier et massive, ce qui lui assure une stabilité suffisante. L'équerre, que pousse le long de la règle le crayon ou le burin, est en métal creux, pour la raison contraire. Règle et équerre sont maintenues en contact constant par une sorte de curseur métallique à ressort. Une mince chaîne Galle remplace le fil; elle s'enroule sur un petit treuil porté par l'équerre, et sa

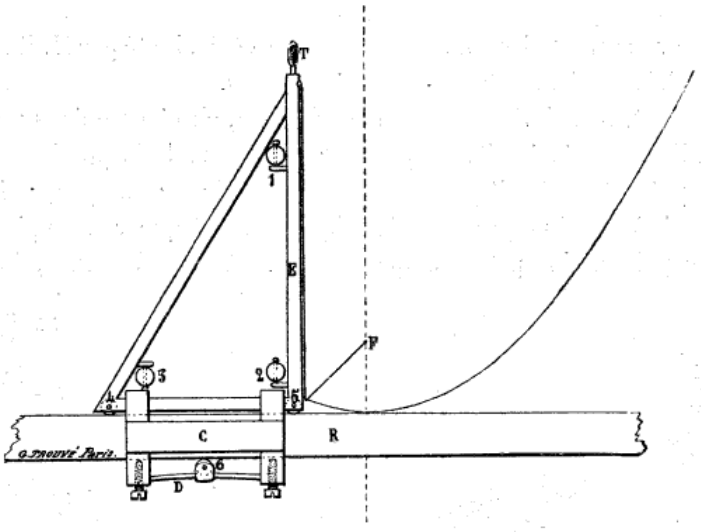


Fig. 7. — Parabolographe.

Légende : Règle d'acier. — E, Équerre en métal creux. — C, Curseur à ressort D de pression.
1, 2, 3, 4, 5, 6, Galets pour transformer le frottement de glissement en frottement de roulement.

longueur se règle facilement, suivant le cas. Le crayon ou le burin sont entaillés d'une étroite gorge qui empêche la chaîne de glisser. La douceur de la translation de l'équerre et du curseur est assurée par de petits galets sur lesquels ils roulent. Une pression légère et continue du burin contre l'équerre la met en mouvement, et la courbe obtenue est d'une grande exactitude. La parabole est ensuite découpée dans la feuille de métal sur laquelle le burin l'a gravée, et les deux pièces détachées peuvent dès lors servir à la confection d'un mandrin creux et d'un mandrin en relief pour le repoussage des réflecteurs.

La simplicité et l'automaticité des fontaines lumineuses nouvelles diminue considérablement les dépenses d'installation et élimine pour ainsi dire les frais d'entretien : leur prix ne dépend donc que de leur fini artistique et de leur gran-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

deur; ces deux facteurs comportent chacun d'ailleurs le plus vaste champ de variation.

Messieurs, permettez-moi encore, avant de terminer, de vous signaler quelques artifices électriques, quelques *trucs*, préconisés au théâtre de la Porte-Saint Martin pour représenter la chute de la foudre. Vous en avez sans doute vu l'effet,

Fig. 8. — Baguette fulgurante.

sans pouvoir vous en rendre compte. Le procédé a été adopté par M. Rochard dans la pièce de *Maître d'Armes*, tableau des *Sauveteurs*.

Couramment, pour imiter l'éclair sur la scène, on réserve dans un décor une découpe en ligne brisée derrière laquelle on enflamme de la poudre de lycopode. Dans le cas présent, il n'était pas possible de recourir à ce moyen, et la substitution que j'y ai faite d'un procédé électrique n'a fait que rendre plus complète l'illusion du public. Une petite lampe électrique à incandescence, dont le foyer

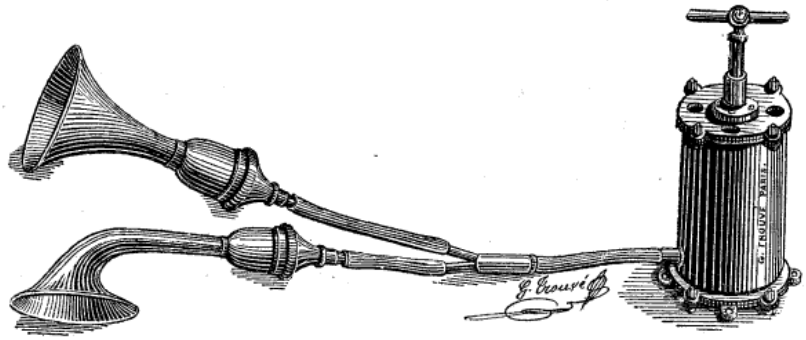


Fig. 9. — Jeu de deux sirènes actionnées par une pompe à double effet.

très concentré est d'une grande puissance lumineuse, est montée à l'extrémité d'une longue tige très flexible, une gaule à pêche (fig. 8) par exemple; un commutateur au pied permet d'établir ou de rompre le courant aux moments précis. Il suffit, avec un tel dispositif, d'agiter vivement en zigzag, de haut en bas, à l'instant voulu, la tige, pour imiter la chute de la foudre. Le bruit de la grêle, que j'obtiens en jetant à la main du gros sable ordinaire contre une claie en osier, et le sifflement du vent, que reproduit le jeu de mes sirènes ou de deux accouplées qu'une pompe à double effet actionne (fig. 9), complète l'effet, et on croit assister à un véritable ouragan.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Avant l'application de mon artifice dans la pièce de *Maître d'Armes*, je l'avais fait adopter, en partie, à l'Opéra, dans le ballet de *La Tempête*. Depuis, il a retrouvé, à maintes reprises, ses premiers succès : je vous citerai, en particulier, sa figuration dans *La Damnation de Faust* au tableau de *La Course à l'Abîme* (théâtre de Monte-Carlo).

CONSTRUCTIONS ET BEAUX-ARTS

RAPPORT *fait par* M. SCHLEMMER, *au nom du Comité des constructions et beaux-arts, sur la* COMMUNICATION *de* M. DE BROCHOCKI RELATIVE A SON SYSTÈME DE PONTS A ARTICULATIONS, PORTATIFS ET DÉMONTABLES, EN ACIER.

I. *Renseignements préliminaires.* — Les ponts métalliques mobilisables, œuvre essentiellement française, ne datent que de la guerre de 1870-71. Le besoin d'un matériel de cette nature et celui d'une organisation préparée d'avance pour établir ou rétablir rapidement les voies de communication étaient bien reconnus déjà dans les grandes guerres antérieures. Sauf les équipages de ponts de bateaux qui ne conviennent qu'à certains cas particuliers, on en était réduit, en campagne, pour l'établissement des ponts, aux ressources locales en bois et en ouvriers spéciaux, et exposé, par suite, à tous les risques de pénurie sous ce rapport.

Après la guerre de 1870, la question de la réparation rapide des ponts et viaducs fut reprise avec vigueur par nos ingénieurs militaires et par divers ingénieurs civils. Le système traditionnel des travaux improvisés, sur place, avec les ressources locales, était définitivement jugé comme ne pouvant offrir que des solutions lentes et aléatoires, admissibles seulement dans des cas exceptionnels.

L'historique des études et constructions nouvelles, répondant aux besoins de la guerre moderne, présente un très grand intérêt; nous devons renoncer, cependant, à l'entreprendre avec tous ses développements dans le présent Rapport, qui sans cela dépasserait les limites d'usage; mais il n'en résultera aucun préjudice pour les archives de notre Société, parce que votre Rapporteur s'est trouvé mis en mesure de combler immédiatement cette lacune, par le dépôt, à la bibliothèque, du volume publié, en 1891, par M. Henry, lieutenant-colonel du génie, sous ce titre : « Ponts et viaducs mobilisables, à éléments portatifs en acier, pour chemins de fer et routes stratégiques. »

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le problème de l'étude des ponts métalliques mobilisables consiste à combiner un système permettant, avec des pièces élémentaires préparées à l'avance, de constituer et de mettre en place très rapidement des travées métalliques de toutes portées, jusqu'à un maximum aussi élevé que possible. Il faut que ces éléments, d'un petit nombre de types, soient relativement légères, interchangeables pour un même type, d'un montage facile et s'assemblant entre eux *sans rivure*.

Dès les premières années qui suivirent la guerre de 1870, le service du génie, en France, se préoccupa de ce problème, en ce qui concerne les travées des ponts de chemins de fer, et se rallia, à ce premier moment, au système du commandant Marcille (actuellement colonel). Ce système comporte des travées formées de tronçons rectangulaires de poutres à âme pleine, à joints verticaux, et boulonnés entre eux dans certaines conditions. La Commission supérieure des chemins de fer, au ministère de la Guerre, après avoir examiné les propositions contenues dans un remarquable mémoire de M. Petche, ingénieur en chef à la Compagnie de l'Est, sur les réparations, au nombre de soixante-dix, de ponts et viaducs, exécutées sur les chemins de fer français pendant les campagnes de 1870 et 1871, décida, en 1879, qu'il serait fait, à l'École du génie de Versailles, un approvisionnement du matériel proposé par le capitaine Marcille.

Ce matériel a été confectionné par les usines du Creusot, qui ont également fourni au parc de Versailles les grues roulantes, les bigues et les nombreux apparaux indispensables pour charger, décharger et manœuvrer les tronçons de ponts, dont le poids, pour quelques-uns, atteint 12 tonnes! Ce chiffre, à lui seul, montre que le programme énoncé plus haut ne se trouve pas réalisé complètement par les ponts Marcille : de pareils éléments de surface ne sont pas, en effet, des pièces relativement légères, d'un transport et d'un montage faciles. Cet inconvénient et d'autres encore ont été mis en évidence par les expériences pratiques faites par l'École du génie de Versailles, et ont déterminé la Commission supérieure des chemins de fer et le service du génie à provoquer la recherche de dispositifs et d'éléments de pont plus faciles à emmagasiner, à transporter et à monter.

Alors se sont produits les types nouveaux étudiés par divers ingénieurs militaires et civils, et par quelques-unes de nos grandes usines de constructions métalliques (Eiffel, Fives-Lille, Cail, Commentry et Fourchambault).

M. le lieutenant-colonel Henry s'est occupé, dès 1873-1874, en Algérie,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sous le gouvernement du général Chanzy, de l'étude d'une *théorie des constructions réticulées divisibles*, susceptibles d'être montées et mises en place par de simples soldats.

De son côté, M. de Brochocki nous a dit s'être occupé d'études analogues, sans en préciser la date; mais les considérations générales développées, par lui, dans sa notice montrent que celle-ci est postérieure à la communication de M. Eiffel du 12 juin 1885. Le système présenté à notre Société, en 1885, par la maison Eiffel rentre, pour la forme, dans la classe de ceux qui comportent des éléments de surface des poutres. Ces éléments sont des *mailles triangulaires*, *indivisibles* et *rivées à l'usine*, tandis que dans les systèmes Henry et Fives-Lilles les *mailles triangulaires sont divisibles* et composées d'*éléments de forme linéaire*, réunis ensemble, sur place, par des *boulons*.

Le système de M. de Brochocki comporte aussi des éléments exclusivement rectilignes, s'assemblant entre eux par articulation sur *tourillons* ou *pivots*, à l'exclusion des boulons.

Le rapport présenté par nous, en 1885, au nom du Comité des constructions et beaux-arts, sur les ponts portatifs du système Eiffel (voir au *Bulletin* de la Société le Rapport approuvé, en séance, le 13 novembre 1885), contient sur l'idée générale du système et sur les résultats de ses applications, tant en France et dans ses colonies qu'à l'étranger, des détails suffisants pour que nous puissions nous borner actuellement à y renvoyer. Les seules remarques à y ajouter sont les suivantes : le système Eiffel répond mieux que celui des ponts Marcille aux diverses conditions voulues par le programme des ponts mobilisables, notamment en ce qui touche la légèreté relative des éléments des poutres; mais d'autre part, au point de vue de l'approvisionnement ou de l'emmagasinement, les éléments linéaires sont d'un emploi plus commode et plus simple que les mailles triangulaires rivées à l'usine. Le voilement ou le gauchissement de ces triangles, lorsqu'il en survient dans le transport, ou même dans le maniement en magasin, peut occasionner des difficultés dans la pose, sur place, des boulons d'assemblage des éléments de poutres. Ce risque semble bien amoindri, et peut être évité par l'emploi d'éléments de forme simplement linéaire. Conformément à tous les précédents, le Conseil de la Société s'est abstenu de se prononcer sur la préférence à accorder à tel ou tel système, comme sur les questions de priorité d'invention.

Le choix entre les systèmes en concurrence appartient, en effet, aux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

administrations qui ont à en faire usage. Cette circonstance s'est rencontrée pour l'administration de la guerre en 1885. La Commission supérieure des chemins de fer voulut se rendre compte, par des expériences comparatives pratiques, et par voie de concours, de la valeur de divers types de travées mobilisables d'un pont de chemin de fer. La Compagnie d'Orléans, sur la ligne de Questembert à Ploërmel, ayant à rétablir un pont de 30 mètres d'ouverture, la Commission s'entendit à cet effet avec ladite Compagnie. Une Commission spéciale, présidée par le colonel du génie Lallemand (aujourd'hui général commandant supérieur du génie au 18e corps d'armée), dirigea les expériences, au commencement de 1886, et constata les résultats du concours.

Quatre systèmes ou types de pont ont été essayés ainsi comparativement, savoir :

1° Le pont amovible du système *Marcille*, construit par *le Creusot;*

2° Le pont mobilisable du système *Henry*, construit par *Fives-Lille;*

3° Le type *Boyer et Marion*, construit par les ateliers *Cail;*

4° Le type de pont de la maison *Eiffel*.

Le type de pont du système Brochocki n'a pas été présenté à ce concours de 1885 et n'a pas été essayé.

On trouvera, aux pages 34 à 37 de l'ouvrage précité du colonel Henry, les détails et les résultats officiels de ces intéressantes expériences comparatives. Ils donnent lieu, entre autres, à cette remarque générale sur la durée du rétablissement d'une travée métallique de pont de chemin de fer, qu'il faut aujourd'hui, grâce à l'emploi des ponts mobilisables, moins d'*heures* qu'auparavant on n'était obligé d'y consacrer de *journées*.

La rapidité d'exécution des ponts de cette espèce pour routes ordinaires et stratégiques est encore plus remarquable. En juillet 1889, le pont en acier, à la fois stratégique et vicinal, système Henry, de 370 mètres de longueur (18 travées de 21 mètres d'ouverture), d'un poids de 260000 kilogrammes, a été entièrement monté et lancé en 50 heures par 240 soldats non préparés à ce genre de travail.

Lorsqu'on rapproche de pareils résultats des faits historiques constatés par les relations de la guerre de 1870-1871 (voir à ce sujet pages 9 à 12 de l'ouvrage précité du colonel Henry), on a pour ainsi dire la mesure des progrès accomplis depuis cette époque et de la valeur de l'outillage actuel du ministère de la Guerre pour la construction des ponts.

II. *Système de ponts de M. de Brochocki.* — En plaçant les renseignements

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ci-dessus au commencement de ce rapport, nous nous sommes proposé d'indiquer avec précision où en était la question des ponts mobilisables, lorsque, dans les séances des 10 et 24 juillet 1891, M. de Brochocki a fait à notre Société une communication sur le système de ponts en acier, à articulations, portatifs et démontables, inventé par lui et qui porte son nom.

Cette communication, renvoyée pour examen et rapport au Comité des constructions et beaux-arts, a été l'objet de remercîments adressés par M. le Président de la Société à M. de Brochocki personnellement. Cet ingénieur, ancien officier du génie russe (auquel une médaille d'argent avait été décernée par notre Société, en mai 1891, pour la part qu'il avait eue dans les premières études du ravivage des limes par l'électricité), est décédé à Paris le 8 décembre 1892. On doit considérer comme une circonstance heureuse le fait que l'expression des remercîments précités ait été formulée dans les séances mêmes où M. de Brochocki a pu encore exposer de vive voix son système de ponts.

Nous avons reçu, en outre, une notice générale rédigée par cet ingénieur sur les différents types de son système de ponts, sous le titre de ponts tubulaires à articulation, portatifs et démontables, en acier. Cette notice est jointe, comme annexe, au présent rapport, parce que, à l'aide des seize croquis qu'elle renferme, elle donne une idée bien nette du système en question; un simple résumé n'y suffirait pas. La lecture des considérations générales (chapitre I[er] de la notice) met en évidence la marche des idées qui a conduit l'auteur à l'invention de son système. Après avoir constaté que les premiers ponts, imaginés au titre de ponts démontables, ne diffèrent des ponts ordinaires, à poutres rivées, que par le remplacement des rivets par des boulons, M. de Brochocki s'attache à signaler les inconvénients qu'il reproche à l'emploi des boulons; il insiste, de plus, sur la nécessité de n'avoir que le plus petit nombre possible des types des différentes pièces constitutives du pont, sur la nécessité de ne faire usage que de pièces de faible poids et sur la préférence qu'on doit donner aux barres simples ou éléments linéaires, comparativement aux figures composées ou éléments de surface, telles que triangles, rectangles ou autres; il estime que l'emploi des boulons doit être évité, autant que possible, pour l'assemblage des éléments.

Le chapitre II, intitulé « Description des différentes parties de l'ouvrage », expose que la charpente du pont, tout en acier, se compose de poutres de rive à treillis (sans montants verticaux) reliées transversalement en bas par les pièces de pont et en haut par des entretoises; que les pièces de pont portent

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les longerons sur lesquels pose le platelage, et que ces pièces de pont, de même que les entretoises, sont contreventées entre elles par des croix de Saint-André; qu'ainsi disposée, la charpente affecte la forme d'un tube rigide à section rectangulaire et admet le passage de la circulation, soit à l'intérieur du tube, soit pardessus.

D'après la notice en question, *cinq types* seulement de pièces différentes composent la charpente du pont; elles sont toutes rectilignes, et dans chaque type elles sont toutes uniformes et identiques entre elles. *Leur assemblage s'opère à articulation, sans l'aide de boulons*, ce qui est l'un des traits caractéristiques du système.

Voici l'énumération de ces types de pièces :

1° La poutrelle; 2° la pièce de pont; 3° l'entretoise (supérieure); 4° le longeron; 5° l'appareil de contrevoûtement; 6° les pièces accessoires (contrefiches, clavettes, rondelles).

L'étude du système conduit à penser qu'il serait mieux de ne pas comprendre dans les pièces accessoires les contrefiches qui relient l'entretoise supérieure, obliquement, avec les deux barres inclinées du treillis, et d'en faire un sixième type distinct.

Pour se rendre compte de l'artifice à l'aide duquel M. de Brochocki supprime l'emploi des boulons d'assemblage des pièces, emploi qu'il remplace par une articulation, il est utile d'avoir sous les yeux, à défaut de modèles ou des dessins exacts, les croquis ou figures de la notice annexée, au présent rapport. Voici comment est constituée cette articulation : L'entretoise supérieure ainsi que la pièce de pont portent, chacune à ses extrémités, deux tourillons d'articulation sur lesquels s'enfilent ou s'assemblent directement les douilles ou les œils qui sont aux extrémités des poutrelles formant les barres inclinées et les cordes horizontales, supérieure et inférieure, du treillis des deux poutres de rive. Les douilles sont retenues sur les tourillons par de simples clavettes qu'on assujettit, quand il s'agit d'un pont à demeure, par une goupille matée sur ses deux extrémités.

Dans le chapitre III de la notice sont exposés le montage et la mise en place des pièces, et dans le chapitre IV on indique les divers types de ponts pouvant être construits dans ce système, suivant qu'on se trouve amené à employer la poutre à treillis simple à triangles équilatéraux, ou le treillis à triangles isocèles, qui rapproche les entretoises, et permet d'augmenter la hauteur de la poutre, ou enfin la poutre à treillis croisé à triangles soit équilatéraux soit isocèles.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans le chapitre V, la notice fait connaître que, pour chaque type de pont, les calculs de résistance servent à établir la portée *maxima* de ce type, imposée par la condition de ne pas exagérer les dimensions et les poids des pièces, qui doivent demeurer faciles à manier et à transporter. Après avoir résumé dans le chapitre VI les avantages attribués au système, la notice fait suivre ce chapitre d'un tableau résumant les données des principaux types de pont du système en question. Le chapitre VII est le compte-rendu des expériences officielles auxquelles ont été soumis, en 1887, deux ponts militaires du système Brochocki construits dans les ateliers de Fourchambault. Nous le reproduisons ici *in extenso*, parce qu'il met en évidence la valeur pratique du système et, par suite, le titre auquel seul, à l'exclusion des simples études ou projets, la Société d'Encouragement s'attache, selon sa constante tradition, dans l'étude des inventions.

Premier Essai (2 février 1887). — Les expériences faites le 2 février 1887 à Fourchambault se rapportent à un pont militaire construit par la Société de Commentry-Fourchambault, de 36 mètres de portée, à treillis simple et à triangles équilatéraux, pesant 457 kilogrammes par mètre courant pour la partie métallique du pont. La Commission militaire était représentée par M. Larrivet, commandant de l'Ecole du génie de Versailles, et par M. Bourdeaux, capitaine du génie.

Les épreuves ont donné les résultats suivants :

Le montage et la mise en place de ce pont, exécutés par des hommes peu expérimentés, n'ont pas duré plus d'une heure et demie.

Passage de deux chariots à deux essieux, chargés chacun de 2 400 kilogrammes et remorqués par six chevaux; il s'est produit sous cette charge une flèche de 14 millimètres (0m,014).

Passage d'hommes pesant, en moyenne, 85 kilogrammes l'un, et marchant au pas, par rangs serrés de 4 de front : flèche produite. 0m,0075

Passage des mêmes hommes au pas gymnastique : flèche produite 0m,007

Pendant ces épreuves, l'amplitude des oscillations, dans le sens horizontal, n'a pas atteint 9 millimètres. Le pont n'a pas subi de flèches permanentes ni de déformation dans aucune de ses pièces, et, lorsqu'il a été déchargé, il a repris son niveau primitif.

Le même pont, soumis ensuite à des essais de résistances, sous des surcharges plus considérables uniformément réparties, on a constaté les résultats suivants :

Surcharges par mètre courant.	675kil.	800kil.	930kil.
Surcharges totales	21 600kil.	25 600kil.	29 760kil.
Flèches correspondantes.	0m,025	0m,0285	0m,0335

La surcharge de 21 600 kilogrammes est restée sur le tablier pendant 66 heures consécutives.

Après ces épreuves, le pont a repris exactement le niveau qu'il avait auparavant, et aucune pièce n'a été déformée ni faussée, bien que les surcharges aient dépassé celles prévues par le calcul.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En présence de ces résultats satisfaisants, et eu égard aux avantages réels de ce système de ponts, la Commission a émis un avis favorable à son adoption, en exprimant, toutefois, sa préférence pour un type plus léger, de 20 mètres de portée seulement, mais extensible à 32 mètres par le doublement des cordes; le poids de la partie métallique de ce pont, par mètre courant, ne devant pas dépasser 250 kilogrammes.

Ce pont a été ensuite installé à l'Exposition maritime du Hâvre de 1887, pour donner accès aux pontons d'embarquement sur le bassin du Commerce. Durant tout le temps de l'Exposition, son fonctionnement a été absolument satisfaisant, et le jury a décerné à cet ouvrage la récompense d'*un diplôme d'honneur*.

Deuxième Essai (21 décembre 1887) de la Commission militaire du génie :

Le pont de 20 mètres de portée, extensible jusqu'à 32 mètres par le doublement des cordes, fut exécuté par la Société de Commentry-Fourchambault, sur la commande du Ministre de la Guerre, et les essais ont eu lieu à Fourchambault, le 21 décembre 1887, en présence de M. Bourdeaux, capitaine du génie à Versailles, et d'un adjoint du même corps.

Les expériences ont porté sur une travée de 24 mètres, dont une partie seulement de la corde supérieure fut doublée. Sur cette longueur, le poids, par mètre courant, de la partie métallique du pont est de 248 kilogrammes.

Le montage du pont, opéré par des ouvriers inexpérimentés, a duré une heure et demie, et son démontage a pris également le même temps.

Vingt hommes ont suffi pour en opérer le lancement, à la main, sur galets, sans le secours d'un autre engin.

Une première épreuve a consisté à faire passer sur le pont des hommes chargés de façon à peser en moyenne 87 kilogrammes chacun, marchant au pas de route, en rangs serrés, par 5 de front.

Cette surcharge, s'élevant à 660 kilogrammes par mètre courant de pont, a produit, momentanément, une flèche de 0m,007

Dans une seconde épreuve, le pont a été soumis au passage d'un chariot pesant 2 400 kilogrammes, monté sur deux essieux distants de 1m,60, et traîné par 6 chevaux attelés deux par deux; le poids par cheval était de 642 kilogrammes en moyenne, et chaque file de 2 chevaux était conduite par deux hommes. La flèche momentanée, sous cette surcharge, a été de 10 millimètres.

Ces deux épreuves furent répétées plusieurs fois. Après chaque épreuve, le pont a repris exactement son niveau primitif, et aucun de ses éléments n'a subi la moindre déformation.

Le type de pont expérimenté offre, au point de vue de son transport, l'avantage que, — en admettant une charge de 400 kilogrammes par cheval de train en campagne, — le matériel complet d'un pont de 32 mètres de portée, y compris le platelage, l'avant-bec, les galets de lancement et l'échafaudage volant pour le montage, pourrait être facilement chargé et transporté dans neuf fourgons de 4 mètres de longueur, attelés chacun de 4 chevaux.

En présence de ces résultats satisfaisants des épreuves allant même au-delà des conditions du cahier des charges, le pont a été reconnu parfaitement apte à livrer passage, en campagne, à l'infanterie et au matériel d'artillerie de campagne. Il a été, en conséquence, accepté par le génie militaire.

Avant de formuler les conclusions du présent rapport, nous soumettons encore à l'appréciation du Conseil les remarques ci-après :

Le système de ponts de M. de Brochocki, tel qu'il a été exposé de vive voix

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

par lui à notre Société et décrit dans sa notice, présente un côté séduisant comme solution rationnellement simplifiée du problème des ponts mobilisables. Il diffère des systèmes de la catégorie à laquelle il appartient (éléments rectilignes) par les points suivants :

1° Réduction à une sorte de minimum du nombre des types de pièces élémentaires différentes;

2° Emploi constant d'une entretoise supérieure, qui donne à la travée la forme d'un tube rectangulaire avec parois à claire-voie;

3° Suppression des montants verticaux;

4° Suppression des boulons d'assemblage, qui sont remplacés par un assemblage se faisant aux nœuds des membrures, au moyen d'un tourillon rivé à chaque extrémité des pièces transversales (pièces de pont et entretoises supérieures);

5° Goupillage des tourillons, ce qui remplace l'écrou fileté des boulons ordinaires. En réalité, ce goupillage n'est pas particulier au système Brochocki : tous les systèmes de boulons ou axes le comportent.

Quant à l'entretoisement supérieur, obligatoire dans ce système, ce n'est pas absolument un perfectionnement, parce qu'il oblige à employer des poutres suffisamment élevées pour donner passage aux voitures : cette hauteur est disproportionnée pour les petites et moyennes ouvertures. L'entretoise supérieure, à moins d'être très élevée, est toujours considérée comme un obstacle dont on se débarrasse quand c'est possible.

Les figures 1, 12, 16, de la notice de M. de Brochocki indiquent, pour les douilles rivées à chaque extrémité des poutrelles de treillis, une forme et un assemblage sur les tourillons des pièces transversales, tels que les barres du treillis ne travaillent pas suivant l'axe des pièces. Il n'y a peut-être pas à insister sur cette remarque, parce qu'il s'agit là de croquis schématiques, et qu'en passant à l'exécution, les ateliers de construction ne laisseraient pas subsister une imperfection de cette nature.

Ces légères réserves faites, il y a lieu de reconnaître, d'après l'expérimentation et les épreuves officielles rapportées ici avec leurs détails expressifs, que pour les voies charretières, les routes militaires et coloniales, et à plus forte raison pour les passerelles de piétons, le système de M. de Brochocki peut rendre d'utiles services. Mis en comparaison avec d'autres systèmes ayant le même objectif, c'est aux administrations qui ont à faire usage de ces constructions à se prononcer, par voie de concours au besoin, sur la préférence qui doit être accordée à tel ou tel système.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nous avons dû laisser de côté la question de l'adaptation du système Brochocki aux ponts de chemins de fer, parce que nous n'avons eu connaissance d'aucune application effective de cette nature; ce n'est qu'après les épreuves de l'expérience et des essais règlementaires de ce système de ponts pour les voies ferrées qu'il pourra être question d'en entreprendre l'examen à ce point de vue qui diffère considérablement, par les sujétions qu'il impose, de celui des voies destinées aux piétons et aux voitures ordinaires.

Comme conclusion des développements qui précèdent, nous avons l'honneur de proposer au Conseil, au nom du Comité des constructions et beaux-arts :

1° De confirmer par son vote les félicitations contenues implicitement déjà dans les remerciements que M. le Président a adressés à M. de Brochocki dans les séances où cet ingénieur a exposé son système de ponts à notre Société;

2° De décider que le présent rapport, avec son annexe, sera inséré au Bulletin de la Société.

Signé : SCHLEMMER, *Rapporteur.*

Approuvé en séance le 27 *janvier* 1893.

NOTICE SUR LES DIFFÉRENTS TYPES DE PONTS DÉMONTABLES ET PORTATIFS PAR M. BROCHOCKI.

I. *Considérations générales.* — L'étude des ponts démontables et portatifs dont on s'occupe seulement depuis quelques années, a pour but de répondre aux besoins suivants :

1° Fournir au génie militaire la possibilité d'établir rapidement des ponts dans toutes les circonstances où l'établissement de ponts de bateaux ou de ponts en matériaux improvisés n'est pas possible, par exemple dans le cas des cours d'eaux rapides, insuffisants de profondeur, très hauts de rives, etc.;

2° Fournir au génie civil la possibilité d'approvisionner les colonies ou les pays dont les ressources industrielles sont insuffisantes, de ponts économiques, d'un transport et d'un montage faciles, n'exigeant pas, pour leur établissement, le concours d'hommes ayant des connaissances spéciales;

3° Fournir aux entrepreneurs de travaux publics, tels que routes, canaux,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

digues, chemins de fer, etc., un matériel permanent de ponts d'un montage rapide, facilement déplaçables d'un endroit à l'autre, suivant l'avancement des travaux, à portée et résistance variables, suivant les besoins.

Les premiers ponts imaginés dans cet ordre d'idées ne diffèrent des ponts ordinaires, à poutres rivées, que par le remplacement des rivets par des boulons.

Ceci est évidemment insuffisant.

Les ponts fixes ordinaires, destinés à être montés sans précipitation, par les soins d'hommes du métier, et avec l'aide d'engins spéciaux, et ne devant surtout jamais être déplacés, sont étudiés en vue de n'employer pour la résistance exigée que le moins de métal possible. De là un grand nombre de types de pièces différentes, en forme, en dimensions et en résistance entrent dans la composition des parties de l'ouvrage.

On doit se placer à un tout autre point de vue pour la construction des ponts démontables, car le trop grand nombre de types différents de pièces exigerait une attention particulière pendant le montage et pourrait produire une confusion désastreuse, dans l'emploi erroné d'une pièce pour une autre.

On a cru remédier à cet inconvénient, en réunissant et en rivant à demeure les pièces immédiatement voisines, en panneaux de treillis similaires, de forme triangulaire, rectangulaire ou autre.

Ces panneaux ne demandent, d'abord, qu'à être boulonnés l'un à la suite de l'autre, pour former les poutres de rive; puis boulonnés aux pièces de pont, et enfin contreventés et entretoisés pour constituer le pont.

Ce perfectionnement notable se traduit, cependant, à un autre point de vue, par un inconvénient sensible : les pièces constitutives de la charpente ne sont plus des barres simples, mais bien des figures composées, telles que triangles, rectangles, ou autres; elles ne présentent donc pas, par suite, une facilité suffisante dans le maniement pendant le montage ni une grande commodité dans le transport, surtout lorsqu'il doit se faire à dos de mulet ou à bras d'homme. De plus, l'assemblage des pièces à l'aide de boulons serrés par des écrous est défectueux et ne garantit pas suffisamment la sécurité du pont.

En effet, il suffit que, dans la précipitation du montage quelques boulons soient omis ou insuffisamment serrés, qu'ils soient ôtés ou desserrés par la malveillance, pour que la rupture du pont sous l'action de sa charge maxima se produise plus ou moins rapidement.

Il est, en outre, facile de se rendre compte des difficultés que l'on éprouve à assembler par des boulons, sur un chantier improvisé, des pièces en forme de panneaux, relativement lourdes et de grande dimension. Ce mode d'assemblage, si l'on veut obtenir une charpente rigide, ne permet, en effet, presque aucun jeu entre les boulons et les trous qui les reçoivent; un écart d'un millimètre dans la présentation de pièce à pièce peut empêcher l'introduction du boulon : forcer

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

son entrée dans les trous serait endommager le filet de la vis, à tel point que le fonctionnement de l'écrou pourrait devenir défectueux ou impossible.

La même éventualité peut se produire à la suite de l'écrasement ou de l'usure de la vis pendant le transport. Il est vrai qu'on peut faire les boulons en acier trempé; mais alors leur solidité dépendra du hasard de la trempe et ils n'en seront pas moins sujets à se rouiller et à se couvrir de boue autant que les premiers, ce qui empêchera toujours le bon fonctionnement de l'écrou.

En résumé, pour qu'un système de pont démontable et portatif réponde entièrement aux exigences de la question, il faut que les conditions principales dans lesquelles ce système est conçu soient de nature à donner toute la facilité désirable dans le maniement, le transport et l'assemblage des pièces isolées qui constituent le pont. Il faut donc que ces pièces soient dans des limites de dimensions et de poids aussi restreintes que possible; qu'elles soient peu nombreuses en types différents; que leurs formes soient simples et rectilignes, et enfin que, pour leur assemblage, l'emploi des boulons soit, autant que possible, évité.

C'est dans cet ordre d'idées, et pour se conformer aux conditions indiquées, que M. Thomas de Brochocki, ancien officier du génie, a combiné le système de pont démontable et portatif dont nous donnons ci-après la description.

II. *Description des différentes parties de l'ouvrage.* — Tout en acier, la charpente de pont se compose de deux poutres de rive à treillis, reliées transversalement haut et bas, par les pièces de pont et des entretoises.

Les pièces de pont portent les longerons sur lesquels se pose le platelage; elles sont, de même que les entretoises, contreventées entre elles par des croix de Saint-André. Ainsi disposée, la charpente affecte la forme d'un tube rigide à section rectangulaire, et admet l'établissement de la voie à l'intérieur du tube ou par dessus.

Cinq types seulement de pièces différentes composent la charpente du pont. Les pièces sont toutes rectilignes, et dans chaque type elles sont toutes uniformes et identiques entre elles. Leur assemblage s'opère à articulation, sans l'aide de boulons.

Ces pièces sont les suivantes :

1° La poutrelle;
2° La pièce de pont;
3° L'entretoise;
4° Le longeron;
5° L'appareil de contreventement;
6° Les pièces accessoires (rondelles, clavettes, contre-fiches).

La *poutrelle* (fig. 1) est la pièce constitutive de la poutre de rive, calculée au maximum de résistance qu'elle doit fournir dans le système; elle forme les barres du treillis, ainsi que les cordes supérieures et inférieures de la poutre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Elle porte, à ses deux extrémités, des douilles *aa*, symétriquement disposées, par rapport à l'axe longitudinal de la pièce, ce qui facilite beaucoup le montage

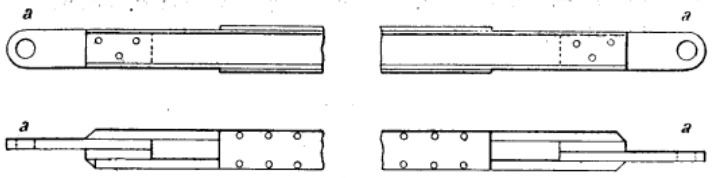


Fig. 1. Poutrelle.

et permet aux organes similaires de la poutre de travailler tous dans un même plan commun.

Les poutrelles s'assemblent directement par leurs douilles, sur les tourillons des pièces de pont et des entretoises, où elles sont retenues par de simples clavettes.

La pièce de pont (fig. 2) porte à ses extrémités les tourillons d'articulation *bb*,

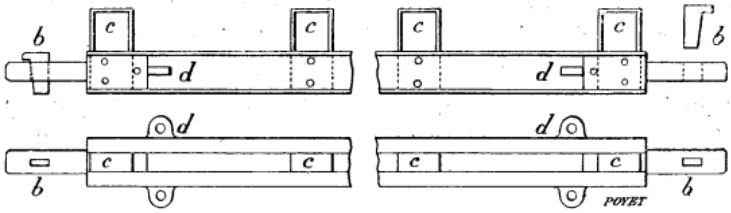


Fig. 2. — Pièce de pont.

sur lesquels s'assemblent les douilles des poutrelles du treillis et de la corde.

Elle porte, en outre, à des distances déterminées, des brides *cc*, destinées à maintenir les longerons, et sur ses côtés, des anneaux d'attache *dd*, destinés à recevoir les crochets de l'appareil de contreventement.

L'entretoise (fig. 3), pièce moins résistante, quoique possédant la même longueur que la pièce de pont, porte à ses extrémités, ainsi que cette dernière, deux

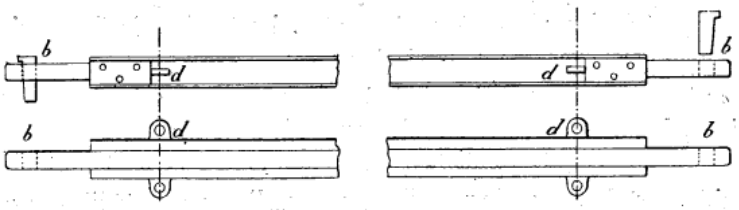


Fig. 3. — Entretoise.

tourillons d'articulation *bb*, et sur ses côtés, deux paires d'anneaux d'attache *dd;* elle reçoit, en effet, de même que la pièce de pont, les douilles des poutrelles du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

treillis et des cordes et les crochets de l'appareil de contreventement.

Les longerons (fig. 4) destinés à supporter le platelage du tablier sont munis, à une de leurs extrémités, d'une double éclisse *a*. L'assemblage d'un longeron avec le suivant s'effectue en passant cette double éclisse par l'ouverture

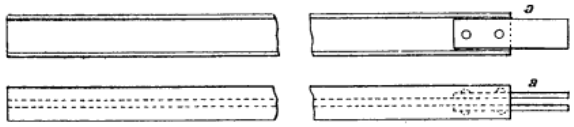


Fig. 4. — Longeron.

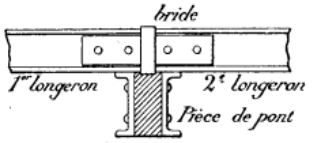


Fig. 5. — Assemblage.

de la bride fixée à la pièce de pont et en lui faisant saisir entre ses deux joues l'extrémité du longeron suivant. Cet assemblage, qui se fait ainsi sans boulon ni aucune pièce accessoire, maintient parfaitement les extrémités des longerons, qui sont, de la sorte, comme encastrés sur la pièce de pont (fig. 5).

Les longerons, ainsi fixés, restent absolument indépendants de l'assemblage de la charpente du pont, de manière qu'on peut les changer ou les doubler, en cas de besoin, sans qu'il soit nécessaire de démonter le pont.

L'appareil de contreventement (fig. 6) s'applique entre chaque paire des pièces de pont et des entretoises. Il est en forme de croix de Saint-André et composé de quatre barres rondes, articulées au centre, sur un appareil de serrage

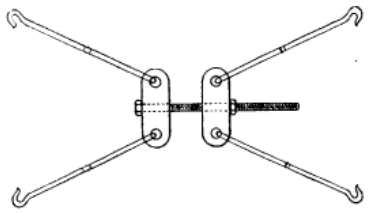


Fig. 6. — Contreventement.

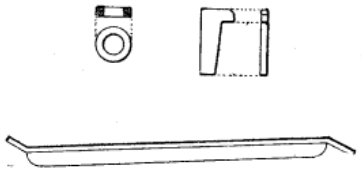


Fig. 7, 8, 9.
Rondelle, clavette et contre fiche.

muni d'une vis de rappel, et terminées par des crochets que l'on place dans les anneaux respectifs des pièces à contreventer. La tension de l'appareil s'opère simultanément par le serrage de la vis de rappel.

Pour le transport de ces contreventements, on replie les barres sur leurs articulations, de façon à former un faisceau rectiligne.

Pièces accessoires : la rondelle (fig. 7) d'une épaisseur identique à celle d'une douille, sert de bague de remplissage pour l'espace resté libre sur les tourillons des pièces extrêmes, entre deux douilles voisines ou sur d'autres tourillons, entre la dernière douille et la clavette de retenue.

La clavette (fig. 8) destinée à retenir les douilles et les rondelles sur les tou-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rillons, traverse ces derniers à l'endroit voulu ; si le pont doit être à demeure, on peut asujettir la clavette par une goupille matée sur ses deux extrémités.

N'étant soumise à aucun effort dans le travail du pont, la clavette peut être remplacée, le cas échéant, par un morceau de fer ou de bois quelconque.

L'absence même d'une ou de plusieurs clavettes ne peut, vu la longueur des tourillons et l'action resserrante des contre-fiches, amener la dislocation du pont.

Les contre-fiches sont destinées à entretoiser la charpente dans le sens transversal ; elles ne sont pas absolument indispensables pour les ponts à treillis simple. Néanmoins, pour donner une plus grande sécurité, et pourvoir d'avance à toute éventualité, l'emploi des contre-fiches a été prévu ; leur application est d'ailleurs aussi simple et facile que celle des contreventements horizontaux. Elles sont formées, en effet, de barres simples à douilles (fig. 9), ou par trois barres à crochet, articulées au centre et munies d'une vis de rappel formant l'appareil de serrage (fig. 10).

Les contre-fiches s'appliquent à l'intérieur du tube de pont, dans les angles

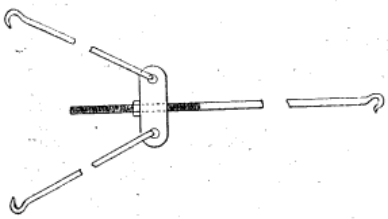


Fig. 10.
Contre-fiche et appareil de serrage.

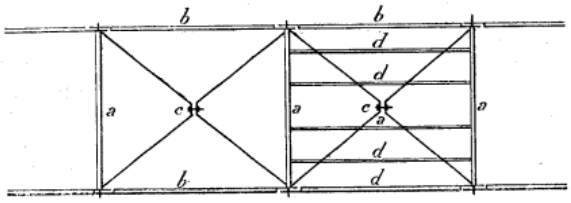


Fig. 11. — Lancement.

symétriques formés par les barres de treillis d'une part, et les entretoises d'autre part, en s'assemblant sur les anneaux d'attache dont sont munies les pièces à entretoiser.

III. *Montage et mise en place.* — Le montage du pont s'effectue le plus commodément sur le sol de la berge de la rivière à traverser, et sa mise en place se fait par voie de lancement ; mais il est évident qu'on peut le monter aussi immédiatement au-dessus de l'intervalle à franchir, en se servant pour cela d'échafaudages et d'engins aussi simples que possible.

En supposant le montage sur une des berges, on commence par disposer perpendiculairement à la rivière, et sur deux files parallèles, avec un matériel disponible, en bois ou en fer, le chemin de roulement qui doit servir au lancement.

Sur ce chemin de roulement, on dispose convenablement les galets de lancement, au-dessus desquels, ou sur des cales provisoires (fig. 11), on place les pièces de pont *a*, espacées, d'axe en axe, à la distance voulue. On relie ensuite toutes les pièces de pont, en emmanchant sur leurs tourillons les douilles des poutrelles

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

b, formant les cordes, et en plaçant le contreventement *c*, en croix de Saint-André, et enfin les longerons *d*.

On procède ensuite au montage en élévation des poutres de rive, en commençant par l'extrémité la plus éloignée du bord de la berge.

Le montage en élévation se fait à l'aide d'échelles doubles ordinaires, munies de plateformes mobiles sur lesquelles se tiennent les monteurs, ou mieux encore, à l'aide de légers échafaudages volants, décrits aux articles spéciaux qui traitent cette question.

Les monteurs, placés à une hauteur convenable (fig. 12), posent sur les appuis des échafaudages *x* les premières entretoises *a*; ils relient leurs tourillons par des poutrelles, d'abord horizontalement, pour former les cordes supérieures *b*, puis obliquement, avec les tourillons des pièces de pont, pour former les barres du treillis *c* de chaque poutre de rive. Ils posent alors, entre les entretoises *a*, les contreventements en croix de Saint-André, puis les contre-fiches, clavettent les tourillons et déplacent les échafaudages sur la portion suivante du tablier, afin d'y exécuter le même travail successivement et progressivement, jusqu'à complet achèvement du montage du pont et de son avant-bec, s'il y a lieu.

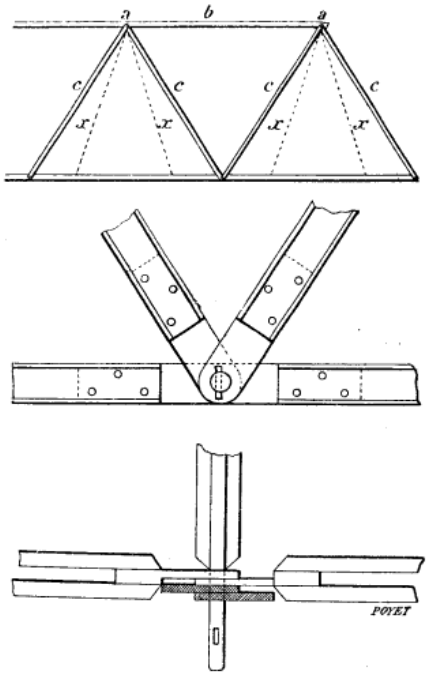


Fig. 12. — Montage.

L'avant-bec est composé, en partie, des mêmes éléments que le pont, et en partie d'un autre type de pièces plus courtes et plus légères que les premières. Son montage s'exécute de la même manière que le montage du pont.

Le lancement du pont opéré, on enlève l'avant-bec, et on prépare la voie pour la pose du platelage.

Pour démonter le pont, on procède de la même manière que pour le montage, mais en renversant l'ordre des opérations successives; c'est-à-dire que, le pont étant ramené sur l'une des berges, à l'aide des galets, sur le chemin de roulement, on le démonte, en commençant par la partie supérieure, et en finissant par le tablier.

Dans le cas où on voudrait fixer à demeure le pont établi, il serait bon d'arrêter les clavettes au moyen de goupilles matées à leurs extrémités.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

IV. *Divers types de ponts qui peuvent être construits d'après le même système.* — Toutes les pièces constitutives de pont sont formées de barres d'acier de profils courants, mais en choisissant le plus convenable pour chaque type de pièces.

Du degré de leur résistance et de leur mode d'emploi dépend naturellement le degré de résistance d'un pont, d'où il résulte qu'on peut créer un nombre infini de types d'ouvrages, à partir des plus légers, tels qu'une passerelle, jusqu'aux plus puissants, tels qu'un pont de chemin de fer. Suivant la nature ou l'emploi spécial de ces types de pont, on varie la forme du treillis des poutres de rive : ce treillis est simple ou à barres croisées, en forme de triangles équilatéraux ou de triangles isocèles. La poutre à treillis simple et à triangles équilatéraux (fig. 13), exigeant pour sa constitu tion le plus petit nombre de pièces différentes, est la plus légère et celle dont le montage est le plus facile et le plus

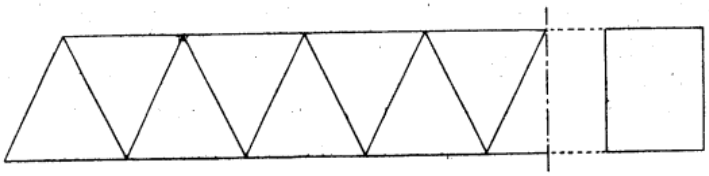


Fig. 13. — Poutre à treillis simple à triangles équilatéraux.

rapide : aussi elle convient tout particulièrement à l'établissement des ponts militaires, des ponts agricoles, des passerelles de tout genre, etc.

La poutre à treillis simple, mais à triangles isocèles (fig. 14), en permettant

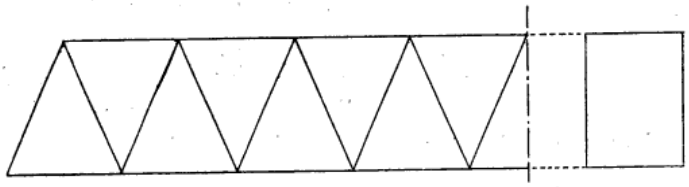


Fig. 14. — Poutre à treillis simple à triangles isocèles.

de rapprocher les pièces de pont, a pour avantage d'augmenter la hauteur libre à l'intérieur du tube et de renforcer la résistance du tablier. Elle convient particu-

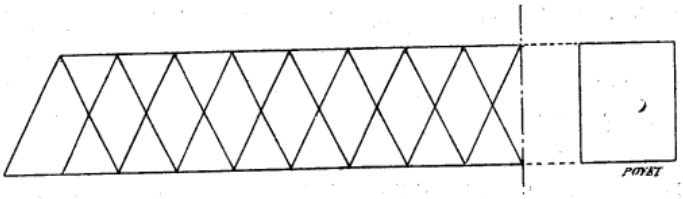


Fig. 15. — Poutre à treillis croisé.

lièrement à l'établissement de ponts-routes et de ponts militaires, pour le passage de la grosse artillerie.

Les poutres à treillis croisé (fig. 15) et à triangles soit isocèles, soit équilaté-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

raux, offrent le maximum de résistance pour des travées à grande portée ; elles sont avantageusement employées à l'établissement des ponts de chemins de fer à voie étroite ou à voie normale, pour l'usage civil ou militaire.

V. *Extension de la portée de chaque type de ponts.* — De même que la diversité de résistance des pièces ou la diversité de configuration du treillis des poutres permet, dans le système, de varier à l'infini les types de ponts, la portion longitudinale plus ou moins grande de l'ouvrage, limitée à chaque extrémité par une pièce de pont, permet de varier les longueurs de travées que chaque type peut fournir au besoin.

Ainsi, par exemple :

La portion isolée de l'ouvrage renfermée entre deux pièces de pont consécutives consistue un élément prismatique de pont ou une travée *minima ;*

La portion renfermant trois pièces de pont constitue un pont à deux éléments ou une travée double de la première ;

La réunion de trois éléments de pont donne une travée à portée triple de la première, et ainsi de suite, jusqu'à l'arrivée à une portée *maxima*, dont la longueur résulte des calculs à établir pour la résistance des poutres de rive.

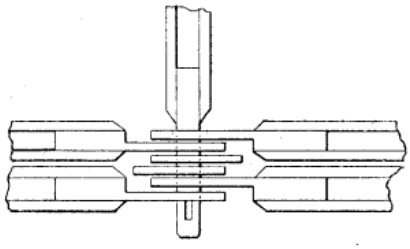


Fig. 16. — Renforcement des pièces.

Or, comme, dans un pont calculé pour le passage d'une charge déterminée, toute prolongation de la travée produit une augmentation progressive des efforts sur les cordes et les barres de treillis des poutres, il est évident qu'en renforçant celles de ces pièces qui sont exposées aux efforts maxima (fig. 16), telles que les cordes, on arrive à pouvoir prolonger la travée de pont d'une longueur relativement très-grande (60 p. 100 environ), et ceci, avec une facilité extrême, en doublant simplement sur les tourillons communs des pièces transversales les pièces du treillis les plus fatiguées.

Il résulte de cette description que, grâce au dispositif particulier du système, on peut, avec un matériel toujours uniforme et identique pour chaque type, établir des ponts à portées variables, tous de même résistance, de même simplicité et de même facilité dans le montage.

Le poids par mètre courant de chaque pont varie naturellement suivant le type dans lequel le pont a été établi ; mais il ne varie qu'insensiblement pour les différentes portées de chaque type.

Afin de ne pas sortir des conditions principales qui doivent caractériser les ponts démontables et portatifs, conditions de la facilité de maniement et de transport des pièces isolées, et pour ne pas exagérer les dimensions et les poids

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de ces pièces, il a fallu limiter les travées maxima des ponts de chaque type.

Dans le tableau qui suit sont indiqués quelques spécimens des principaux types étudiés et pratiquement expérimentés ; mais il reste parfaitement entendu que tout autre spécimen, suivant le cas particulier demandé, peut-être exécuté dans le même système ; il suffit, pour cela, de fournir les données suivantes :

1° Ouverture de la travée entre les appuis ;

2° Poids de la charge roulante et uniformément répartie ;

3° Hauteur et largeur de la voie à établir.

Tableau résumant les données spéciales des principaux types de ponts portatifs et démontables, du système Brochocki, compris dans cette notice.

DÉSIGNATION DES TYPES.			HAUTEUR disponible du pont.	LARGEUR disponible du pont.	LIMITE d'ouverture des travées.	POIDS du métal par mètre courant de pont.	SURCHARGES CALCULÉES pour les travées de la portée maxima.	
							par mètre courant.	Surcharges roulantes.
Type A.			mètres	mètres	mètres	kilogr.	kilogr.	
Poutre à treillis simple et à triangles équilatéraux.	Pont militaire.	à trois longerons.	3,194	3,00	de 4 en 4 jusqu'à 32	de 231 à 269	680	Pièces d'artillerie pesant 2 400 kilogr.
		à cinq longerons.	3,184	3,00	de 4 en 4 jusqu'à 28	de 258 à 291	750	Pièces d'artillerie pesant 4 000 kilogr.
Type B.								
Poutre à treillis simple et à triangles isocèles.	Pont-route.	bordé par 2 trottoirs.	4,00	3,60	de 3 en 3 jusqu'à 36	de 574 à 689	1000	File de charrettes de 6 000 kil. sur un essieu, ou de 8 000 kil. sur deux essieux.

VI. *Résumé des avantages du pont Brochocki.* — 1° Emploi d'un très petit nombre de types différents de pièces, très distincts les uns des autres, de telle sorte que toute confusion pendant le montage est rendue impossible ;

2° Uniformité des dispositions symétriques de chaque pièce du même type, afin que, dans le montage, la pose de la pièce puisse être indifféremment effectuée par l'une ou l'autre de ses extrémités ;

3° Rectitude et faible poids de toutes les pièces, les rendant facilement maniables et transportables ;

4° Assemblage à articulation, et sans aide de boulons, de toutes les pièces, rendant le montage facile et préservant le pont des accidents de dislocation et de rupture ;

5° Faculté d'établir, à l'aide du même matériel, des travées à portées variables, jusqu'à une longueur maxima, déterminée par le calcul, sans préjudice de la résistance constante du tablier ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

6° Faculté d'augmenter, à l'aide du même matériel, la résistance d'une travée à portée maxima, sans que le poids par unité de longueur de cette travée soit sensiblement augmenté.

ARTS MÉCANIQUES

RAPPORT *fait par* M. BRÜLL, *au nom du Comité des Arts mécaniques, sur un* RÉCHAUFFEUR-ÉPURATEUR D'EAU *de* M. F. CHEVALET, *ingénieur-chimiste à Troyes.*

Le carbonate de chaux, insoluble dans l'eau, se dissout, comme on sait, lorsque celle-ci est chargée d'acide carbonique. Il formerait alors, d'après certains chimistes, un sel instable désigné sous le nom de bicarbonate de chaux. Il suffit, en tout cas, de chasser l'acide carbonique de l'eau pour enlever toute solubilité au carbonate de chaux et le précipiter.

On peut chasser l'acide carbonique par l'application de la chaleur ou le saturer par l'addition d'un lait de chaux. Dans ces deux modes de traitement, le carbonate de chaux se précipite.

Le procédé qui consiste à faire déposer le carbonate de chaux par échauffement de l'eau est bien ancien, et divers épurateurs ont été construits d'après ce principe. Un des premiers qui aient été appliqués est celui de Schau.

Cet appareil a été installé avant 1860 sur des locomotives des chemins de fer autrichiens. Il se compose de plateaux à rebords peu élevés disposés les uns au-dessous des autres dans un dôme qui surmonte la chaudière. L'eau d'alimentation est amenée sur le plateau supérieur, d'où elle retombe successivement et en nappe mince sur ceux qui sont au-dessous. Le dôme étant en libre communication avec la chaudière, l'eau léchée par la vapeur est portée à une température élevée. Le carbonate de chaux se dépose sur les plateaux et dans un récipient annulaire situé à la base du dôme. L'eau épurée tombe dans la chaudière par un orifice de trop-plein ménagé dans le récipient. Les dépôts qui se forment sont enlevés de temps en temps.

Un appareil analogue a été présenté en 1859 par M. Wagner, manufacturier à Paris, et construit par M. Durenne, membre de la Société. Deux modèles, l'un pour chaudières fixes, l'autre pour chaudières locomobiles, ont été établis. Ces appareils comprenaient un plus ou moins grand nombre de plateaux mettant l'eau en lames minces en contact avec la vapeur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

De nombreux dispositifs ont été successivement combinés dans les mêmes idées, particulièrement en France et en Allemagne. Nous citerons,

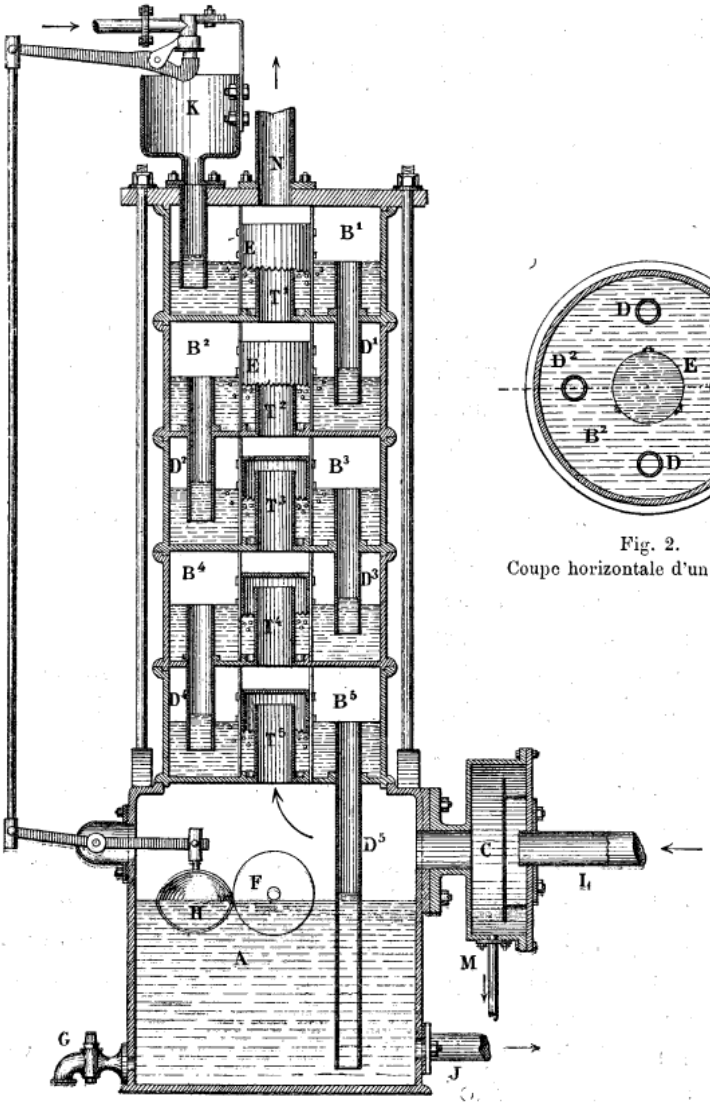


Fig. 1. — Coupe en élévation du réchauffeur-détartreur Chevalet.

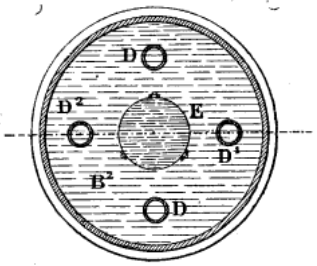


Fig. 2.
Coupe horizontale d'un élément.

entre autres, l'épurateur de M. Lencauchez, ingénieur à Paris, et celui de M. Schröter de Güben.

Mais ces inventions n'ont pas réussi, du moins à notre connaissance,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à pénétrer d'une façon un peu générale dans la pratique industrielle.

M. Chevalet, ingénieur-chimiste à Troyes, qui s'est fait connaître par des perfectionnements apportés à la distillation des eaux ammoniacales provenant de la fabrication du gaz d'éclairage, a repris ce même principe en 1888 et a présenté une solution qui en réalise avec succès l'application industrielle.

Au lieu d'avoir des plateaux de peu de profondeur, M. Chevalet emploie des cuves superposées et communiquant entre elles par des tuyaux de trop-plein posés verticalement. L'eau à traiter arrive dans la cuve la plus élevée, et, dès que son niveau a atteint la tranche supérieure du tuyau de trop-plein, elle s'écoule dans la cuve placée au-dessous et ainsi de suite jusqu'à la dernière, d'où l'eau se rend dans un réservoir inférieur.

La vapeur provenant d'un générateur ou de l'échappement d'une machine motrice arrive à la base de la colonne. Elle s'élève par un tube central dans la cuve inférieure et, grâce à un chapeau cylindrique dont le bord inférieur plonge légèrement dans l'eau de la cuve, elle est obligée de barboter dans cette eau pour gagner l'orifice du tube qui l'amène dans la cuve placée au-dessus de la première. La vapeur chemine ainsi en sens inverse de l'eau, la plus grande partie se condense et le reste s'échappe par un tuyau central qui s'ouvre sur le haut de l'appareil.

Le carbonate de chaux se dépose en concrétions plus ou moins dures dans les cuves, qui peuvent se démonter facilement pour être vidées et nettoyées. C'est dans la cuve supérieure qu'il se forme le plus de dépôt. Avec une colonne de 5 cuves, celle du bas ne donne, d'ordinaire, qu'une faible quantité de boues calcaires.

Le barbotage de la vapeur dans l'eau des cuves et les ébullitions successives auxquelles l'eau se trouve soumise, assurent le complet enlèvement de l'acide carbonique. C'est cette ébullition et ce battage répétés de l'eau en traitement qui différencie l'appareil de M. Chevalet des appareils à plateaux que nous avons cités.

M. Chevalet a créé dix types du réchauffeur-épurateur que nous venons de décrire; ils peuvent chauffer, suivant grandeur, de 125 à 6 000 litres d'eau par heure. Déjà 150 de ces appareils sont en fonctionnement.

L'appareil de M. Chevalet élimine de l'eau la totalité du carbonate de chaux. Si l'eau est, de plus, séléniteuse, on doit recourir soit à l'extraction, soit au carbonate de soude.

En outre de l'économie de combustible et d'entretien due à l'enlève-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment du carbonate de chaux, l'appareil Chevalet permet de récupérer une partie de la chaleur emportée par la vapeur d'échappement. L'alimentation des chaudières se fait avec de l'eau à 100 degrés, moyennant l'emploi de pompes appropriées.

En résumé, M. Chevalet a apporté aux appareils d'épuration des eaux destinées à la production de la vapeur des perfectionnements qui en ont rendu l'emploi avantageux. Vous voudrez sans doute, Messieurs, remercier M. Chevalet de son intéressante communication et ordonner l'insertion dans le *Bulletin* de la Société du présent rapport accompagné d'un dessin dans le texte avec légende.

Signé : BRÜLL, *rapporteur*,

Approuvé en séance, le 13 *janvier* 1893.

LÉGENDE EXPLICATIVE DES FIGURES REPRÉSENTANT LE RÉCHAUFFEUR DÉTARTREUR DE M. CHEVALET.

Le *Réchauffeur-Détartreur* (fig. 1 et 2) se compose d'un réservoir A de capacité plus ou moins grande dans lequel s'emmagasine l'eau réchauffée et détartrée; sur cette eau nage un flotteur H réglant le robinet d'arrivée d'eau froide qui est en haut; au-dessus du réservoir se trouve une série de cuves rondes B^1, B^2, B^3, contenant chacune un tuyau T, une calotte de barbotage E, qui recouvre le tuyau T, et un trop-plein D. Un trop-plein F, une prise d'eau chaude J allant à la pompe alimentaire, un robinet de purge G ou de prise d'eau libre complètent le réservoir A.

En faisant couler de l'eau dans cet appareil, jusqu'à ce que l'eau sorte par le trop-plein F, toutes les cuves B^1, B^2, B^3, se trouvent garnies d'eau jusqu'au niveau des tuyaux T^1, T^2, et les calottes E^1, E^2, plongent un peu dans l'eau.

La vapeur arrivant ensuite au-dessus de l'eau du réservoir A est obligée pour sortir de barboter dans toutes les cuves B^5, B, B^3; elle s'y condense d'abord, chauffe l'eau à 100°, puis va chauffer la cuve supérieure et ainsi de suite jusqu'à ce qu'elle sorte de l'appareil.

Si l'on prend de l'eau en J, le flotteur fait ouvrir le robinet d'eau froide, celle-ci coule dans l'entonnoir, puis elle descend de cuve en cuve par les trop-pleins D^1, D^2, et dans ce parcours elle abandonne tout son tartre dans les cuves B^1, B^2, B^3, B^4.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le tartre tapisse les parois des cuves, les trop-pleins, les barboteurs; il est en plus grande épaisseur dans la cuve du haut et ira toujours en diminuant au fur et à mesure que l'eau descend.

Dans le réservoir A, on ne trouve aucun tartre, si l'appareil a fonctionné régulièrement, mais un peu de vase légère, variable suivant la nature des eaux.

Le tartre déposé à chaud dans les cuves B^1, B^2, atteint jusqu'à 15 ou 20 millimètres d'épaisseur; il n'est pas dur, et est facile à enlever, et le nettoyage des cuves ne demande que quelques heures.

ARTS MÉCANIQUES

RAPPORT *fait par* M. A. TRESCA, *au nom du Comité des Arts mécaniques, sur un* SYSTÈME DE LIMES *imaginé par* M. F. LECLERCQ, *mécanicien, 104, rue de la Roquette, à Paris.*

M. F. Leclercq a présenté à la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale des limes à taille interrompue, de son invention, permettant une plus grande rapidité de travail, en même temps que la division de la lime en parties de faible largeur, séparées par des sillons assez profonds, permet le facile dégagement de la limaille.

L'outil ne s'encrassant pas, n'ayant pas besoin d'être passé, de temps en temps, à la carde, se trouvant, en un mot, dans le même état, à un moment quelconque du travail, produit notablement plus, dans le même temps, qu'une lime ordinaire à taille non interrompue.

Pour obtenir ces outils, M. Leclercq commence par préparer, au laminoir, une ébauche, dans laquelle des sillons inclinés de 30 degrés environ, par rapport à l'axe de la lime, sont obtenus au moyen de parties saillantes dont sont munies les deux cylindres lamineurs, gravés également pour obtenir, dans la même opération, la queue de la lime. La denture est ensuite produite, à la manière ordinaire, soit à la main, soit par des procédés mécaniques.

M. Leclercq destinant ces outils, soit au travail des métaux, soit au travail des bois, il était utile de se rendre compte, dans les ateliers mêmes, de la façon dont ces limes pouvaient enlever la matière, et quels étaient les avantages que ces outils pouvaient présenter, par rapport à ceux du même genre employés dans les industries mécaniques.

Deux premiers essais ont été tentés, l'un chez M. A. Grenot, monteur en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bronze à façon, demeurant dans la même maison que M. Leclercq, l'autre chez M. E. Feret, fabricant d'articles de bourrellerie et de sellerie, demeurant, 19, rue du Faubourg-Saint-Denis.

Chez M. Grenot, des limes à taille fine ont servi pour le dressage de surfaces de cuivre, pour le travail desquelles les limes ordinaires s'encrassent très facilement, s'incrustent de matière enlevée aux surfaces travaillées, venant rayer ces surfaces, lorsque leur dressage est souvent presque achevé.

Les limes à taille interrompue ont permis d'exécuter le même travail, sans être obligé de décrasser l'outil fréquemment à la carde, comme on est obligé de le faire d'ordinaire.

Chez M. Feret, le bois a pu être attaqué par des râpes de même fabrication, et il a été reconnu que l'outil se nettoyait de lui-même, et que, par conséquent, son action sur la pièce en travail restait toujours la même pendant tout le temps de l'opération.

Pour rendre ces essais plus concluants encore, votre rapporteur a demandé au neveu et successeur de notre bien regretté collègue A. Pihet, M. Duval-Pihet, de vouloir bien expérimenter ce genre d'outils dans son atelier de construction de machines, et nous allons résumer les résultats de ces essais.

Les matières travaillées ont été la fonte, dont on avait à préparer de larges surfaces, le fer et le bronze.

Les outils employés avaient des dentures de grandeurs variables, correspondant aux dénominations ordinaires : limes des « une », limes bâtardes et limes douces.

Lorsque, avec ces outils, on a voulu travailler de larges surfaces de fonte, on a reconnu que la lime mordait fort bien le métal, sans s'encrasser, et qu'en croisant le trait, au moment où l'on changeait la direction de la lime, celle-ci roulait un instant sur la pièce, par suite de l'interposition de la limaille qui se dégageait presque instantanément, en passant dans l'une des rainures préparées dans l'outil.

Un premier essai a été fait sur une pièce de fonte qui a été travaillée avec le même outil, lime demi-douce, pendant 30 heures, et l'on a reconnu que la limaille se jetait bien dans les rainures, sans qu'il ait été besoin de recourir au décrassage. La lime se tenait bien en main, et, comparativement avec des limes françaises, de trois marques différentes, mises dans les mêmes mains et pour des conditions identiques de travail, la lime de M. Leclercq a donné, comme travail, un tiers environ en plus.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Un second essai, qui a duré 19 heures, en se servant successivement des deux côtés d'une autre lime demi-douce, a donné absolument les mêmes résultats, quant à la conservation de la lime, dans son état primitif, sauf l'usure, et quant au travail plus considérable que l'on peut effectuer dans le même temps.

En employant des limes bâtardes, de la même construction, il a été possible de constater les mêmes résultats que les précédents, en opérant sur de la fonte, et en continuant le travail pendant 12 heures, à deux reprises différentes.

Une lime à taille plus grosse, la lime des « une », n'a pu donner des résultats bien certains, à cause de la mauvaise qualité de l'acier, et aussi à cause de la trempe de la lime ; mais il a été reconnu néanmoins que la taille

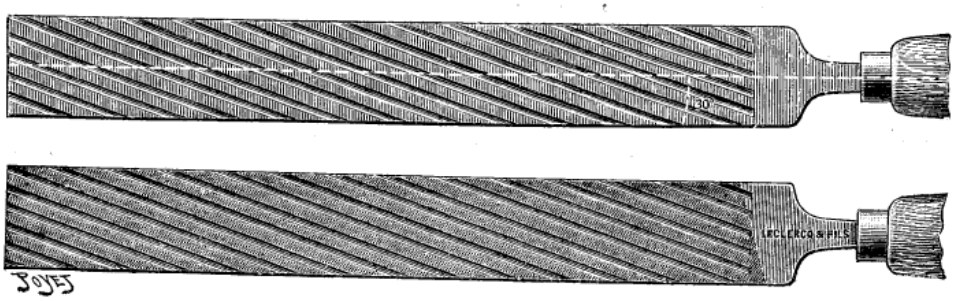


Fig. 1. — Limes système Leclercq.
La première est une lime ébauchée et la seconde une lime terminée.

était bonne et que le dégagement de la limaille s'effectuait dans de très bonnes conditions.

Les essais sur le fer ont permis de constater, qu'avec la lime bâtarde, le dégagement de la limaille s'effectuait parfaitement, que la lime ne s'encrassait pas, et qu'en employant la lime demi-douce, quelques paillettes restées collées demandaient, pour leur enlèvement, l'emploi de la carde, mais sans exiger une fréquence et une durée de cette opération comparables à ce qui se passe avec les limes ordinaires.

Quant au bronze, ces outils se comportent parfaitement bien sur cet alliage, et les essais faits, en employant cette matière, confirment les premiers résultats constatés lors du dressage de plaques de laiton.

Les deux figures ci-dessus (fig. 1) représentent une lime à taille fixe, de la fabrication de M. Leclercq, ébauche et lime terminée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les deux dessins suivants (fig. 2) indiquent deux formes de râpes à taille interrompues : l'une est obtenue par la torsion d'une tige à sections décroissantes, l'autre est préparée au laminoir, comme les limes pour le travail des métaux, dont un exemple est représenté ci-dessus.

En résumé, les nouveaux outils de M. Leclercq, tous basés sur le même principe de la taille ordinaire, interrompue par des sillons, dont l'inclinaison par rapport à l'axe de la lime, est de trente degrés environ, présentent les deux avantages suivants, par rapport aux outils similaires employés :

1° Le dégagement des copeaux et de la limaille s'effectue beaucoup plus facilement dans ces nouveaux outils, et l'encrassage n'existe plus, même en

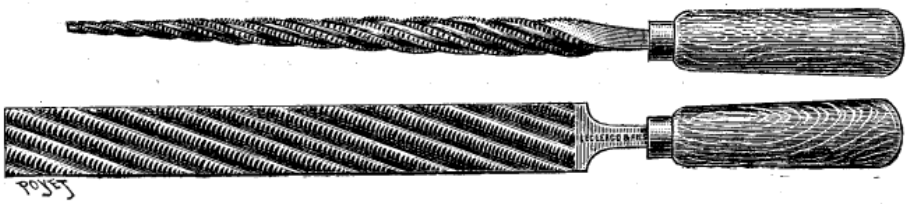


Fig. 2. — Râpes système Leclercq.
La râpe ronde est obtenue par torsion, et l'autre est préparée au laminoir comme les limes à métaux.

agissant sur des matières salissant fortement les limes, comme des laitons de qualité médiocre;

2° L'ouvrier maniant un pareil outil peut augmenter la quantité du travail fait par journée. Il y a donc une économie de main-d'œuvre, que l'on peut évaluer à environ 30 p. 100, lorsque l'on emploie ces nouveaux outils pour le travail des métaux.

En raison des résultats obtenus, et qui viennent d'être résumés dans ce rapport, le Comité des Arts mécaniques a l'honneur de vous proposer d'adresser des remerciements à M. Leclercq pour son intéressante communication, et d'insérer le présent rapport, avec des dessins sur bois de ses limes et râpes, dans le Bulletin de la Société.

Signé : Alf. Tresca, *Rapporteur.*

Approuvé en séance le 10 *février* 1893.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

NÉCROLOGIE

NOTICE NÉCROLOGIQUE SUR M. REDIER, MEMBRE DU CONSEIL D'ADMINISTRATION DE LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE, PAR M. LE COLONEL PIERRE.

MESSIEURS,

La Société d'Encouragement pour l'industrie nationale a perdu, le 30 décembre 1892, l'un de ses membres, M. Redier, qui, depuis l'année 1879, faisait partie du Comité des arts mécaniques. Cette perte sera très vivement ressentie par tous ses collègues du Conseil d'Administration.

Joseph-Antoine-Jean Redier était né le 25 décembre 1817, à Perpignan, où son père exerçait alors la profession d'horloger. A sa sortie du collège, il travaillait dans l'atelier paternel, depuis peu transféré à Montpellier, lorsque l'illustre Arago, compatriote et ami de la famille Redier, frappé des dispositions et de l'intelligence de cet enfant, l'appela à Paris, et le fit entrer à l'École d'horlogerie, alors dirigée par Perrelet.

Pendant son séjour dans cette école, son esprit inventif s'était déjà manifesté par la création d'un compas destiné à diviser le cercle en un nombre quelconque de parties égales.

En sortant de l'École d'horlogerie, il entra chez Henri Robert, sous la direction duquel il travailla pendant trois ans. Ce fut alors qu'un ingénieur opticien, nommé Duplex, lui exposa l'idée d'une invention qu'il venait de concevoir, et lui demanda de la compléter et de la rendre pratique. Il mettait la dernière main à ce travail quand il fut appelé sous les drapeaux; mais il n'y resta que quelques mois, grâce à une somme de 1 500 francs dont Duplex rémunéra son œuvre, et qui lui servit à racheter sa liberté.

Quatre ans après il succéda à l'horloger Duchemin, et c'est à dater de cette époque qu'il réalisa un grand nombre d'inventions nouvelles, toutes empreintes d'une réelle originalité, notamment le réveille-matin et les petites pendules-huitaines qui portent son nom.

La faveur dont elles jouirent immédiatement causa une véritable révolution dans l'horlogerie, et provoqua la création d'une nouvelle industrie qui a acquis aujourd'hui un développement considérable et a fait la prospé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rité du village de Saint-Nicolas-d'Aliermont (Seine-Inférieure). C'est par centaines de mille que ces objets s'y fabriquent depuis 1858.

Jusque-là Redier s'était presque exclusivement appliqué à des travaux relatifs à l'horlogerie. Mais bientôt son esprit inventif s'attacha de préférence à l'étude des questions scientifiques. Rappelons que c'est grâce à ses travaux que Vidie put réaliser son baromètre anéroïde, et en rendre l'usage universel. Plus tard, Redier s'occupa des appareils enregistreurs, auxquels il appliqua d'une manière très ingénieuse la combinaison de rouages connus sous le nom de train différentiel.

La défense nationale lui doit aussi son tribut de reconnaissance. Ce fut lui qui organisa si rapidement la fabrication des aiguilles du fusil Chassepot, qu'il put en livrer 500000 après quelques semaines seulement.

Enfin, il donna son concours aux quatre expositions universelles de 1855, 1867, 1878 et 1889, soit comme exposant, soit comme membre de différents jurys.

A la fin de sa carrière, il avait pris vingt-sept brevets d'invention ou de perfectionnement.

Tant de services éminents rendus à la science et à l'industrie attirèrent l'attention du Gouvernement. Nommé chevalier de la Légion d'honneur en 1863, Redier fut promu officier en 1878, à la suite de l'Exposition universelle, où un grand prix lui fut en outre décerné.

Votre Société avait déjà récompensé cet habile inventeur en lui décernant, en 1877, une médaille d'or pour une *balance enregistrant les variations de poids*. Deux ans plus tard, un vote unanime du Conseil d'administration l'appelait à faire partie du Comité des arts mécaniques.

Pendant les quatorze années que nous avons eu l'honneur de l'avoir pour coopérateur, Redier a rendu à notre Société et aux inventeurs dont il eut à examiner les travaux et les propositions, des services dont nous conserverons tous un souvenir reconnaissant. Ses jugements et ses appréciations étaient toujours justes, ses rapports toujours écrits avec clarté et simplicité; et, quand il croyait devoir repousser une proposition, il le faisait avec une bienveillance et un tact parfaits. Le vide causé par sa mort se fera longtemps sentir dans le Comité des arts mécaniques.

Dans la vie privée, Redier mérite d'être signalé comme un modèle. Marié deux fois, il eut quatorze enfants. Il les éleva tous dans la pratique du devoir, merveilleusement secondé dans cette rude tâche par sa digne veuve, qui s'associa noblement à ses labeurs et aux difficultés d'éducation de tant

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'enfants. Ses six fils et ses trois gendres occupent des positions honorables dans l'armée, le barreau, le professorat, la médecine et l'industrie. Mais, ainsi que me le disait naguère cet heureux père : « Je ne laisserai, en mourant, pas d'autre richesse que mes onze enfants et mes seize petits-enfants. » Ah! Messieurs, n'est-ce pas là la richesse la plus enviable et la plus glorieuse pour l'homme vertueux et regretté que nous sommes fiers d'avoir eu pour collègue?

LISTE DES PRINCIPALES INVENTIONS DE M. ANTOINE REDIER, MEMBRE DU CONSEIL D'ADMINISTRATION DE LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE.

(Les inventions indiquées en italiques ont surtout un but et un caractère scientifiques.)

1835. — Compas à diviser le cercle.
1845. — Montres plates.
1847. — Réveille-matin.
1849. — Tambours-huitaines simples et à réveil.
1852. — Pendules à calendrier.
1852. — Compteurs, mis à zéro.
1852. — Quantité de modèles de fantaisie.
1853. — Pendules à calendrier, grands chiffres.
1858. — *Comparateur chronométrique à coïncidence.*
1860. — *Travail sur le pendule conique.*
1862. — *Oculaire sans erreur personnelle.*
1868. — *Revolver photographique de Janssen.*
1875. — Pendule couronné aux concours de la Ville.
1875. — Compensateur de la pression barométrique.
1876. — *Baromètre monumental.*
1876. — *Baromètre et thermomètre enregistreur.*
1876. — *Hygromètre à cheveu enregistreur.*
1877. — *Balance enregistrant les variations de poids.*
1877. — *Électromètre enregistreur Mascart.*
1877. — Thermomètre médical.
1867. — Compte-tours automatique.
1877. — Sphère mouvante mystérieuse.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1878. — *Balance à équilibre constant.*
1879. — *Enregistreur des mouvements de tangage en mer.*
1880. — *Enregistreur de la marche des compas en mer, pour les courants sous-marins.*
1881. — *Procédé de l'unification de l'heure* (appliqué à l'Hôtel de ville, à la Bourse, aux chemins de fer, etc.).
1886. — *Anémomètre compteur à distance.*
1892. — *Sphère équilibrée.*

ARTS MÉCANIQUES

NOTE SUR L'INSTALLATION DU PATINAGE ARTIFICIEL « LE PÔLE NORD », PAR M. G. RICHARD, MEMBRE DU CONSEIL (1).

Cette installation a été faite, au n° 18 de la rue de Clichy, par la « Compagnie française des moteurs à gaz et des constructions mécaniques »; c'est cette même Société qui avait essayé précédemment l'établissement d'un patinage analogue, de 2000 mètres carrés de surface, à la Plaza de Toros de la rue Pergolèse, essai qui avait échoué parce que la piste, établie par une entreprise étrangère à la Société, laissait l'eau s'échapper comme d'un filtre à mesure qu'on l'y amenait.

L'installation actuelle, qui a, au contraire, parfaitement réussi, comprend, comme tous les établissements de ce genre, deux parties distinctes : la salle des machines frigorifiques et la piste.

La salle des machines frigorifiques ne présente rien de bien particulier. Elle comprend, comme l'indique la figure ci-contre (fig. 1 et 2), une batterie de deux chaudières Babcox Wilcox A, séparées de la machinerie frigorifique proprement dite, et deux compresseurs Fixary CC, horizontaux, à double effet, avec garnitures à joints pâteux (2), de 50000 frigories-heure chacun, conduits par deux machines à vapeur A, de 50 chevaux-vapeur, sans condensation et à distribution du système Stoppani. Ces machines, dont la moitié environ de la puissance est dépensée à faire fonctionner, par une transmission J, l'éclairage électrique de la piste, marchent à 65 tours,

(1) Communication faite à la séance du 11 novembre 1892.
(2) Voir le *Bulletin* de novembre 1889, p. 647.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et attaquent directement les compresseurs, qui ont 280 millimètres de diamètre sur 600 millimètres de course.

Les compresseurs Fixary fonctionnent, comme on le sait, à l'aide d'une circulation de gaz ammoniac toujours la même, refoulée par les tuyaux M, sous une pression d'environ 9 atmosphères, dans les condensateurs DD, refroidis par une circulation d'eau de la Ville, d'où il se liquéfie dans les récipients E, pour aller, de là, se détendre et produire son froid dans les réfrigérents FF, après quoi il revient à l'aspiration des compresseurs, par les tuyaux S, sous une pression d'environ une atmosphère et demie.

Je n'insiste pas sur les détails de cette première partie de l'installation,

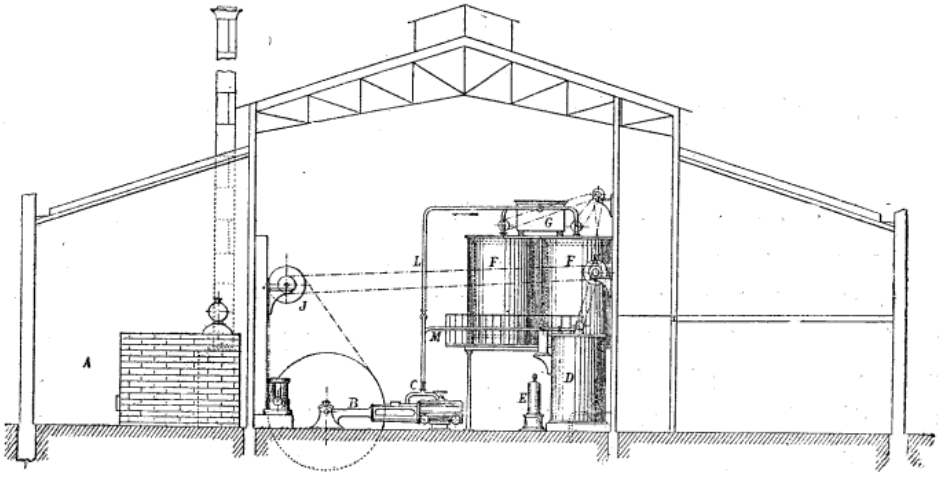


Fig. 1. — Élévation de la salle des machines du « Pôle Nord ».

tels que les robinets de réglage, les liquéfacteurs, les séparateurs d'huile, qui ne présentent rien de spécial à ce cas particulier, et qui sont indispensables dans toute installation de machine frigorifique (1).

La seconde partie de l'installation, la *piste*, est, au contraire de la précédente, entièrement originale, et n'a été exécutée qu'après de longues expériences exécutées dans les ateliers mêmes de la Société : il y avait à vaincre, pour assurer le succès, deux difficultés principales :

1° La construction d'une piste à sole indéformable étanche et non conductrice ;

2° La formation et la conservation d'une nappe de glace absolument unie.

La première difficulté a été résolue en constituant la sole de la piste en

(1) Voir le *Bulletin* de décembre 1889, p. 763.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

deux cours de briques de liège goudronnées, superposées à joints rompus sur un radier de ciment, recouvertes d'une légère couche de bitume puis d'un plomb continu de 3 millimètres d'épaisseur. Cette piste de 40 mètres de long sur 15^{m},50 de large ou de 620 mètres carrés, a parfaitement fonctionné du premier coup sans la moindre retouche.

La seconde difficulté a été résolue par une disposition particulière de la circulation du liquide réfrigérant dans la tuyauterie établie sur la sole de

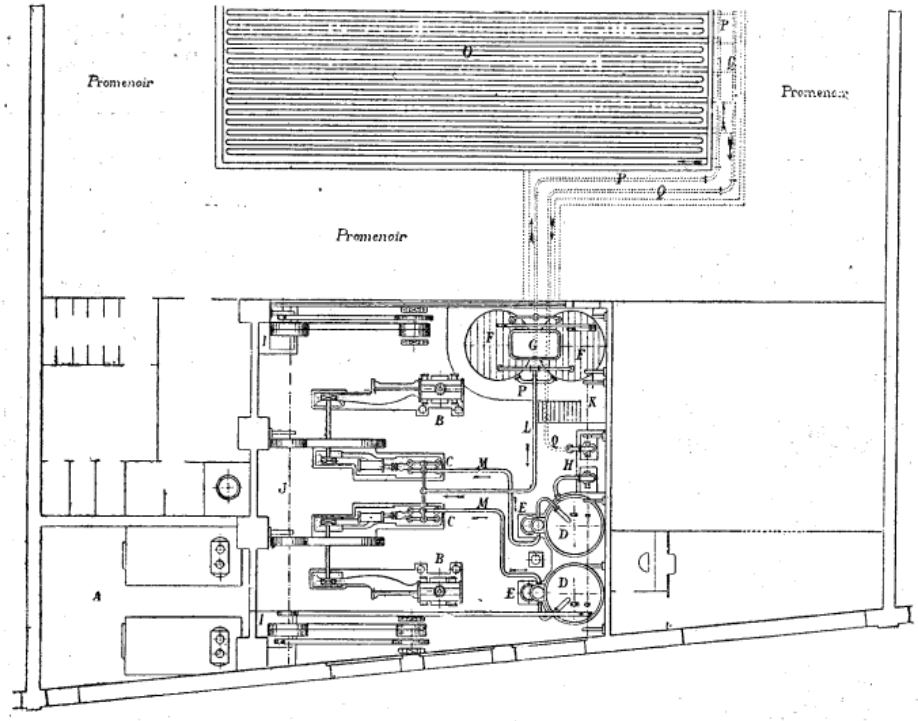


Fig. 2. — Plan de la piste et de la salle des machines.

la piste (fig. 2 et 3). Cette tuyauterie est constituée par environ 4000 mètres de tuyaux en fer de 33 millimètres de diamètre intérieur sur 40 millimètres de diamètre extérieur, divisés en 18 sections de 14 tubes chacune, montés en dérivation sur les deux conduites principales d'aller et de retour P et Q, de 110 millimètres de diamètre intérieur, et au travers desquelles circule indéfiniment, mais tantôt dans un sens tantôt dans l'autre, une dissolution de chlorure de calcium incongelable refroidie par les machines frigorifiques.

Cette dissolution, d'un volume total de 20 mètres cubes, dont 3500 litres dans les tuyaux, est aspirée par exemple de la conduite principale Q par la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pompe centrifuge H, puis refoulée dans les réfrigérants F, d'où elle revient à la piste par la conduite P. Au bout d'un certain temps, une simple manœuvre

Fig. 3. — Coupe transversale de la piste de patinage.

de robinets renverse le sens de cette circulation en faisant l'aspiration par P, et le refoulement par Q. De cette manière, chaque extrémité des sections servant alternativement d'entrée puis de sortie au liquide qui la refroidit, leur

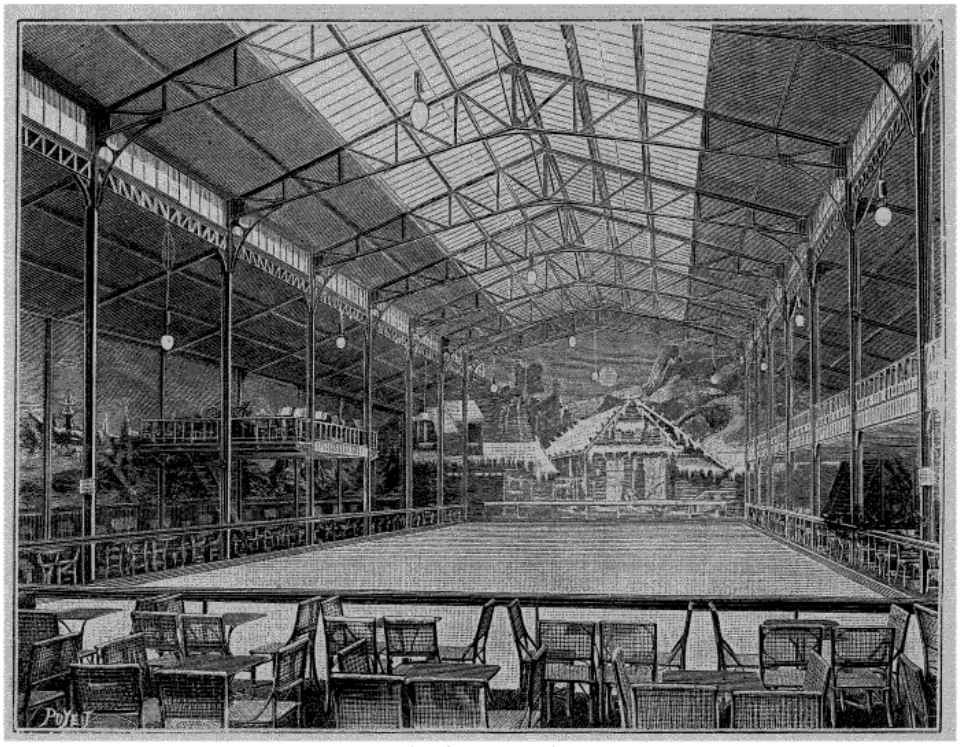


Fig. 4. — Vue de la piste de patinage du « Pôle Nord ».

température moyenne reste la plus uniforme possible, et la glace présente une surface parfaitement unie, au lieu de se vallonner ou de se creuser sur chaque section, comme cela aurait lieu si la circulation ne se renversait jamais. Dans ce dernier cas, en effet, les derniers tubes de chacune des sec-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tions seraient toujours les moins froids, et la glace y serait moins épaisse et moins dure.

Le débit moyen de la circulation de chlorure de calcium est de 45 mètres cubes à l'heure; la température d'entrée est, en moyenne, quand on patine en plein, de — 15°, et celle de sortie de — 12°, ce qui donne une transmission d'environ

$$4500 \times 0{,}800 \times 3 = 108000 \text{ frigories-heure}$$

aux tuyaux de la piste, ou de 175 frigories-heure environ par mètre carré de glace.

Les tuyaux de la piste, espacés de 150 millimètres d'axe en axe, ont une surface totale d'environ 500 mètres carrés, ou de $0^m,80$ par mètre carré de glace. L'épaisseur de la glace varie de $0^m,10$ à $0^m,12$ au-dessus de la sole en plomb.

Après chaque séance, on enlève la neige produite par les patins, et on renouvelle la piste par une coulée d'eau qui circule, à l'aide d'une seconde pompe, pendant toute la durée de sa congélation qui s'opère comme en eau courante; c'est aussi en eau courante que l'on a formé la première glace.

Cette installation fonctionne avec une régularité parfaite depuis l'ouverture du *Pôle Nord,* le 1er octobre dernier, bien que la salle soit chauffée à 15° par un calorifère.

CHIMIE

LES CARBONYLES MÉTALLIQUES, PAR LUDWIG MOND (1)

Le carbonyle de nickel qui a pour composition $Ni(CO)^4$ brûle avec une flamme lumineuse par suite de la séparation du nickel métallique qui devient incandescent. A une température de 200° C, les parcelles solides qu'il contient déposent une couche de nickel brillant, pendant que l'oxyde de carbone est mis en liberté. Le gaz passe à l'état liquide dans un mélange réfrigérant et peut alors être renfermé dans un tube scellé; les vapeurs qu'il produit font rapidement explosion au contact de l'air, sans avoir cependant d'effets très violents; elles ont une odeur caractéristique, et sont très fortement toxiques. Le liquide pur ne fait pas explosion, mais il se décompose rapidement à haute température; quand on en fait des injections sous-cutanées il amène rapidement un abaissement extraordinaire de la

(1) Cet article est extrait du compte rendu d'une conférence faite à l'Institut Royal de Londres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

température, qui atteint quelquefois 12°. Ce liquide peut être distillé, sauf quand il est en dissolution dans d'autres liquides dont le point d'ébullition est supérieur au sien, le nickel se séparant dans un état de division extrême en même temps que l'oxyde de carbone se dégage.

En contact avec des oxydants tels que le chlore, l'acide nitrique, le brome ou le soufre, il se décompose par suite de la formation des sels de nickel et du dégagement d'acide carbonique; par contre, les métaux, les alcalis, les acides ne produisant pas d'action et les sels des autres métaux n'ont aucune action sur lui. Exposé à l'air, il se forme des carbonates de nickel dont la composition varie selon l'état hygrométrique de l'atmosphère. Ces précipités se dissolvent facilement dans les acides.

Si l'on met de l'acide nitrique dans du carbonyle de nickel en dissolution dans de l'alcool, on lui communique une teinte bleue très accentuée (Berthelot).

Le carbonyle de nickel est très diamagnétique (Quincke) et très mauvais conducteur de l'électricité (tous les autres composés du nickel sont magnétiques) il est opaque pour des rayons dont les ondes dépassent 3,820 et le spectre de sa flamme est continu (Liveing et Dewar).

Ci-joint, au point de vue physique, quelques constantes du carbonyle de nickel et du ferro-penta carbonyle.

DÉSIGNATION DES CONSTANTES.	CARBONYLE DE NICKEL	FERRO-PENTA CARBONYLE
Poids spécifique	1.3185	1.466
Point d'ébullition.	43° C	102.8° C
Point de fusion.	— 25° C	— 21° C
Poids moléculaire.	170	196
Densité de la vapeur	6.01	6.5
Coefficient de dilatation. . . .	0.0018	
— de dispersion . . .	1.1236	
Réfraction moléculaire $\frac{\mu}{D}$. . . .	58.63	69.30
Pouvoir magnétique rotatoire.	38.21	
Constante diamagnétique.. . .	-3.131×10^{10}	

Poids moléculaire du diferro-hepta-carbonyle $Fe^2(CO)_7 = 308$

Perkin a découvert que le carbonyle de nickel dépasse, comme pouvoir magnétique rotatoire, toutes les autres matières étudiées, le phosphore excepté; Mond et Nasini ont également reconnu que la réfraction atomique était 2.5 aussi importante que celle des autres composés du nickel, et enfin Nasini a démontré son grand pouvoir de réfraction et de dispersion.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La réfraction atomique du carbonyle de nickel liquide est à peu près la même que celle des autres composés du fer. Les propriétés et la préparation du ferrocarbonyle sont identiques à celles du carbonyle de nickel, et à 180°C le fer se sépare brusquement sous forme miroitante, par suite du dégagement de l'oxyde de carbone ; sa composition est $Fe\,CO^3$.

On a retrouvé du carbonyle de fer dans de l'oxyde de carbone qui avait été comprimé dans un cylindre de fer et on pense que c'est sa présence qui occasionne le dépôt que l'on trouve (Roscoe) quelquefois sur les brûleurs de gaz de stéatite. On en a également trouvé dans le gaz comprimé employé pour la lumière oxhydrique (Thorne) ; Garnier suppose que l'on peut aussi en découvrir dans les hauts-fourneaux fonctionnant à une trop basse température et que c'est l'origine de la formation des forts dépôts d'oxyde de fer qui se produisent dans les conduites qui partent des fourneaux ; mais l'auteur pense qu'il est difficile de croire que la température puisse jamais y être assez basse pour permettre la formation du carbonyle de fer. Ce corps se comporte avec les acides et les autres oxydants comme le carbonyle de nickel, mais il se dissout dans l'alcali et donne un dépôt sans dégagement de gaz sous forme de précipité verdâtre composé principalement de protoxyde de fer hydraté. Mis en contact avec l'air ce liquide prend une teinte brune par suite de l'absorption de l'oxygène pendant que le peroxyde de fer hydraté est précipité.

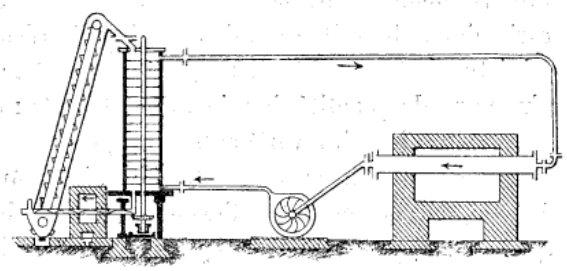


Fig. 1. — Appareil proposé pour l'extraction du nickel.

On s'est occupé, au point de vue industriel, de l'extraction du nickel du minerai au moyen de l'oxyde de carbone. Afin de résoudre le problème, tout en restant dans les limites des ressources que présente un laboratoire, les auteurs de cette découverte imaginèrent un appareil dont un croquis ci-contre montre le principe (fig. 1).

Cet appareil consiste en un cylindre divisé en plusieurs compartiments dans lequel on fait passer lentement, au moyen d'agitateurs fixés sur un arbre central, le minerai préalablement préparé ; en quittant le cylindre, le minerai est transporté par une vis d'Archimède vers son élévateur à godets qui le remonte à la partie supérieure du cylindre, en sorte qu'il y passe plusieurs fois, jusqu'à ce que le nickel soit complètement volatilisé. On introduit par la base du cylindre de l'oxyde de carbone qui, après l'avoir traversé, s'échappe à la partie supérieure chargé de vapeur de carbonyle de nickel, pour être ensuite amené par la conduite représentée ci-dessus dans des tubes chauffés dans un foyer à une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

température de 200°C, et dans lesquels le nickel se sépare du carbonyle de nickel. L'oxyde de carbone régénéré est ramené vers le cylindre au moyen d'un ventilateur, de manière que le même gaz peut, dans son passage à travers le minerai, se charger indéfiniment de nouvelles quantités de nickel au fur et à mesure qu'il dépose dans les tubes.

Le Dr Langer a construit sur ce principe, et à très petite échelle, un outillage complet qui a fonctionné longtemps dans le laboratoire du conférencier. Le cylindre de volatilisation est divisé en nombreux compartiments au travers desquels passe le minerai. On peut préparer d'une façon quelconque le gaz oxyde de carbone, et quand il arrive à la partie supérieure du cylindre on le fait passer dans un filtre pour le débarrasser de toute la poussière qu'il pourrait transporter.

L'oxyde de carbone, en quittant les tubes où s'opère le dépôt, passe dans un filtre semblable, puis dans un purificateur à chaux pour le débarrasser de l'acide carbonique dont il pourrait être chargé. L'ensemble de cette installation en miniature est actionné par un petit moteur électrique; il peut extraire du nickel d'une grande quantité de minerais différents : opération dont la durée, selon la nature du minerai, a varié entre quelques heures et quelques jours.

On installe en ce moment, à Birmingham, un outillage complet à grande échelle, afin de permettre d'exploiter ce procédé en grand. Les avantages de ce système sont : sa grande simplicité et les facilités qu'il offre pour obtenir de suite du nickel métallique pur, d'une cohésion parfaite et sous toutes les formes désirables telles que tubes, reproductions d'œuvres d'art, etc. Ce résultat est obtenu en déposant le nickel dans des moules chauffés, ce qui pourrait devenir une concurrence sérieuse pour le nickelage par la galvanoplastie, système en usage aujourd'hui.

Le conférencier montre alors des échantillons des différents minerais travaillés par ce procédé, puis des tubes, des plaques, des objets de nickel pur et des objets nickelés provenant du laboratoire de M. Mond; en terminant, il attire l'attention sur la possibilité de pouvoir satisfaire à l'avenir aux demandes toujours croissantes de nickel pur, en insistant sur ce fait que l'alliage d'acier et de nickel présentant de grands avantages au point de vue de la fabrication des plaques de blindage, la certitude de disposer d'un abondant approvisionnement de nickel à bon marché devient une question de haut intérêt national.

(*The Journal of the Society of chemical Industry*).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

SÉANCES DU CONSEIL D'ADMINISTRATION

PROCÈS-VERBAUX

Séance du 10 février 1893.

Présidence de *M. Tisserand*, Président.

M. E. Garnier, constructeur d'instruments agricoles à Mormant (Seine-et-Marne). — Machine dite *Essauveuse*. (Agriculture.)

Le Président du patronage industriel des enfants de l'ébénisterie sollicite de la Société l'allocation qu'elle veut bien lui accorder chaque année. (Bureau.)

M. Mangin, route de Fontainebleau, 4, à Paris-Gentilly. — Appareil mécanique propre à préserver la vigne des gelées tardives du printemps, etc. (Agriculture.)

M. le Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts demande à la Société de lui envoyer des bulletins, mémoires, etc., publiés en 1891, destinés à l'Exposition de Chicago. (Exposition du Ministère.)

M. Julias Galla, à Riga (Russie), a découvert une matière équivalant à la gutta-percha ; il peut la fournir au prix de 12 cop. argent par livre russe. (Arts économiques.)

M. Berthélemy, constructeur d'instruments de précision, rue Dauphine, 16. — Abaque mécanique, destiné au calcul des coordonnées rectangulaires. (Arts économiques.)

Un Anonyme, C.-G. — Moyen d'arrêter le mouvement de la terre.

M. A. Basin, à Lillers. — Note sur l'éclairage en mer de la route des paquebots. (Constructions et Beaux-Arts.)

Les ouvrages suivants sont signalés dans la correspondance imprimée :

Ministère du Commerce et de l'Industrie. — Rapport à M. le Président de la République sur les opérations des caisses d'épargne ordinaires. Année 1891. — *Office du travail. Notes et comptes rendus.* Fascicule III. — *Statistique des grèves survenues en France pendant les années* 1890 *et* 1891.

Ministère des Travaux publics. — Statistique des chemins de fer au 31 décembre 1889. — Documents divers, 2e partie. — France. — Intérêt local. — Algérie et Tunisie.

Statistique des chemins de fer français au 31 décembre 1891. — Documents principaux.

L'Année scientifique et industrielle, par *Louis Figuier*, trente-sixième année, 1892

Collection Léauté. — État actuel de la marine de guerre, par *Bertin*. — *Industrie des cuirs et des peaux*, par *Ferdinand Jean*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Revue de la législation des mines et statistique des houillères en France et en Belgique, sous la direction de *M. Émile Delacroix*. — Novembre et décembre 1892.

Les luttes entre sociétés humaines et leurs phases successives, par *J. Novicow*. 1 vol. in-8, de la Bibliothèque de philosophie contemporaine, Félix Alcan éditeur.

M. le colonel Pierre lit une notice nécrologique sur *M. Redier*, membre du Conseil d'administration de la Société.

M. le Président remercie *M. le colonel Pierre;* cette intéressante notice sera insérée dans le Bulletin de la Société.

Rapports des comités. — *Fontaines lumineuses.* — *M. Mascart* fait, au nom du Comité des arts économiques, un rapport sur les appareils imaginés par *M. Trouvé* pour reproduire, à peu de frais, la belle expérience des fontaines lumineuses.

Il décrit les divers moyens employés par M. Trouvé et propose, au nom du Comité des arts économiquos, de remercier l'inventeur de son intéressante communication et d'ordonner l'insertion au Bulletin du présent rapport avec le mémoire remis par l'auteur.

Ces conclusions sont adoptées.

Réchaud. — *M. Bardy* fait, au nom du Comité des arts économiques, un rapport sur le système de réchaud de *M. Allain*. Ce réchaud à alcool à brûleur d'amiante peut brûler sans mèche et sans danger dans toutes les positions, debout, couché ou retourné. Sa flamme est réglable et l'appareil est très économique.

Le Rapporteur propose, au nom du Comité des arts économiques, de remercier M. Allain de son intéressante communication et d'insérer le présent rapport au Bulletin avec le dessin de l'appareil.

Ces conclusions sont adoptées.

Système de limes. — *M. Tresca* fait, au nom du Comité des arts mécaniques, un rapport sur un système de limes imaginé par *M. F. Leclercq*, mécanicien, rue de la Roquette, 104.

Ces limes, à taille interrompue, permettent une plus grande rapidité de travail, en même temps que la division de la lime en parties de faibles largeurs, séparées par des sillons assez profonds; le dégagement de la limaille est facile.

En raison des résultats obtenus, le Comité des arts mécaniques propose au Conseil de remercier M. Leclercq pour son intéressante communication, et d'insérer le présent rapport au Bulletin, avec deux dessins sur bois des outils.

Ces conclusions sont adoptées.

Communications. — *Machines agricoles.* — *M. Maximilien Ringelmann*, directeur de la station d'essais de machines, fait une communication sur l'exposition des machines agricoles.

M. le Président remercie *M. Ringelmann* de son intéressante communication, et le prie d'en faire une rédaction qui sera renvoyée à la Commission du Bulletin.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Séance du 24 février 1893.

Présidence de *M. Tisserand*, Président.

M. Poirrier, sur les instances de M. Troost, président du Comité des arts chimiques, retire sa démission de membre du Comité des arts chimiques.

M. Jaubert, parc du Trocadéro, demande une nouvelle annuité de brevet pour ses appareils propres à enseigner l'astronomie. (Arts économiques.)

L'Union athlétique indépendante annonce qu'elle se fusionne avec l'*Union française des sports athlétiques.*

M. Leclercq, mécanicien, rue de la Roquette, 104, sollicite l'aide de la Société pour les services qu'il a rendus à l'industrie. (Arts mécaniques.)

M. James Jackson envoie de Nice un tableau de diverses vitesses exprimées en mètres par seconde.

M. Blum de Lamothe, rue de Clichy, 67. — Note relative à l'éclairage des mines par l'électricité, faisant suite à la communication d'un système nouveau destiné à prévenir l'explosion du grisou dans les mines. (Arts économiques.)

M. Claret, directeur général de l'Exposition de Lyon, envoie le règlement général de cette Exposition universelle, internationale et coloniale, en 1894.

M. Théodore Tiffereau, rue du Théâtre, 130, à Paris-Grenelle, adresse de nouveaux travaux sur la production artificielle des métaux précieux et sur l'accroissement du cuivre métallique par M. Le Brun de Virloy, ingénieur civil des mines. (Arts chimiques.)

M. Siegfried, ministre du Commerce, de l'Industrie et des Colonies, correspondant de la Société, adresse une affiche-programme du Concours pour l'attribution de bourses commerciales de séjour à l'étranger. (Bulletin.)

Les ouvrages suivants sont signalés dans la correspondance imprimée :

L'agriculture et la main-d'œuvre, par *Marcel Vacher*, membre de la Société; cette étude a obtenu le grand prix agronomique de la Société des Agriculteurs de France.

Mémoire sur la presse continue à pulpes, réalisant le travail même de la presse hydraulique, par *D.-A. Casalonga*, ingénieur civil, membre de la Société.

Affaire de Panama devant la première chambre de la Cour d'appel. — Plaidoirie de *M. Waldeck-Rousseau* pour M. Eiffel.

Bibliographie des travaux historiques et archéologiques, publiée par les sociétés savantes de France. — Tome II.

Nomination d'un membre de la Société. — Est nommé membre de la Société *M. Rosel*, ingénieur à Paris, présenté par *M. Dulac.*

Rapports des comités. — *Épuration des eaux.* — *M. Roussin* fait, au nom du Comité des arts chimiques, un rapport sur un mémoire de *M. Buisine* relatif à l'épuration des eaux d'égout par les sels ferriques.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le mémoire de M. Buisine décrit les procédés qu'il a employés avec succès sur les eaux d'égout de Roubaix et de Tourcoing à l'aide du sulfate ferrique, à raison d'environ 20.000 mètres cubes par vingt-quatre heures, ainsi que sur celles de la ville de Paris.

Le Comité des arts chimiques est d'avis que le travail de M. Buisine présente un réel intérêt et fournit à la solution pratique de l'épuration des eaux d'égout des expériences nouvelles et précises. En conséquence, il propose d'adresser des remerciements à l'auteur de cette communication, et d'insérer le présent rapport, accompagné du mémoire présenté, dans le Bulletin de la Société.

Ces conclusions sont adoptées.

Mélange des liquides. — *M. Prunier* fait, au nom du Comité des arts économiques, un rapport sur le procédé de *M. Marix* pour amener au contact intime les liquides qui ne se dissolvent pas.

En examinant la question de plus près, on se rend compte que les procédés dont il s'agit, outre qu'ils constituent un progrès incontestable sur les pratiques anciennes, ont, d'autre part et dès à présent, des applications assez générales, en ce qui concerne l'alimentation, pour intéresser tous ceux qui peuvent consommer des aliments dans lesquels il entre du lait ou du beurre.

C'est une application fort ingénieuse de divers principes combinés de manière à constituer une nouvelle méthode industrielle qui conduit à des résultats pratiques tout à fait remarquables.

C'est pourquoi le Comité des arts économiques propose d'adresser des remerciements à *M. P. Marix*, par l'intermédiaire de *M. Lezé*, au sujet de son intéressante communication et de voter l'insertion au Bulletin du présent rapport avec les figures nécessaires pour faciliter l'intelligence du texte.

Ces conclusions sont adoptées.

Communications. — *Concentration de l'acide sulfurique.* — *M. L. Kessler* fait une communication sur son nouvel appareil à concentrer l'acide sulfurique, dont plusieurs grandes usines se servent depuis quelque temps avec succès.

Il fait remarquer que cet appareil répond à son heure aux nouveaux besoins de l'industrie, qui réclame des acides de plus en plus concentrés ; que les appareils en verre, en platine et en porcelaine employés jusqu'ici présentent chacun des défauts graves.

Le verre ne peut être utilisé qu'avec l'acide au soufre, qui tend à disparaître complètement du marché, et pour l'obtention seulement de l'acide à 66° commercial, qui correspond à 65°,5. La casse en devient trop importante aussitôt que l'acide dépasse cette limite et ne boût plus que par soubresauts.

La porcelaine, que M. Kessler a le premier employée en grand (Lunge, p. 403 ; Sorel, p. 445), résiste un peu mieux ; mais elle devient également trop fragile lorsqu'à l'emploi de l'acide fabriqué par les pyrites se joint une évaporation à haut

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

degré qui, rendant le fer insoluble, la tapisse d'un sel très dangereux.

Tous deux d'ailleurs, étant mauvais conducteurs de la chaleur, emploient trop de combustible.

Quant au platine, dont le prix avait doublé, bien que son premier appareil à cuvettes en ait réduit de plus de trois quarts l'usure journalière, et en raison de ce que cette usure est décuplée pendant la concentration de l'acide à 66° couvert, cette usure devient en réalité à peu près prohibitive.

Le nouvel appareil, contrairement à tous ceux qui ont été employés jusqu'ici, ne fait plus intervenir la transmission indirecte de la chaleur au travers des parois du vase. M. Kessler envoie directement dans l'acide même les gaz surchauffés provenant soit d'un foyer à coke, soit d'un calorifère traversé par de l'air.

Ces gaz, ou cet air, y entrent à une température presque rouge, et n'en sortent plus qu'à 60 ou 80° centigrades.

L'appareil, d'un genre fort simple, est construit, soit en lave, soit en grès naturel ou céramique. Ses dispositions intérieures sont assez semblables à celles des appareils à colonnes formées de plateaux superposés de Cellier Blumenthal qui servent à la distillation des spiritueux.

Le mouvement des gaz est déterminé de préférence par une aspiration à l'aide d'un appareil à jet de vapeur, en sorte qu'aucune fuite d'acide n'est possible.

La température relativement basse à laquelle se produit la concentration permet de refroidir l'acide sortant au moyen de celui qui entre, sans refroidissement complémentaire ni emploi d'eau.

M. Kessler n'a pas davantage recours au refroidissement pour séparer les dernières traces d'acide entraînées par les gaz. Il les filtre simplement à travers du coke en grains, et il fait rentrer l'acide ainsi récupéré dans le haut de sa colonne. La vapeur d'eau, seule et non condensée, s'échappe au dehors.

Dès lors, plus de poêles de concentration préparatoire, plus de contamination par le plomb provenant de leur fait, plus de petits acides, plus de pertes possibles ni d'émanations quelconques, plus d'usure de platine ; mais une économie notable de combustible, une pureté de produits plus grande, les gaz nitreux; l'arsenic même disparaît.

M. Kessler estime que son appareil, qui rend déjà ces grands services, remplacera bientôt la tour de Hower, avec des avantages non moins considérables. C'est à quoi il est occupé en ce moment.

M. le Président remercie *M. Kessler* de son intéressante communication, qui est renvoyée au Comité des arts chimiques.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

BIBLIOGRAPHIE

JOURNAUX ET REVUES

Comptes rendus de l'Académie des Sciences. — 23 *janvier* 1893, *n°* 4. — Sur l'équation de Van der Waals et la démonstration du théorème des états correspondant, par *G. Meslin.* — Sur le poids atomique du palladium, par *A. Joly* et *E. Leidié.*

30 *janvier*, *n°* 5. — Décomposition des aluminates alcalins en présence de l'alumine, par *A. Ditte.* — Action de la vapeur d'eau sur le perchlorure de fer, par *G. Rousseau.* — Sur les deux combinaisons du cyanure cuivreux avec les cyanures alcalins, par *E. Fleurent.*

27 *février*, *n°* 9. — Propriétés physiques du ruthénium fondu, par *A. Joly.*

Annales des Mines. — *Janvier* 1893. — Nouvelle méthode pour le dosage du fluor, par *Adolphe Carnot.*

Revue générale des chemins de fer. — *Février* 1893. — Emploi du quebracho pour les traverses de voie des chemins de fer, par *G. Poulet.*

Le Génie civil. — 28 *janvier* 1893, *n°* 13. — Application de la traction électrique par accumulateurs aux tramways de Paris, par *Max de Nansouty.*

4 *février*, *n°* 14. — Application de la traction électrique par accumulateurs aux tramways de Paris, par *A. Bayon.*

11 *février*, *n°* 15. — Les appareils de levage mus par l'électricité et les ponts-roulants électriques, par *J.-A. Montpellier.*

18 *février*, *n°* 16. — Le chemin de fer électrique entre Vienne et Pest, par *Henri Danon.*

Bulletin de la Société de l'Industrie minérale, tome VI, 1892. — Note sur les hauts-fourneaux de Ria, par *P. Duthu.* — Le Boghead d'Autun, par *C.-Eug. Bertrand.*

Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse. — *Janvier* 1893. — Le chemin de fer électrique système J.-J. Heilmann.

Revue industrielle. — 28 *janvier* 1893, *n°* 4. — Éclairage électrique des voitures de chemins de fer.

4 *février*, *n°* 5. — Machine à laminer les vis, système Fairbairn et Wells.

11 *février*, *n°* 6. — Moteur à vapeur d'éther, système P. de Susini. — La nouvelle production actuelle de l'aluminium. — Nouvelle formule de M. Flamant pour le calcul de l'écoulement de l'eau dans les tuyaux. — Moteur à acide carbonique pour tramways.

18 *février*, *n°* 7. — Appareil Anderson pour l'évacuation des fumées de locomotives hors des tunnels. — Moteur à vapeur d'éther, système P. de Susini.

25 *février*, *n°* 8. — Des progrès de la fabrication du coke métallurgique au point de vue de l'utilisation des sous-produits, gaz, goudrons et eaux ammoniacales, d'après quelques communications récentes.

4 *mars*, *n°* 9. — Coussinets semi-liquides, système Dymcoff.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Chronique industrielle. — 28 *janvier*, 1893, *n°* 5. — Singulière propriété du ruthénium. — Purification du zinc du commerce.

12 *février*, *n°* 7. — Emploi de l'acide carbonique pour prévenir l'incrustation des chaudières.

5 *mars*, *n°* 10. — Peinture au mica. — Résultats de l'emploi des câbles dans les transmissions. — Poulie magnétique.

Bulletin de la Société internationale des Électriciens. — *Février* 1893, *n°* 95. — La mise à la terre dans les distributions électriques, par *R.-V. Picou*. — Sur les conditions de couplage des alternateurs, par *A. Blondel*.

La Lumière électrique. — 28 *janvier* 1893, *n°* 4. — Electrolyse au mercure Kellner.

4 *février*, *n°* 5. — Préparation de la gutta-percha, par le Dr *Léon Brasse*. — Note sur la purification du mercure, par *W. Jaeger*.

11 *février*, *n°* 6. — Applications mécaniques de l'électricité, par *Gustave Richard*.

18 *février*, *n°* 7. — La soudure électrique, par *Gustave Richard*. — La reproduction du diamant et les fours électriques, par *A. Rigaut*. — Les turbines électriques, par *H. de Graffigny*. — Turbo-moteur Laval. — Fabrication électrolytique des tubes, procédé Picard et Tanière.

28 *février*, *n°* 8. — Applications mécaniques de l'électricité, par *Gustave Richard*. — Machine à courant continu sans collecteur de Bernstein, par *E. Venezian*.

L'Électricien. — 28 *janvier* 1893, *n°* 109. Calcul des accumulateurs nécessaires à l'exploitation d'une station centrale, par *A. Palaz*. — Balais pour dynamos, par *Em. Dieudonné*.

11 *février*, *n°* 111. — Balais pour dynamos, par *Eric Gérard*. — Télégraphe imprimeur Wright, par *E. Yorel*.

18 *février*, *n°* 112. — Les enroulements des machines électriques, par *W.-C. Rechniewski*. — Les installations électriques de la ville de Zurich, par *A. Palaz*.

25 *février*, *n°* 113. — Recherches électriques de l'institut physique et technique de l'empire d'Allemagne à Charlottenbourg, par *S. Lindeck*.

Annales de chimie et de physique. — *Février* 1893. — Sur une nouvelle préparation de l'acétylène, par *L. Maquenne*.

Journal de pharmacie et de chimie. — 15 *février* 1893, *n°* 4. — De l'extrait sec des vins, par *P. Carles*. — Nouveau procédé de fabrication du gaz avec la vapeur d'eau ; purification et séparation des gaz obtenus, par *Longsdon*.

Moniteur scientifique. — *Février* 1893. — Étude sur les procédés de détermination du chrome, du cuivre et du nickel dans les aciers, par *A. Ziégler*. — Dosage du cuivre et de l'antimoine.

Revue scientifique. — 11 *février* 1893, *n°* 6. — L'élevage du mulet en France, d'après *Lavalard*.

Revue générale des sciences. — Grande industrie chimique, par *G. Lunge*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La Nature. — 28 *janvier* 1893, *n°* 1026. — Appareil de chauffage des omnibus de Paris, par *X.*

25 *février*, *n°* 1030. — Machine à percer des trous carrés.

4 *mars*, *n°* 1031. — Fabrication des vélocipèdes, par *Gaston Cornié*. — Plan incliné automobile, par *Max de Nansouty*.

Bulletin de la Société de photographie. — 15 *janvier* 1893, *n°* 2. — Sur les procédés photochromiques, par *Valenta*.

15 *février*, *n°* 4. — Nouvelle application de la photographie à la lithographie.

1er *mars*, *n°* 5. — Développement à l'amidol, par *Duteurtre*. — La photographie utilisée à l'illustration des livres.

Journal d'agriculture pratique. — 2 *février* 1893, *n°* 5. — Analyse d'ajoncs de diverses provenances, par *Muntz* et *E. Lecouteux*. — Pommes de terre à grands rendements, par *E. Schribaux*.

9 *février*, *n°* 6. — Les engrais atmosphériques, par *E. Lecouteux*.

16 *février*, *n°* 7. — Pommes de terre à grands rendements, par *E. Schribaux*.

23 *février*, *n°* 8. — Les cartes agronomiques, par *E. Lecouteux* et *Adolphe Carnot*. — Les machines agricoles au Palais de l'Industrie, par *M. Ringelmann*.

2 *mars*, *n°* 9. — Expériences sur la culture des pommes de terre, par *Lechartier* et *Hérissant*. — Les machines agricoles au Palais de l'Industrie, par *M. Ringelmann*. — Nouvelles variétés de pommes de terre, par *A. Dubois*.

Journal de l'Agriculture. — 3 *décembre* 1892, n° 1359. — Les vignes américaines en terrain gypseux, par *B. Chauzit*.

10 *décembre*, n° 1360. — Une nouvelle industrie agricole dans le Sud-Ouest, par *G. de Dubor*.

17 *décembre*, n° 1361. — L'industrie des raisins secs au Chili, par *René F. Le Feuvre* — Sur la désinfection des bâtiments agricoles, par *L. de Sardriac*.

31 *décembre*, n° 1363. — Notice sur le sarrasin, par *A. Garnier*.

7 *janvier* 1893, n° 1364. — Les fruits précoces. — Le chasselas de Saint-Bernard, par *de Dubor*.

14 *janvier*, n° 1365. — La crise phylloxérique en Champagne, par *Henri Sagnier*.

28 *janvier* 1893, *n°* 1367. — Nouvelles études sur la pomologie, par *Henry Sagnier*. — La vigne au Canada, par *D. Bellet*. — Plantes potagères nouvelles, par *de Pradel*.

4 *février*, *n°* 1368. — Précautions contre la fièvre aphteuse. — La pomme de terre géante sans pareille, par *de Pradel*.

11 *février*, *n°* 1369. — Société de l'industrie laitière, par *Henry Sagnier*.

25 *février*, *n°* 1371. — Essais comparatifs sur l'emploi des engrais et du plâtre en viticulture, par *Hoc*.

Le Gérant : J.-H. GINESTOU.

Paris. — Typographie Chamerot et Renouard, 19, rue des Saints-Pères. — 29853.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

92e ANNÉE. Quatrième Série, Tome VIII. AVRIL 1893.

BULLETIN

DE

LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

ARTS MÉCANIQUES.

RAPPORT *fait par* M. GUSTAVE RICHARD, *au nom de la Commission des Filetages, sur* L'UNIFICATION DES FILETAGES.

MESSIEURS,

Dans votre séance du 23 octobre 1891, M. Ed. Sauvage, ingénieur des Mines, aujourd'hui membre de notre Comité des Arts mécaniques, avait appelé votre attention sur l'intérêt qu'il y aurait, pour l'industrie de notre pays, à réaliser une entente entre tous les constructeurs et industriels intéressés afin d'arriver à unifier et à uniformiser les divers systèmes de vis et d'écrous employés dans les constructions mécaniques.

Il émettait l'idée que, par sa situation et sa composition, la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale était bien placée pour provoquer et diriger ce mouvement, et pour mener à bonne fin cette utile réforme.

Le mémoire de M. Sauvage ayant été renvoyé par vous à l'examen du Comité des Arts Mécaniques, une Commission désignée par ce Comité (1) a été chargée de rechercher, de concert avec M. Sauvage, les meilleurs moyens à employer pour arriver au résultat désiré, et d'arrêter les bases à proposer pour l'unification cherchée.

(1) Cette Commission était composé de MM. le colonel Pierre, Redier, Bienaymé, Sauvage, membres du Comité des Arts Mécaniques, et de M. le général Sebert, membre du Comité des Arts Économiques. A la suite du décès de notre regretté collègue M. Redier, M. G. Richard l'a remplacé.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

C'est le rapport de cette Commission, approuvé par le Comité des Arts Mécaniques, que nous vous présentons aujourd'hui.

Il ne nous paraît pas nécessaire de nous appesantir longuement sur les raisons qui militent en faveur de la proposition d'unifier les systèmes de vis et d'écrous en usage dans les constructions mécaniques.

Le mémoire rédigé par M. Sauvage, complété à la suite des réunions de la Commission, notamment au moyen des précieux renseignements fournis par l'un de ses membres, M. le général Sébert, mémoire qui est annexé au présent rapport, entre dans des détails précis sur la diversité des systèmes actuellement en usage et sur les inconvénients qu'entraîne une telle variété.

Ce sont surtout les vis qui assemblent les pièces des constructions qu'il est important d'unifier. Elles sont l'objet principal du mémoire, à l'exclusion des vis employées à des usages spéciaux, telles que les vis motrices de certaines machines et celles des instruments de précision.

Parmi les vis d'assemblage, on peut sans inconvénient laisser de côté celles qui se font elles-mêmes leur chemin dans le bois ou les substances molles.

Même en nous limitant de la sorte, nous trouvons encore, dans notre pays, un nombre considérable de systèmes différents de vis. La marine de l'État fait usage de certains types; l'artillerie, pour son matériel, en emploie d'autres. Chaque Compagnie de chemins de fer a ses types de filetages; bien plus, dans une même Compagnie, le service de la voie n'emploie pas les mêmes vis que celui du matériel roulant; nous voyons même employer des types différents pour les machines et pour les wagons. Chaque grande maison de construction a son système particulier.

On pourrait supposer que cette extrême diversité tient à la nature variable des travaux exécutés par chaque service ou par chaque industriel. Mais rien, dans la pratique, ne justifie cette supposition : souvent les différences d'un type à l'autre sont minimes, sans importance réelle. L'exemple des Compagnies de chemin de fer est frappant à cet égard, puisqu'elles ont toutes à exécuter des constructions analogues.

Plus heureux que nous, les Anglais et les Américains ont, pour leurs constructions, deux types uniformes de vis, dus l'un à Withworth, l'autre à Sellers. Les vis construites dans ces deux systèmes sont établies d'après celui des mesures anglaises, dont le pouce est la base; mais l'uniformité des systèmes est, dans ce cas, une compensation importante à l'emploi de mesures non décimales.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Parmi les systèmes uniformes de filetage, nous citerons encore, bien qu'il ne s'applique pas aux vis que nous étudions ici, la série des vis horlogères établie par M. Thury, et adoptée généralement, même en Angleterre.

En Allemagne, on se sert souvent du système Whitworth plus ou moins modifié, mais il n'y a guère, dans ce pays, plus d'uniformité qu'en France.

Depuis longtemps, les ingénieurs et les constructeurs, frappés des inconvénients qu'entraîne le désordre de nos filetages, ont fait bien des propositions pour les unifier. Nous citerons, parmi beaucoup d'autres : en France, les projets d'Armengaud, de Denis Poulot (en 1862) de MM. Heilmann, Ducommun et Steinlen (en 1873), de Bodmer, de M. Casalonga, et de M. Polonceau ; en Allemagne, ceux de Reuleaux, de Delisle, et des ingénieurs de Saarbruck.

Ces propositions nombreuses prouvent l'intérêt qu'on attache depuis longtemps à l'unification, et le fait qu'elles n'ont pas abouti ne doit pas nous décourager. Nous voyons, en effet, que, parmi ces propositions, quelques-unes n'ont pas été étudiées de manière à satisfaire complètement aux besoins de l'industrie, mais que leurs auteurs n'avaient en vue que certaines constructions spéciales : elles étaient donc condamnées d'avance. Quant aux autres, leurs auteurs se sont contentés de les publier dans des revues techniques, mais sans faire d'efforts soit pour provoquer une discussion à leur sujet, soit pour amener les constructeurs ou de grands services publics à les adopter. Une action de ce genre est d'ailleurs à peu près impossible à un homme seul.

D'autre part, l'adoption de systèmes uniformes à l'étranger montre que l'industrie n'est aucunement rebelle à une réforme de ce genre.

Le système Whitworth, il est vrai, a eu la bonne fortune d'être proposé en 1841, dès le début des grandes constructions mécaniques, par un industriel éminent : à cette époque, les grands services de l'État, les Compagnies de chemins de fer n'avaient pas fixé de types pour tous les détails de leurs constructions, et ne demandaient qu'à adopter le système proposé par le constructeur le plus réputé ; et encore, ce système a-t-il été mis sous le patronage d'une importante association d'ingénieurs.

Mais le système Sellers, venu beaucoup plus tard aux États-Unis, en 1864, à une époque où les ateliers étaient nombreux et considérables, n'a été adopté que grâce aux efforts d'une importante société analogue à la nôtre : l'Institut Franklin. Il s'agissait de remédier à un désordre aussi fâcheux pour l'industrie que celui qui règne en ce moment dans notre pays : aussi

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'Institut Franklin fut-il bien vite séduit par la proposition de Sellers, qui voulait faire régner l'ordre dans cette branche si importante des constructions ; il étudia et discuta ses propositions, puis il les fit connaître aux bureaux techniques de l'Armée et de la Marine, aux ingénieurs des ateliers et du matériel des chemins de fer, aux associations s'occupant de constructions mécaniques et aux principaux industriels, en leur recommandant l'adoption du système nouveau.

Cet appel fut entendu, et, successivement, les arsenaux de l'État, de grands constructeurs, les Compagnies de chemins de fer adoptèrent le nouveau filetage.

Enfin, le système des vis horlogères fut étudié par la Société des Arts de Genève, frappée des inconvénients qui résultaient pour l'industrie du défaut d'uniformité des petites vis. M. Thury fut le rapporteur de cette question, et les horlogers adoptèrent avec empressement le système qu'il proposait (1878).

L'introduction de types de vis simples et uniformes, faciles à exécuter avec précision à l'aide d'un outillage peu considérable, aurait, pour l'industrie, un avantage incalculable ; avantage moins général mais du même ordre que celui qui résulte de l'adoption du système métrique. La construction des machines doit aujourd'hui être exécutée avec une extrême précision, les pièces doivent pouvoir se substituer l'une à l'autre ou s'interchanger : non seulement les produits sont meilleurs, mais cette exécution précise est nécessaire pour une production économique ; or, comment parler de pièces de machines uniformes, quand les éléments les plus simples, communs à presque tous les mécanismes, sont exécutés sans aucune règle générale?

Pour bien saisir le mérite d'un système uniforme de filetage, il faut se rappeler l'outillage énorme nécessaire aux fabricants de boulonnerie pour construire des vis toujours différentes suivant le caprice de chacun : avec dix fois moins de peine et de dépense d'outillage, ils pourraient produire des vis parfaitement précises à la place des produits forcément irréguliers qu'ils sont condamnés à livrer. Il faut voir aussi le temps perdu à choisir et à ajuster l'une sur l'autre ces vis lors de leur emploi, la difficulté du démontage et du remplacement des pièces les plus simples des machines et des constructions. Nous comparions tout à l'heure la réforme des filetages à celle des mesures : les constructeurs anglais et américains n'emploient pas le mètre, mais ils ont des vis uniformes, et ce fait compense bien en partie.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

comme nous l'avons dit, l'infériorité qui résulte de l'emploi du pied et du pouce : l'acheteur d'une machine sait qu'il pourra remplacer sans peine un boulon manquant. Or, cet avantage, nous pourrons, quand nous le voudrons, l'enlever à nos concurrents.

Nous ajouterons, comme marque de l'intérêt actuel de la question, qu'une réunion récente des ingénieurs du matériel des grandes Compagnies de chemins de fer s'est occupée de l'avantage qu'aurait l'unification des vis. Ces ingénieurs sont déjà préparés à une réforme ; mais il serait fâcheux de les voir se fixer sur un type qui ne serait pas étudié en vue d'une application tout à fait générale, et peut-être retarder ainsi l'uniformité au lieu de l'établir.

Pour qu'un système de filetage puisse convenir à toutes les applications, il faut, en effet, qu'il se rapproche le plus possible de types adoptés dans les divers cas spéciaux : ce système doit donc être une sorte de moyenne des dimensions les plus généralement usitées, dimensions qui diffèrent souvent peu les unes des autres. Il faut aussi que l'exécution des vis proposées soit des plus faciles et comporte une grande précision. Enfin, sans multiplier inutilement les dimensions, il faut qu'elles soient en nombre tel qu'elles offrent des ressources suffisantes dans tous les cas.

On peut se demander s'il ne conviendrait pas de choisir un système déjà adopté par un grand service public : malheureusement, aucun des systèmes existants ne satisfait entièrement à toutes les conditions nécessaires. Celui de la Marine, qui a été étudié avec un grand soin, convient bien pour les vis entièrement ajustées qui entrent dans ses machines, mais il rendrait trop difficile l'exécution des vis grossières de certaines constructions. C'est pourquoi il est nécessaire, tout en se rapprochant autant qu'on le peut des meilleurs systèmes actuels, d'en établir un de toutes pièces.

Le mémoire étudie plusieurs systèmes de filetages : le choix de la Commission s'est porté sur le moins compliqué. Voici quels en sont les caractères principaux :

1° La *forme de filet* est fort simple : un *triangle équilatéral* avec troncatures droites ; forme qui convient pour tous les métaux usuels, que les outils les plus simples peuvent exécuter avec précision, et qui est d'ailleurs l'une des plus répandues ;

2° Les *pas* varient de demi en demi-millimètre, suivant les usages généralement adoptés ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

3° Une série de 20 numéros-types détermine une collection étendue de vis de dimensions diverses, dont les pas et les diamètres sont donnés par une formule des plus faciles à appliquer;

4° Entre les diamètres types ainsi déterminés, on peut intercaler tous les diamètres intermédiaires qui peuvent être utiles, sans créer, grâce à l'invariabilité des pas entre deux numéros-types, un nouvel outillage.

Il ne paraît guère possible à la Commission de trouver un système de vis à la fois plus simple, plus facile à calculer, plus général et se rapprochant davantage des usages établis.

Comment faire adopter un tel système par les intéressés? La Société d'Encouragement est, nous le croyons, capable de mener à bien une telle réforme, désirée par tous ceux qui construisent ou emploient des vis, mais qui ne peut être l'objet d'une loi, ni aboutir par l'initiative d'un seul. Notre Société se rattache, en effet, à toutes les branches de l'industrie nationale, et possède l'autorité morale nécessaire pour provoquer l'adoption générale d'un système uniforme. Cette adoption serait, pour l'industrie entière, un immense bienfait, qu'il est difficile d'apprécier à première vue, mais dont on ne saurait exagérer l'importance.

En conséquence, la Commission estime qu'il conviendrait de faire connaître le mémoire ci-joint, avec ses propositions, aux personnes intéressées à la question, aux Ingénieurs de l'État et des diverses Administrations, aux grandes Associations techniques, aux Services constructeurs de l'Armée et de la Marine, aux Compagnies de chemins de fer et de navigation, aux Constructeurs de machines et de charpentes métalliques, en un mot, à tous ceux qui exécutent ou qui emploient des vis en grand nombre, ou qui s'occupent de l'étude des machines.

On provoquerait ainsi des observations utiles, qui pourraient être suivies d'une discussion générale de nature à préparer l'adoption d'un système uniforme.

Aussi la Commission vient-elle demander au Conseil de voter l'insertion du présent mémoire sur les filetages dans le *Bulletin* de la Société, et d'en prescrire un tirage à part à 5 000 exemplaires pour être distribués.

Signé : Gustave Richard, *rapporteur.*

Approuvé en séance le 10 *mars* 1893.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS MÉCANIQUES

MÉMOIRE SUR L'UNIFICATION DES FILETAGES, PAR ED. SAUVAGE.

1. *Importance de l'unification.* — Les pièces taillées en forme de vis sont constamment employées dans les machines, dans les constructions, dans une foule d'appareils et d'instruments; presque à chaque pas, nous voyons des boulons, des écrous, d'autres organes d'assemblage, dont la vis est la partie essentielle.

Ces vis peuvent se ranger en plusieurs catégories différentes suivant leur destination. Nous en donnons au § 5 une classification générale. Disons que ce sont surtout les vis qui assemblent les pièces des constructions qu'il est important d'unifier, et qui nous occuperont principalement, à l'exclusion des vis employées à des usages spéciaux, telles que les vis motrices de certaines machines, les vis de précision dans les instruments de mesure.

Parmi les vis d'assemblage, nous considérons seulement celles qui pénètrent dans des pièces métalliques et non celles qui se font elles-mêmes leur chemin dans le bois ou les substances molles.

Malheureusement la plus grande diversité existe parmi les vis de dimensions équivalentes. Certains constructeurs, la plupart des grandes Compagnies de chemins de fer, ont bien adopté des types spéciaux, mais des types différant les uns des autres, et il est fort rare de trouver deux vis de provenance quelconque ayant même diamètre, même pas, même forme de filet, et pouvant se substituer l'une à l'autre.

Le désordre actuel des filetages a de graves inconvénients : il est difficile au possesseur d'un appareil d'en remplacer les boulons ou écrous, ou de substituer à une partie filetée une autre partie analogue; si l'on veut assurer l'entretien d'un nombre un peu plus grand de machines ou d'instruments semblables, on est obligé de former des approvisionnements considérables de pièces filetées; enfin la fabrication des boulons, écrous et organes de même genre est rendue plus difficile et plus coûteuse par l'extrême diversité des types; les outils nécessaires pour la fabrication et le contrôle, étant beaucoup trop multipliés, ne peuvent plus être construits et entretenus avec le soin et la précision désirables.

La Société de Photographie a récemment recherché le moyen d'assembler et de changer aisément les diverses parties qui composent les appareils photographiques : la Société désirait pour cela employer un type uniforme de filetage; malheureusement ce type n'existe pas : M. le général Sébert a fait à cette occasion un rapport au Congrès de Photographie tenu en 1889 (page 130 du compte rendu de ce Congrès); il n'a pu que recommander quelques choix provisoires de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vis, en exprimant l'espoir qu'un système uniforme et général serait bientôt établi.

2. *Propositions antérieures de systèmes uniformes.* — Le nombre des systèmes de filetages qui ont déjà été proposés, surtout par des constructeurs de machines, prouve l'intérêt de l'unification; malheureusement, du moins en France, ces propositions n'ont pas eu de suites : comme le disait aux États-Unis M. E. Simonds devant l'Institut Franklin, discutant cette question même des filetages (*Journal de l'Institut Franklin*, 1884, p. 174), tracer une règle est peu de chose : ce qui importe c'est son adoption générale. Mais il n'en faut pas moins commencer par établir des règles, sans trop s'effrayer de l'indifférence des uns ni des résistances inévitables.

Nous parlerons plus loin des systèmes proposés par Armengaud, par les constructeurs Ducommun et Steinlen, D. Poulot, par M. Polonceau, par plusieurs autres encore. Rappelons une importante communication de M. l'ingénieur Casalonga au Congrès international du Génie civil en 1878, où sont discutés les mérites et les défauts de divers systèmes.

3. *Indication de systèmes uniformes adoptés à l'Étranger.* — Les Anglais ont vu le système Whitworth se répandre chez tous leurs constructeurs de machines; aux États-Unis, le filetage Sellers est de même presque universellement employé. Mais ces deux types ont un vice radical : ils sont établis d'après un système de mesures suranné, dont la base est le pouce anglais. On a trouvé à les adopter certains avantages, mais ils contribuent à augmenter les résistances à l'usage général du système métrique. Ces résistances, si grandes qu'elles soient, finiront par tomber : les systèmes Whitworth et Sellers devront alors disparaître.

En Allemagne, on a beaucoup employé des vis analogues aux vis Whitworth, mais avec quelques modifications pour s'approcher des mesures métriques. Les ingénieurs allemands ont plusieurs fois cherché à créer des types uniformes et publié d'importants travaux sur la question. Nous en parlons plus loin.

4. *Définition générale de la vis.* — Une vis est un solide limité par une surface hélicoïdale formée par une série d'hélices de même pas, enroulées dans le même sens autour d'un axe commun XY (fig. 1) et passant par les divers points d'une section méridienne ABCE, qui est dite « profil du filet » : les points A et E sont sur une même hélice, et le pas est égal à AE.

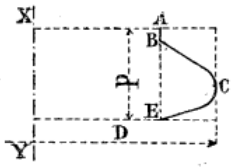


Fig. 1.

La surface hélicoïdale peut limiter un noyau plein comme dans le boulon, ou au contraire une ouverture au milieu d'un solide, comme dans l'écrou. On forme quelquefois des vis avec des surfaces géométriques plus compliquées, engendrées par des sortes d'hélices enroulées non plus sur des cylindres, mais sur des cônes parallèles : un même profil méridien ABC se recouvre tout le long des génératrices des cônes ayant pour axe commun XY (fig. 2).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

5. *Classification générale des vis*. — On peut classer en cinq catégories principales la plupart des vis employées par l'industrie :

Une première catégorie comprend les boulons, écrous, vis, goujons, servant à fixer les organes des machines, à assembler les charpentes, les voies de chemins de fer, mille appareils divers; il faut y joindre toutes les parties filetées servant aux mêmes assemblages. Le diamètre de ces vis est compris le plus souvent entre 6 et 100 millimètres : on les appelle « vis mécaniques ».

Nous distinguerons en second lieu les petites vis dont le diamètre atteint rarement 6 millimètres, et reste souvent inférieur à 2, même à 1, vis qui servent dans les horloges, les montres, les appareils de physique : on les dénomme vis « horlogères ».

Il faut mettre à part, dans une troisième catégorie, les vis tracées sur des tubes, principalement pour les tuyauteries de gaz et les instruments d'optique. A cause de la faible épaisseur des tubes, le pas de ces vis est nécessairement petit, même pour les grands diamètres : on ne peut suivre les mêmes règles que pour fileter des barres pleines.

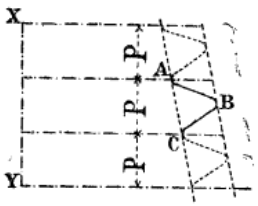


Fig. 2. — Vis conique.

Dans une quatrième catégorie, nous rangeons les vis qui servent aux tendeurs d'attelage des wagons de chemins de fer, ou qui ont un autre usage spécial; celles qui sont employées pour les transmissions de mouvement, dans les tours et les autres machines-outils; les vis qui servent aux mesures micrométriques; en un mot, toutes les vis qui, par leur destination, ne paraissent guère pouvoir rentrer dans un système uniforme de filetage. Les vis coniques peuvent aussi être comprises dans cette classe.

Enfin une cinquième catégorie renferme les vis à bois, dont les filets sont minces, larges, éloignés les uns des autres. Une grande précision n'est pas nécessaire dans la construction de ces vis, puisqu'elles forment elles-mêmes leur écrou dans le bois.

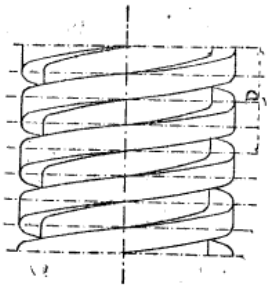


Fig. 3. — Vis à deux filets.

6. *Objet spécial de notre étude*. — Nous étudierons principalement les vis de la première catégorie, ou vis mécaniques. Nous devons cependant donner quelques détails sur d'autres types, et notamment sur les vis horlogères, pour lesquelles l'unification des filetages est déjà faite.

7. *Éléments caractéristiques des vis*. — Une vis, formée d'hélices de même pas enroulées sur des cylindres concentriques, est définie : 1° par le diamètre du plus grand des cylindres, ou diamètre extérieur du boulon (pour l'écrou, l'expression de diamètre extérieur serait ambiguë); 2° par le pas commun des hélices; 3° par la forme du filet, ligne courbe ou brisée formant la section méridienne, et qu'on peut fermer par

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

une base rectiligne égale au pas ; 4° par le sens de l'enroulement. La vis pleine (comme un boulon), placée verticalement, est dite à droite quand on voit les filets s'élever de gauche à droite.

Le profil du filet est quelquefois formé de la répétition de plusieurs profils égaux (fig. 3) : la vis est dite alors à plusieurs filets.

Des deux sens d'enroulement possibles, le sens dit à droite est universellement adopté, toutes les fois que des conditions spéciales n'exigent pas le sens contraire, comme on le voit sur les tendeurs d'attelage des wagons : tout système normal de filetage est établi pour les vis à droite. Les vis à gauche dont on peut avoir exceptionnellement besoin seront naturellement symétriques des vis à droite.

8. *Qualités à rechercher dans les vis mécaniques.* — Pour fixer les idées, nous prendrons le boulon et l'écrou, la plupart des autres vis mécaniques travaillant de même, et nous chercherons quels motifs doivent nous guider dans le tracé de leurs formes.

La vis doit avoir une résistance suffisante ; elle se montera et se démontera sans trop de peine ; on pourra la serrer suffisamment sans risquer de la déformer trop facilement par un serrage excessif ; le desserrage spontané ne devra pas être trop aisé ; elle se déformera le moins possible par des chocs accidentels ; enfin l'exécution précise en sera facile et la fabrication économique.

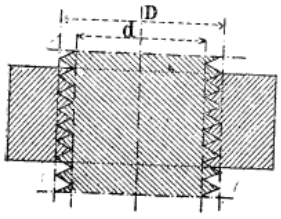


Fig. 4.

Examinons successivement ces diverses conditions pour notre boulon et son écrou.

9. *Résistance du boulon en place.* — Le boulon muni de son écrou doit surtout résister à la traction, soit qu'il transmette une force dirigée suivant son axe, soit qu'il serre seulement deux pièces l'une contre l'autre. Quand il est soumis à un effort de cisaillement, ce qui est beaucoup plus rare, il travaille comme une cheville ou une goupille, et la partie filetée n'entre pas en jeu.

Une fois le boulon en place, la traction peut le rompre transversalement, ou bien arracher des filets du boulon ou de l'écrou. La section transversale du boulon est affaiblie par l'entaille pratiquée dans le corps pour former les filets : si D est le diamètre du corps et d celui du fond des filets (fig. 4), la section est réduite de $\frac{D^2}{1{,}273}$ à $\frac{d^2}{1{,}273}$: on ne donnera donc qu'une faible profondeur aux filets.

La tension par mm² de la section, qui résulte de la traction exercée sur le boulon, ne peut être également répartie dans toute la section transversale, à cause de la saillie du filet qui exagère les allongements des fibres voisines du fond : afin de tenir compte de cette circonstance, on ne doit pas admettre une valeur trop élevée pour la moyenne de l'effort par mm².

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour arracher les filets du boulon, il faut cisailler un cylindre de diamètre d dont la hauteur peut atteindre celle de l'écrou s'il ne reste aucun vide entre le boulon et l'écrou et si le fond ne présente pas de partie rectiligne parallèle à l'axe du cylindre. La section de cisaillement des filets est plus grande sur l'écrou que sur le boulon. Cette section est réduite si le fond du filet présente une partie cylindrique (dans la vis à filet carré, la réduction est de moitié environ), et si les filets n'entrent pas à fond l'un dans l'autre, comme le montre la fig. 5; la hauteur totale des cylindres qui résistent au cisaillement se trouve amoindrie le diamètre de ces cylindres est, par contre, augmenté sur le boulon. La section résistante peut enfin être notablement réduite si, par suite de défauts d'exécution, tous les filets de l'écrou ne portent pas contre ceux du boulon, ou si les surfaces ne sont pas bien en contact (fig. 6).

Fig. 5.

Comme le jeu de l'écrou sur le boulon et même certaines imperfections d'exécution sont inévitables, il ne faut pas donner aux filets une trop faible hauteur : c'est une condition inverse de la première. Ajoutons que la hauteur des écrous est presque toujours beaucoup plus grande qu'il ne serait nécessaire pour la résistance au cisaillement.

Nous n'insisterons pas sur la détermination bien simple des dimensions de la tête du boulon et de la largeur de l'écrou.

En résumé, c'est presque toujours la section au fond du filet qui sera la partie la plus faible de l'assemblage.

Fig. 6.

10. *Résistance pendant le serrage.* — La tension du boulon provient du serrage de l'écrou ; pendant cette opération, les filets de l'écrou frottent contre ceux du boulon. Plusieurs auteurs ont étudié le frottement de la vis; nous citerons entre autres MM. H. de la Goupillière, *Traité des Mécanismes*, p. 369; Résal, *Mécanique générale*, t, III, p. 237; Contamin, *Cours de résistance appliquée* (1878), p. 40; Boulvin, *Mécanique appliquée aux machines*, 1er fasc., p. 70; Reuleaux, *der Konstructeur* (4e éd.), page 195; Weissbach Hermann, *Ingenieur und Maschinen Mechanik*, 3e partie, I, p. 609 (1876); Unwin, *Machine design*, part. I (11e éd.), p. 142.

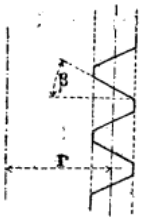


Fig. 7.

Prenons un poids égal à la traction longitudinale produite sur le boulon, supporté par un plan incliné sur l'horizon comme la rampe de l'hélice moyenne de la vis sur un plan perpendiculaire à l'axe de cette vis : pour élever ce poids le long du plan incliné, il faudra vaincre le même frottement que pour serrer la vis à filet carré. Si la vis a un filet triangulaire, le frottement est augmenté comme si le corps posait sur une glissière en V. On établit aisément une relation approximative entre la tension suivant l'axe du boulon et l'effort de serrage, en supposant la surface

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de portée de l'écrou concentrée sur l'hélice de rayon moyen r. Soient P la tension suivant l'axe, $Q\,r$ le moment du couple de serrage dans un plan normal à l'axe, $f = tg\,\varphi$ le coefficient de frottement de l'écrou sur le boulon, i l'angle d'inclinaison de l'hélice sur le plan normal à l'axe ($tg\,i = \frac{p}{2\pi r}$; p étant le pas), β l'angle de la génératrice du filet avec le plan normal à l'axe (fig. 7). Le couple Qr étant obtenu à l'aide d'une force Q' beaucoup moindre que Q appliquée à l'extrémité d'une clef de longueur R, bien plus grande que r, on peut négliger l'effet de la poussée transversale Q', qu'on produit sur le boulon en même temps que le couple.

Posons

$$f' = tg\,\varphi' = \frac{f}{\cos\beta}$$

$$Q = P\,tg\,(\varphi' + i)$$

Pour le desserrage :

$$Q = P\,tg\,(\varphi' - i)$$

Si $f = 0{,}15$, i est toujours plus petit que φ' dans les vis mécaniques, qui ne sont pas réversibles, c'est-à-dire ne peuvent se desserrer sous l'action de la force dirigée suivant l'axe.

Le frottement augmente beaucoup l'effort à produire pour le serrage : par exemple, soit $tg\,i = 0{,}04$ ($i = 2°,20'$) ; $\beta = 30°$; $f = 0{,}15$;

$$f' = \frac{0{,}15}{\cos 30°} = 0{,}173 = tg\,\varphi' \quad \varphi' = 9°\,50'$$

$$Q = P\,tg\,(\varphi + i) = P\,tg\,(12°10') = 0{,}216\,P$$

S'il n'y avait pas de frottement, on aurait $Q = P\,tg\,i = 0{,}04$ P. Si le coefficient de frottement est bien 0,15, l'effort à produire pour un même serrage est multiplié par 5,4. En réalité, il faut aussi surmonter le frottement de l'embase de l'écrou, ce qui double à peu près l'effort.

Dans une vis à filet carré, $\beta = 0$; le frottement est un peu moindre ; on aurait :

$$Q = P\,tg\,(\varphi + i) = P\,tg\,(10°50') = 0{,}19\,P$$

Pour le desserrage, l'effort à produire est moindre, si le coefficient de frottement reste le même. La rouille peut augmenter beaucoup ce coefficient sur les boulons rarement démontés.

Le frottement tend à tordre le boulon, dont la fatigue est augmentée, car il travaille à la traction et à la torsion combinées. Si M est le moment du couple de torsion, qu'on peut prendre, avec une approximation par excès, égal à Qr, le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

maximum de l'effort par millimètre carré dû à la torsion est $\frac{Mr'}{J}$, r' étant le rayon du noyau de la vis et J le moment d'inertie polaire de la section : $\frac{r'}{J} = \frac{2}{\pi r'^3}$.

La charge à la traction des points qui fatiguent le plus par la traction et la torsion combinées, est (Madamet, *Résistance des matériaux*, p. 280) :

$$\frac{3}{8}\frac{P}{\pi r'^2} + \sqrt{\left(\frac{5}{8}\frac{P}{\pi r'^2}\right)^2 + \left(\frac{5}{2}\frac{Qr}{\pi r'^3}\right)^2} = \frac{P}{2\pi r'^2}\left[\frac{3}{4} + \sqrt{\left(\frac{5}{4}\right)^2 + \left(\frac{5\,Qr}{Pr'}\right)^2}\right]$$

Reprenant notre exemple avec les chiffres choisis, et supposant $r' = 0{,}9\,r$, nous trouvons que la fatigue maxima est multipliée, du fait de la torsion, par 1,08, c'est-à-dire peu modifiée. Mais l'accroissement du coefficient de frottement augmente la fatigue du boulon.

Les boulons, surtout ceux qui ont un petit diamètre, sont exposés à se déformer ou à se rompre si on les serre trop fortement. On fait souvent usage de clefs de serrage trop longues qui permettent ces efforts excessifs : la longueur de la clef varie comme le diamètre du boulon, tandis qu'elle devrait être proportionnelle à la section pour que la fatigue par millimètre carré restât constante, en supposant un même effort à l'extrémité de la clef et des vis géométriquement semblables.

C'est la mauvaise exécution des vis qui conduit à l'emploi de clefs trop longues, auxquelles on ajoute encore des rallonges : les filets se coincent en certains points, et il faut mouler les écrous sur les boulons, au risque de les briser, au prix d'efforts excessifs et de pertes de temps considérables.

En augmentant l'inclinaison i de l'hélice sur les boulons de petit diamètre, on réduira $\frac{P}{Q}$ et la fatigue du boulon pour une valeur donnée de Q.

Il convient enfin que la surface totale de portée des filets du boulon sur ceux de l'écrou soit assez grande pour que la pression par millimètre carré ne dépasse pas une certaine limite, qu'on prend souvent égale à 1 kilogramme. Le graissage est alors mieux assuré et le coefficient de frottement n'est pas trop fort ; cette considération conduit à augmenter la hauteur de l'écrou plus qu'il ne serait nécessaire pour la résistance.

Notre étude de la résistance et du frottement des boulons nous montre que le filet carré est le meilleur pour les vis transmettant des efforts, telles que les vis-mères de tour. Toutefois la différence de frottement des filets carrés et triangulaires n'est pas assez considérable pour que la forme triangulaire augmente d'une façon gênante les difficultés de serrage et de desserrage des vis mécaniques. Nous pouvons aussi conclure qu'il est bon d'augmenter l'inclinaison des vis quand le diamètre diminue, afin qu'elles courent moins de risque d'être forcées au montage.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

11. *Résistance au desserrage spontané.* — La rampe des vis mécaniques est toujours trop faible pour qu'elles se desserrent par traction directe, mais les chocs et les vibrations font petit à petit lâcher les écrous des mécanismes. L'augmentation du frottement qui résulte de la forme triangulaire du filet et de la faible inclinaison de l'hélice [pour le desserrage $Q = P\ tg\ (\varphi' - i)$] est de nature à retarder le desserrage, mais sans l'empêcher. Un second écrou, dit contre-écrou, vissé à la suite du premier, a une action favorable : l'écrou doit être serré, et le contre-écrou fortement appuyé contre l'écrou : les deux forment alors comme une pièce unique dont les filets pressent en sens opposés ceux du boulon (fig. 8); le frottement est ainsi augmenté, et surtout ne dépend plus du serrage, de sorte qu'il ne cesse pas dès que la rotation spontanée de l'écrou a commencé. M. Monnier place les deux écrous concentriquement, avec pas différents (*Le pas de vis différentiel et ses applications*, Paris, 1879, Dejey, 50 p.).

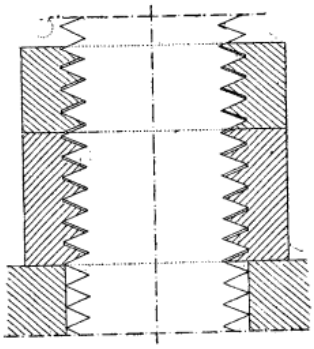


Fig. 8. — Écrou et contre-écrou.

12. *Protection contre les chocs.* — Les vis mécaniques ne sont guère exposées aux chocs capables de les avarier, si ce n'est avant d'être montées : un léger arrondi ou un plat à l'extrémité du filet triangulaire suffit à les protéger. Il n'en est pas de même pour certaines vis spéciales, notamment les tendeurs d'attelage : leurs filets demi-ronds sont établis pour résister le mieux possible aux chocs.

13. *Facilité de l'exécution.* — Les vis pleines et les écrous peuvent être exécutés par filetage sur le tour ou par taraudage. L'outil du tour à fileter est fixé sur un support à chariot qu'une vis-mère, engagée dans un écrou lié au support, déplace le long du banc ; ce déplacement est parallèle à l'axe de rotation du cylindre sur lequel on veut tracer une vis. Si le cylindre et la vis tournent avec des vitesses angulaires de rapport constant (qu'on peut varier à volonté), chaque point de l'outil découpe une hélice du même pas, égal au pas de la vis-mère multiplié par le rapport des vitesses angulaires de la vis-mère et du cylindre à fileter.

Le tranchant de l'outil a la forme du filet qu'on veut obtenir. Plusieurs outils sont employés successivement pour la confection de certains filets. Enfin les vis à filets triangulaires peuvent être achevées à l'aide du peigne, souvent tenu à la main, dont le tranchant est découpé en une série de dentelures correspondant à plusieurs filets contigus, avec les outils usuels.

La confection des vis sur le tour à fileter est coûteuse, car le prix du tour est élevé ; le travail demande un temps assez long ; il exige un ouvrier habile ; souvent c'est uniquement de l'adresse et du soin du tourneur que dépend l'exactitude des vis obtenues, avec les outils usuels.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Certains tours plus simples servent à tailler les vis en répétition : le chariot sur lequel est fixé l'outil est commandé par un segment d'écrou qu'on appuie sur une courte vis-mère, ayant le pas qu'on veut obtenir, montée sur l'axe même du tour, et tournant avec le cylindre à travailler.

Le taraudage s'applique aux écrous et aux boulons, avec des outils différents, dont le principe géométrique est commun.

Pour les écrous, on emploie le taraud, qui dérive d'une vis ayant le pas et la forme de la vis qu'on veut obtenir. Sur cette vis on pratique des saignées longitudinales (figurées sur la coupe transversale de la fig. 9) au nombre de quatre ou plus. Puis on enlève à l'un des bouts la partie des filets qui sort d'un cône aigu ayant même axe que le taraud et une génératrice MN. On voit qu'il reste finalement, le long des 4 sections A_1 A_2 A_3 A_4, une série de tranchants qui ont la forme du filet soit entier, soit tronqué plus ou moins. Le taraud, en acier, est trempé après construction.

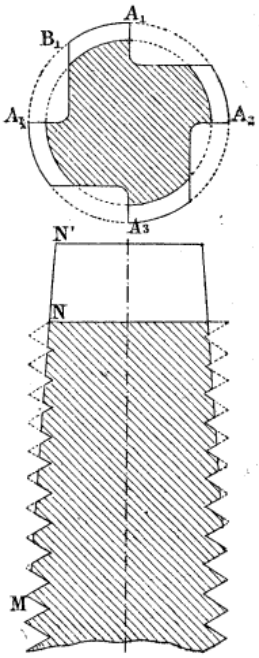


Fig. 9. — Taraud.

Si l'on engage le taraud dans l'écrou brut et qu'on le fasse tourner, chacun des tranchants enroulés en hélice et de plus en plus saillants va successivement couper le métal jusqu'à ce que le filet soit complètement formé. Le filet se taille d'ailleurs suivant le pas adopté, le taraud se vissant dans l'écrou qu'il produit.

Les tarauds servent aussi, avec certaines modifications, à tracer des vis dans l'intérieur des trous borgnes, ou ne débouchant pas de part en part : on trouvera quelques détails sur ces outils dans les *Annales des Mines*, 8e S., t. XX, p. 539. La fig. 10 représente les tarauds employés à cet effet par la Marine française. Les machines à tarauder, qui exécutent les écrous, sont des plus simples ; des manœuvres ou des enfants en conduisent sans peine plusieurs et, si la fabrication du taraud est délicate, c'est un outil qui peut exécuter avec précision beaucoup d'écrous avant d'être usé jusqu'au bout, grâce au grand nombre de tranchants successifs non tronqués qu'il présente.

Toutes les formes ne peuvent être obtenues à l'aide du taraud, et l'on n'exécute guère avec cet outil que les filets triangulaires (avec ou sans arrondis).

La facilité de l'exécution des écrous sur la machine à tarauder a conduit à l'emploi d'un procédé analogue pour la construction des boulons. Supposons un écrou découpé comme nous avons découpé la vis pour obtenir un taraud, c'est-à-dire divisé en segments par des saignées parallèles à l'axe, puis sectionné par un cône de même axe, qui abat une partie des filets restants ; nous obtenons un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

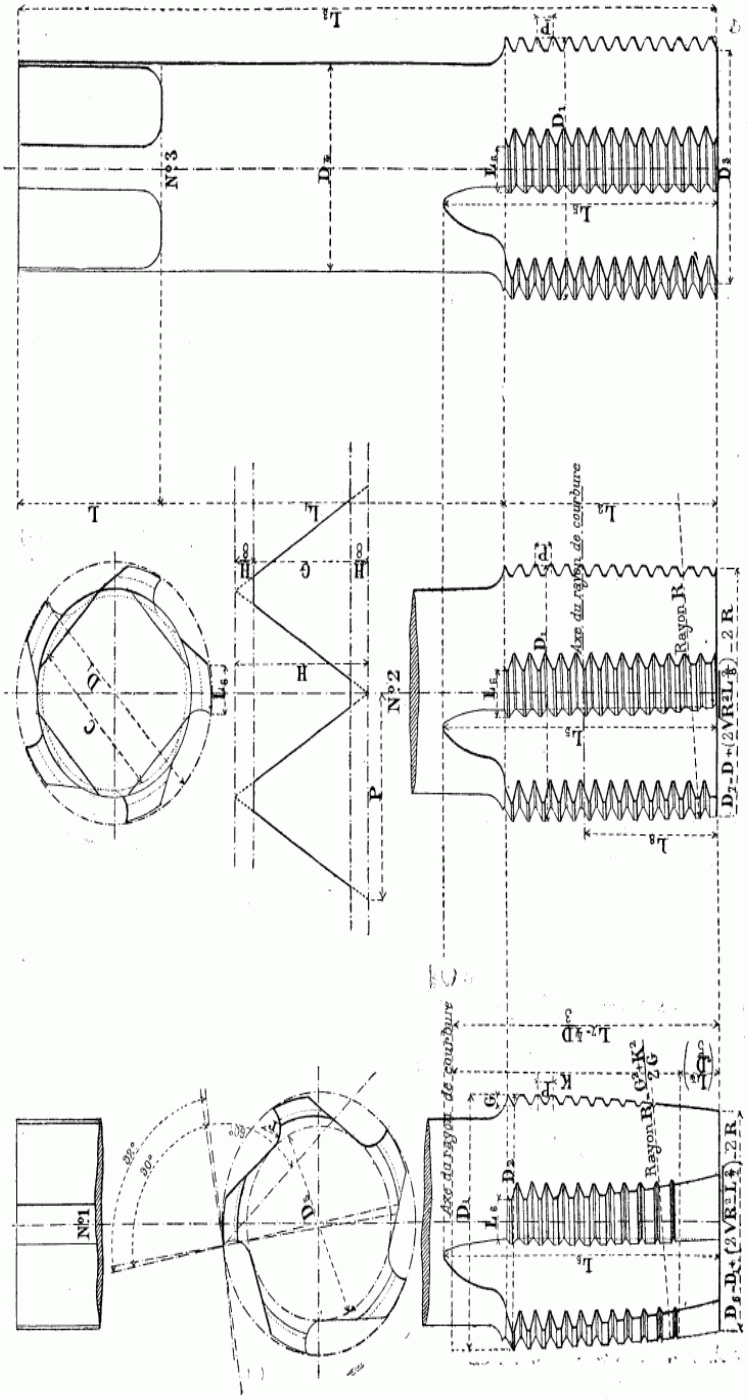


Fig. 10. — Tarauds de la Marine française (système Delévaque).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

outil qui agira sur une barre ronde pour former une vis comme le taraud agit dans l'écrou brut. Les segments de l'écrou sont des barrettes d'acier dites coussinets, encastrées dans un support appelé filière (ce nom a le défaut d'être le même que celui de l'outil, bien différent, qui sert à étirer les métaux en fils). Ces barrettes sont taillées, avant trempe, par un taraud dit taraud-mère.

La machine à tarauder les boulons est encore fort simple : il suffit de faire tourner le boulon brut engagé dans la filière, en permettant une translation libre du boulon par rapport à la filière. Mais une fois le travail terminé, la tête du boulon l'empêche de traverser de part en part la filière, et il faudrait le dévisser pour l'enlever. C'est un embarras et une perte de temps. Aussi les filières sont-elles disposées de manière à ce que la manœuvre d'un levier écarte les coussinets pour dégager le boulon après taraudage. De nombreux mécanismes ont été imaginés à cet effet : il faut que les coussinets soient ramenés exactement à leur position primitive et y soient solidement maintenus.

Les coussinets des filières, au lieu d'être taillés à l'aide de tarauds-mères, peuvent aussi être des peignes, comme dans les machines Sternbergh et Demoor.

Des deux procédés d'exécution des vis, c'est le taraudage qui est le plus répandu et le plus économique pour les vis mécaniques : il convient donc d'employer les formes de filets les plus commodes à tarauder : ce seront aussi les plus faciles à exécuter sur le tour.

La fabrication des outils de taraudage, des types et calibres de vérification, commence au tour à fileter : M. Marre, associé de M. Bariquand, nous a remis une importante étude sur l'emploi de ce tour, qui est publiée dans le *Bulletin de la Société*, à la suite du présent mémoire.

Après avoir passé en revue les divers procédés de fabrication des vis, M. Marre montre l'importance du choix de types qui puissent être exécutés facilement sur des tours de précision, à l'aide d'outils simples ; la forme et le montage de ces outils doivent être définis avec la rigueur de la géométrie.

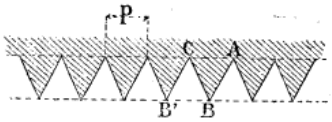


Fig. 11.

Considérons une vis à profil en triangle isocèle sans troncatures ou arrondis, tel que ABC (fig. 11). Pour l'exécuter sur le tour, on peut construire un outil avec une face plane limitée par le profil BCB' : la pièce à tailler reçoit un mouvement de rotation, tandis que le chariot du tour déplace le tranchant BCB' de l'outil dans le plan de l'axe commun de la vis et du tour : le profil BCB' engendre alors, par rapport à la pièce, la surface hélicoïdale voulue et taille exactement la vis. Mais l'outil doit se loger tout entier dans la rainure hélicoïde taillée par son tranchant ; il faut que ses faces latérales présentent la dépouille nécessaire afin qu'il ne talonne pas contre les surfaces qu'il met à nu : autrement il ne pourrait pas les découper.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La forme de l'outil est, par suite, compliquée, et si le tranchant BCB′ peut facilement être exécuté, la moindre usure donne une forme différente à l'outil et en altère le profil. On évite ce grave inconvénient en taillant les vis au moyen d'un outil formé d'un prisme triangulaire à section droite isocèle avec une face oblique DEF (fig. 12) dont le côté DF se confond avec la base de la section droite, et dont le plan fait un angle de 15° avec cette section. Un support (fig. 13) dispose cet outil de telle sorte que la pointe décrive, par rapport à la pièce en travail, l'hélice du fond du filet qu'on veut obtenir, que le plan bissecteur EG de l'angle dièdre DEF soit tangent en E à la surface de vis à filet carré ayant pour directrice cette hélice, et enfin que l'arête EH de l'outil fasse avec la tangente à l'hélice en E un angle de 15°.

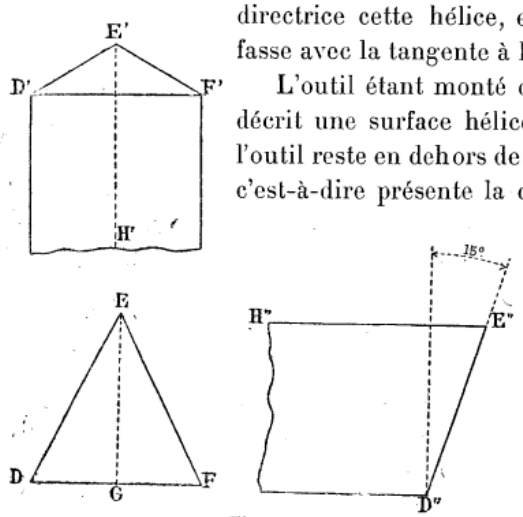


Fig. 12.

L'outil étant monté de la sorte, l'arête tranchante DEF décrit une surface hélicoïde par rapport à la pièce, et tout l'outil reste en dehors de la vis déterminée par cette surface, c'est-à-dire présente la dépouille nécessaire pour couper le métal. En outre la surface ainsi obtenue peut être prise, sans erreur appréciable, pour une vis à filet triangulaire.

La simplicité et la précision de cette méthode sont remarquables; l'outil se construira sans peine à la forme voulue, puisqu'il suffit de couper obliquement un prisme : un meulage suivant cette section oblique rétablira exactement les arêtes dès qu'elles s'useront. Le support présente l'outil dans la position voulue.

Nous avons supposé que le profil triangulaire de la vis n'était pas tronqué : en fait, MM. Bariquand et Marre pratiquent une troncature, en abattant légèrement l'arête de l'outil. Ces constructeurs choisissent le triangle équilatéral pour section droite de l'outil : l'angle du filet triangulaire découpé est de 58° 17′,7. On obtiendrait la section équilatérale du filet en prenant l'angle E de l'outil un peu supérieur à 60°.

14. *Précision de l'exécution.* — Pour que l'exécution soit précise, il faut que l'outillage puisse être construit avec exactitude et ne s'altère pas trop rapidement par l'usure.

Les formes de filet les plus simples et les plus faciles à construire sans erreur seront les meilleures.

On ne peut se contenter d'une précision relative, telle qu'un écrou se monte exactement sur son boulon ; une précision absolue est nécessaire et tout écrou

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

doit se monter sur un boulon quelconque du type correspondant, et cela non seulement pour les pièces fabriquées en même temps, mais pour les produits d'usines différentes, quelle que soit l'époque de la fabrication.

Cet heureux résultat ne peut être obtenu que si la surface choisie pour la vis est considérée comme une limite infranchissable pour le boulon comme pour l'écrou, le boulon restant toujours en dedans de la surface théorique, et l'écrou en dehors. Dans les constructions soignées on se rapproche beaucoup de cette surface théorique, afin de ne laisser qu'un très faible jeu entre l'écrou et le boulon ; les constructions ordinaires pourront admettre de plus grands écarts, pourvu qu'ils ne changent jamais de sens. Il faut pour cela un contrôle fréquent

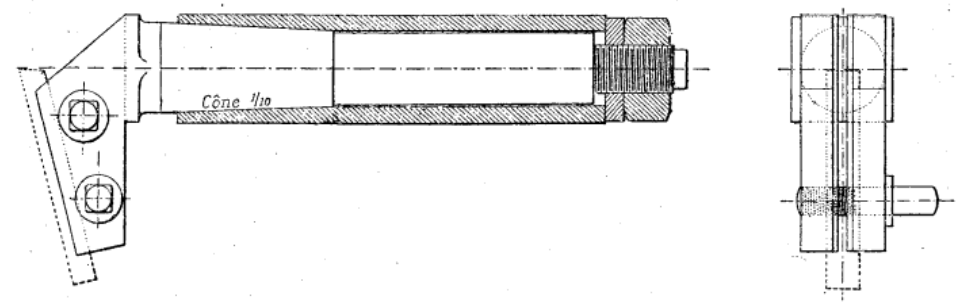


Fig. 13. — Porte-outil Bariquand et Marre.

de la fabrication, car les outils en s'usant taillent des boulons de plus en plus gros et des écrous de plus en plus petits.

15. *Du jeu dans les pièces de machines.* — Cette question du jeu entre l'écrou et le boulon n'est qu'un cas particulier d'une autre plus générale, trop souvent négligée des praticiens. Si deux pièces se meuvent l'une sur l'autre, comme un axe dans des coussinets, un coulisseau entre des guides, il doit exister un certain jeu entre les deux pièces, jeu qui pourra être d'autant plus faible que les formes seront plus exactement exécutées. Si deux pièces s'assemblent en pénétrant l'une dans l'autre, il faut encore pour le montage un certain jeu, qui peut être très réduit. A égalité de dimensions, par exemple à égalité de diamètre entre le corps d'un boulon et le trou qu'il doit traverser, le montage ne peut se faire qu'à coups de masse ou avec une pression énergique. Enfin on voit dans les essieux de chemins de fer un exemple de jeu à rebours : le diamètre de la portée de calage est un peu plus fort que le diamètre de l'alésage du moyeu de la roue : aussi le calage exige une pression de plusieurs dizaines de tonnes.

La détermination des jeux à laisser, dans toutes ces circonstances diverses, est un des points les plus importants de la construction des machines : l'exécution

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des parties non ajustées, pour lesquelles la précision est indifférente, n'offre en comparaison aucune difficulté.

Trop souvent les dessins ne portent pas de mention relative aux jeux et donnent la même cote pour les deux parties correspondantes ; on laisse aux ateliers le soin d'interpréter les dessins suivant leur habitudes. S'il s'agit d'un axe et d'une bague, certains ateliers exécutent l'axe à la cote indiquée et font la bague plus grande ; d'autres, au contraire, donnent à la bague le diamètre du dessin avec un axe plus petit. Il n'y a pas de motifs pour prendre une méthode plutôt que l'autre ; c'est ce qui les condamne toutes deux.

La seule méthode logique est de toujours appliquer la cote commune à une surface limite infranchissable par l'une et par l'autre pièce, qui s'en approcheront plus ou moins suivant leur destination et l'outillage employé à leur confection. Les dessins devraient toujours rappeler cette condition.

Quant à la valeur du jeu qui doit exister entre chaque pièce et la surface limite, il est difficile de la fixer exactement, sauf pour des constructions exécutées avec des précautions minutieuses : ce jeu est ordinairement rendu nécessaire par l'irrégularité même des pièces construites, et varie d'un point à un autre. On peut fixer le maximum et le minimum des cotes admises. Il est bon d'indiquer au moins sur les dessins une valeur approximative des jeux, par exemple s'ils doivent se rapprocher de 1 — 0,5 — 0,1 — 0,05 — 0,01 mm.

16. *Résumé des conditions principales à remplir.* — L'examen que nous venons de faire nous indique pour les vis les conditions suivantes : le filet ne doit pas entamer profondément le corps du boulon, afin de ne pas trop l'affaiblir ; d'autre part les filets ne peuvent pas être trop fins, à cause des imperfections mêmes de l'exécution, inévitables surtout dans les produits communs ; l'inclinaison de l'hélice moyenne ne doit pas être trop faible dans les vis de petit diamètre, pour éviter autant que possible les ruptures au serrage ; le filet carré donne le moindre frottement, mais l'augmentation de frottement due aux autres formes n'est pas assez grande pour être importante dans les vis mécaniques ; un arrondi ou un plat à l'extérieur des filets est utile pour que les chocs ne les déforment pas, et au fond des filets pour ne pas prédisposer la pièce à la rupture ; la vis doit s'obtenir aisément par taraudage, non seulement dans le fer et l'acier, mais aussi dans le cuivre, la fonte ; la forme doit être telle que les outils se construisent facilement et sans chance d'erreur dans les tracés.

Il est facile de satisfaire à la plupart de ces conditions, sans s'écarter notablement des formes éprouvées par l'usage ; c'est alors la dernière, celle de fabrication, qui devient la plus importante et qui fera préférer un système de vis.

17. *Types généralement adoptés.* — Le filet carré est adopté pour les vis spéciales qui servent à transmettre des efforts dans les deux sens, comme celles des machines-outils, des changements de marche de locomotive. Lorsque l'effort

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

important ne se produit que dans un sens, on peut adopter la vis à filet en triangle rectangle, avec un des côtés de l'angle droit parallèle à l'axe (fig. 14) ; cette forme ne réduit pas, comme la précédente, la section de cisaillement des filets.

Le frottement sur le filet rond (fig. 15) n'est guère plus fort que sur le filet carré ; cette forme résiste bien aux chocs ; aussi l'emploie-t-on fréquemment pour les tendeurs d'attelage.

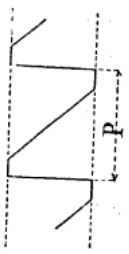


Fig. 14.

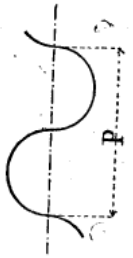


Fig. 15.

Ces formes ne se trouvent guère dans les vis mécaniques, où le profil du filet dérive presque toujours d'un triangle isocèle, dont les sommets sont tronqués par des lignes droites parallèles à l'axe ou par des arcs de cercle.

18. *Rapport des pas aux diamètres.* — Nous avons dit qu'on était d'accord pour employer, à moins de nécessités spéciales, les pas à droite. Les formes généralement adoptées pour les filets sont assez analogues entre elles, sauf quelques exceptions, et il ne serait, sans doute, pas très difficile d'obtenir un accord sur une forme moyenne. Mais le point le plus délicat est de fixer la relation entre le pas et le diamètre.

Si la définition du pas ne peut prêter à aucune ambiguïté, il n'en est pas de même pour celle du diamètre : on peut vouloir désigner le diamètre extérieur du boulon, D (fig. 16), le diamètre intérieur du boulon, d, et parfois un diamètre fictif D′ qui est celui du cylindre sur lequel se trouve la pointe tronquée du filet. Ce diamètre fictif D′ peut être celui du corps du boulon, mais cette condition complique la fabrication.

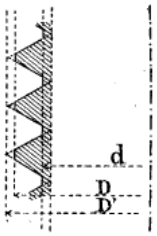


Fig. 16.

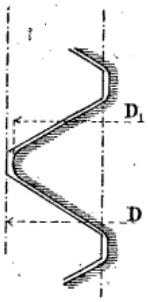


Fig. 17.

En général, c'est le diamètre extérieur du filet, D, que l'on choisit pour définir la vis : cette définition, qui est en somme la meilleure, n'est pas toutefois sans un léger inconvénient : nous avons dit que le boulon doit toujours être en dedans du profil théorique (fig. 17) ; il aura donc en réalité un diamètre D_1 un peu inférieur à D.

On ne peut donner une valeur constante au rapport du pas au diamètre, parce que les filets seraient trop gros pour des grands diamètres et trop fins pour les petits. En outre, on tient à exprimer par des nombres simples et les diamètres et les pas ; ces deux éléments sont mesurés en millimètres : souvent on évite toute fraction pour le diamètre, et on n'admet pour le pas que les fractions 1/4,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1/2 et 3/4. Cette condition, dont on a peut-être exagéré l'importance, fait qu'il est difficile de lier, par une loi simple, le pas et le diamètre.

On se contente souvent de fixer le pas pour un petit nombre de diamètres principaux, puis on admet, pour les diamètres intermédiaires, le même pas que pour le diamètre principal supérieur ou inférieur : cela revient en somme à définir un système de filetage par le tableau des pas adoptés pour les divers diamètres, plus que par une loi arithmétique.

19. *Principaux systèmes de filetages.* — Le nombre des filetages adoptés ou proposés est considérable. Ceux de Whitworth et de Sellers ont pour base le pouce anglais ($25^{mm},4$). Reuleaux (*der Konstructeur*, 4e édition, p. 203), en cite 14 établis dans le système métrique, sous les noms de : Armengaud, Redtenbacher, chemins de fer P.-L.-M., du Nord, Cail, Marine française, Bodmer, Ducommun (deux propositions), Société Alsacienne, Reishauer et Bluntschli à Zurich, Union des Ingénieurs de Saarbrück, Delisle (deux propositions). On peut ajouter à cette énumération les filetages des Compagnies des chemins de fer de l'Est, de l'Ouest, du Midi, de l'État français ; ceux proposés par M. D. Poulot, par M. Polonceau, et la liste sera loin d'être complète encore. Nous examinerons les systèmes qui nous paraissent les plus remarquables, soit par leur extension, soit par leur tracé ingénieux. Ajoutons que notre travail est forcément incomplet et que nous passons sous silence des systèmes intéressants faute d'en connaître les détails.

20. *Système Whitworth.* — Le développement des constructions mécaniques en Grande-Bretagne y fit éprouver de bonne heure les inconvénients de la multiplicité des filetages. Joseph Whitworth, vers 1840, voulant faire disparaître ces inconvénients, remarqua la complexité et l'incertitude des conditions que doit remplir un bon système de vis ; il procéda expérimentalement, en recueillant un grand nombre de boulons chez divers constructeurs, choisissant surtout les diamètres d'un quart de pouce, un demi-pouce, un pouce et demi; puis, pour fixer les proportions d'un type nouveau, il se rapprocha autant que possible des dimensions choisies pour le plus grand nombre de vis existantes, réalisant ainsi une sorte de moyenne de la pratique des constructions.

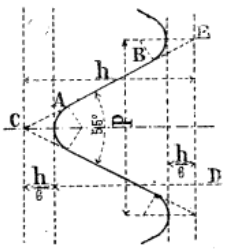


Fig. 18. — Filet Whitworth.

On lit dans les *Proc. of the Inst. of Civil Engineers* (1841, p. 157) un rapport sommaire sur le système Whitworth ; dans la discussion qui a suivi ce rapport, l'idée de l'unification des filetages est attribuée à Maudslay.

On trouve dans Reuleaux (*der Konstructeur*, 4e édition, p. 199) la description du système Whitworth : le filet dérive d'un triangle isocèle dont la base est le pas p, et dont l'angle au sommet est de 55° (figure 18) ; la hauteur h de ce trian-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gle est voisine de 0,96 p. On le tronque par deux parallèles à la base menées à une distance $h : 6$ de la base et du sommet; il reste alors pour profondeur du filet $2h : 3$ ou approximativement 0,64 p. Enfin on arrondit le fond et l'extérieur du filet par un arc de cercle tangent aux côtés du triangle et aux parallèles à la base. Le diamètre D du boulon se compte sur l'extérieur du filet arrondi : le rayon de l'arrondi est voisin de 0,14 p; la longueur rectiligne AB est environ 0,55 p, ou à peu près la moitié du côté CE du triangle primitif.

DIAMÈTRES.		NOMBRE de filets par pouce.	PAS en millimètres.	DIAMÈTRES.		NOMBRE de filets par pouce.	PAS en millimètres.
POUCES.	MILLIMÈTRES.			POUCES.	MILLIMÈTRES		
0,100	2,54	48	0,53	1,125	28,58	7	3,63
0,125	3,17	40	0,53	1,250	31,70	7	3,63
0,150	3,81	32	0,79	1,375	34,92	6	4,23
0,175	4,44	24	1,06	1,500	38,10	6	4,23
0,200	5,08	24	1,06	1,625	41,28	5	5,08
0,225	5,72	24	1,06	1,750	44,45	5	5,08
0,250	6,35	20	1,27	1,875	47,62	4,5	5,65
0,275	6,98	20	1,27	2	50,80	4,5	5,65
0,300	7,62	18	1,41	2,125	53,97	4,5	5,65
0,325	8,26	18	1,41	2,250	57,15	4	6,35
0,350	8,90	18	1,41	2,375	60,34	4	6,35
0,375	9,54	16	1,59	2,500	63,50	4	6,35
0,400	10,16	16	1,59	2,625	66,68	4	6,35
0,425	10,80	14	1,81	2,750	69,85	3,5	7,26
0,450	11,43	14	1,81	2,875	73,02	3,5	7,26
0,475	12,07	14	1,81	3	76,20	3,5	7,26
0,500	12,70	12	2,12	3,250	82,55	3,25	7,82
0,525	13,34	12	2,12	3,500	88,90	3,25	7,82
0,550	13,96	12	2,12	3,750	95,25	3	8,47
0,575	14,60	12	2,12	4	101,60	3	8,47
0,600	15,23	12	2,12	4,250	108,0	2,875	8,83
0,625	15,88	11	2,31	4,500	114,3	2,875	8,83
0,650	16,51	11	2,31	4,750	120,7	2,750	9,25
0,675	17,15	11	2,31	5	127,0	2,750	9,25
0,700	17,78	11	2,31	5,250	133,4	2,625	9,67
0,750	19,05	10	2,54	5,500	139,6	2,625	9,67
0,800	20,31	10	2,54	5,750	146,0	2,5	10,16
0,875	22,22	9	2,82	6	152,4	2,5	10,16
0,900	22,88	9	2,82				
1	25,40	8	3,18				

Le rapport du pas au diamètre varie d'une manière assez irrégulière : les diamètres primitivement admis croissaient de huitième en huitième de pouce jusqu'à 3 pouces, puis de quart en quart jusqu'à 6 pouces. En outre, on avait intercalé les diamètres de 5/16 et 7/16 de pouce (un pouce est égal à $25^{mm},4$). En 1857,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

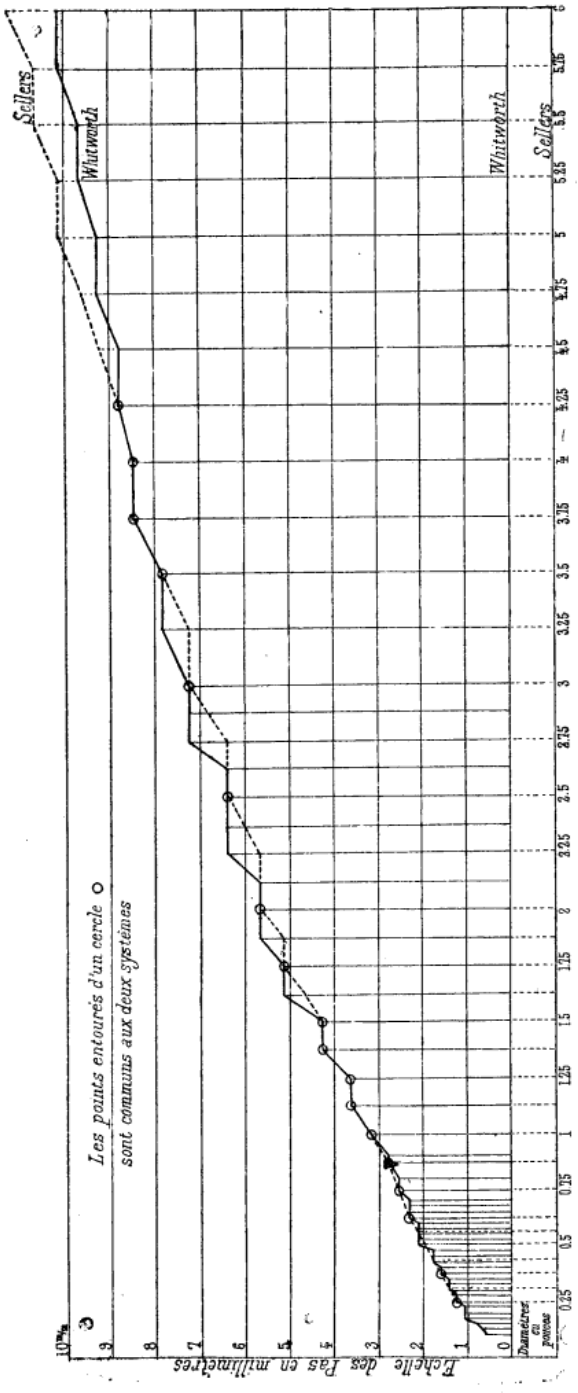


Fig. 19. — Filetages Whitworth et Sellers.

l'échelle fut légèrement modifiée par l'introduction d'une série de diamètres variant de 25 millièmes en 25 millièmes de pouce, de 0,1 à 1 pouce (sauf quelques lacunes). Les huitièmes de pouce se retrouvent dans cette nouvelle série, mais non les diamètres de 5 et 7 seizièmes, qui disparaissent.

Le tableau ci-dessus donne pour les divers diamètres le pas, exprimé par le nombre de filets par pouce : en fraction du pouce, le pas est l'inverse de ce nombre. Nous avons ajouté la conversion en millimètres.

Sur la figure 19 les diamètres sont portés en abscisses et les pas correspondants en ordonnées : tous les points ainsi obtenus sont reliés par des droites : ce tracé met en évidence le peu de régularité du système.

21. *Système Sellers.* — Aux États-Unis, le système proposé en 1864 à l'Institut Franklin par le constructeur Sellers et recommandé par l'Institut a été adopté par un grand nombre de constructeurs, par les arsenaux de l'État et par la plupart des Com-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pagnies de chemins de fer. Le journal du *Franklin Institute* contient plusieurs articles sur ce système : d'abord, en 1864 (vol. 47, p. 344), la proposition de Sellers ; en janvier 1865 (vol. 49, p. 53), le rapport favorable de la commission à laquelle cette proposition avait été renvoyée ; puis viennent diverses observations sur l'extension du système et ses avantages, en 1884 (vol. 87, p. 368 ; vol. 88, p. 474). En 1887 (vol. 93, p. 261) se trouve le résultat d'une enquête faite par l'Institut à la demande de l'Association des ingénieurs allemands : plusieurs industriels et ingénieurs de chemins de fer, consultés, ont déclaré être entièrement satisfaits du filetage Sellers, et n'avoir trouvé aucune difficulté à la fabrication régulière et précise des vis suivant ce système.

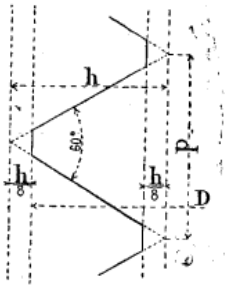


Fig. 20.
Filet Sellers.

Un autre document important est le rapport officiel fait en 1868 sur les filetages (*Report of the board to recommend a standard gauge for bolts, nuts and screw-threads for the United States Navy*), rapport qui a eu pour suite l'adoption en 1869 du système Sellers pour le matériel de l'armée et de la marine.

La forme du filet adopté par Sellers (fig. 20) est fort simple : le profil dérive d'un triangle équilatéral, tronqué par deux parallèles à la base menées à une distance $h : 8$ du sommet et de la base (h étant la hauteur). Les angles ne sont pas arrondis. La profondeur du filet, $0{,}75\ h$, est très voisine de $0{,}65\ p$.

Le pas p se déduit en pouces du diamètre D (en pouces) par la formule : $p = 0{,}24\ \sqrt{D + 0{,}625} - 0{,}175$, en arrondissant le résultat de manière à obtenir un nombre simple pour l'inverse du pas ou nombre de filets par pouce.

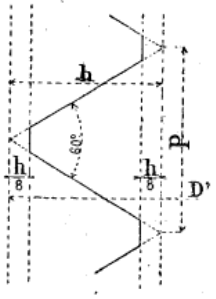


Fig. 21.
Filet de la Marine.

Les diamètres adoptés et les pas correspondants sont donnés, avec conversion en millimètres, par le premier tableau de la p. 198.

Les chiffres en gros caractères sont les diamètres et pas du système Whitworth qui se retrouvent dans le système Sellers. La profondeur du filet des vis est à peu près la même dans les deux systèmes (0,64 et 0,65 p) ; sur la figure 19, nous avons reporté le tracé Sellers.

22. *Marine française*. — Les circulaires des 17 septembre 1856, 14 mai 1861, 25 septembre 1863, 22 février 1867 (voir *Bulletin officiel de la marine*), 26 août 1885 (*Mémorial du génie maritime*, 6e liv. de 1885, p. 91), 7 septembre 1887 (*ibid.*, 5e liv. de 1887, et pl. 504), fixent les pas de vis pour les constructions de la Marine de l'État.

Le filet a exactement la forme choisie par Sellers : c'est un triangle équilatéral tronqué par deux parallèles à l'axe de la vis menées à une distance $h : 8$ de la base et du sommet (h étant la hauteur du triangle) (fig. 21).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

DIAMÈTRE.		NOMBRE de filets par pouce.	PAS en millimètres.	DIAMÈTRE.		NOMBRE de filets par pouce.	PAS en millimètres.
POUCES.	MILLIMÈTRES.			POUCES.	MILLIMÈTRES.		
1/4	6,35	20	1,27	2	50,80	4 1/2	5,65
5/16	7,94	18	1,41	2 1/4	57,15	4 1/2	5,65
3/8	9,54	16	1,59	2 1/2	63,50	4	6,35
7/16	11,10	14	1,81	2 3/4	69,85	4	6,35
1/2	12,70	13	1,95	3	76,20	3 1/2	7,26
9/16	14,28	12	2,12	3 1/4	82,55	3 1/2	7,26
5/8	15,88	11	2,31	3 1/2	88,90	3 1/4	7,82
3/4	19,05	10	2,54	3 3/4	95,25	3	8,47
7/8	22,22	9	2,82	4	101,60	3	8,47
1	25,4	8	3,18	4 1/4	108,0	2 7/8	8,83
1 1/8	28,58	7	3,63	4 1/2	114,3	2 3/4	9,25
1 1/4	31,70	7	3,63	4 3/4	120,7	2 5/8	9,67
1 3/8	34,92	6	4,23	5	127,0	2 1/2	10,16
1 1/2	38,10	6	4,23	5 1/4	133,4	2 1/2	10,16
1 5/8	41,28	5 1/2	4,62	5 1/2	139,6	2 3/8	10,70
1 3/4	44,45	5	5,08	5 3/4	146,0	2 3/8	10,70
1 7/8	47,62	5	5,08	6	152,3	2 1/4	11,28

Le diamètre de la vis (fig. 21) n'est pas compté sur l'extérieur des filets : on considère le diamètre du cylindre fictif sur lequel se trouvent les pointes tronquées des filets. Ce diamètre est censé être celui du corps du boulon et l'on admet que dans la taille des filets on en tronque effectivement la pointe. Le tableau qui suit donne les divers diamètres admis et les pas correspondants ; de 24 à 100 millimètres, les boulons sont définis par un numéro.

NUMÉROS.	DIAMÈTRES comptés sur la pointe des filets.	PAS.	NUMÉROS.	DIAMÈTRES.	PAS.
	millimètres.	millimètres.		millimètres.	millimètres.
	6	1	7.	48	4
	8	1	8.	52	5
	10	1	9.	56	5
	12	1,5	10.	60	5
	14	1,5	11.	64	5
	16	2	12.	68	5
	18	2	13.	72	6
	20	2,5	14.	76	6
1.	24	3	15.	80	6
2.	28	3,5	16.	84	6
3.	32	4	17.	88	6
4.	36	4	18.	92	6
5.	40	4	19.	96	6
6.	44	4	20.	100	6

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La figure 22 représente graphiquement les diamètres et les pas.

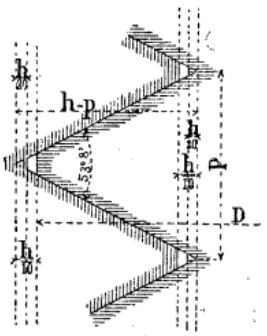


Fig. 23. — Filet de l'Artillerie.

23. *Matériel de l'Artillerie française.* — Des instructions du 11 février 1891 ont fixé le filetage à employer pour le matériel de l'Artillerie

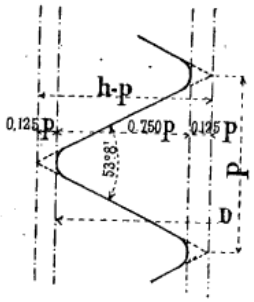


Fig. 24. — Filet du Nord.

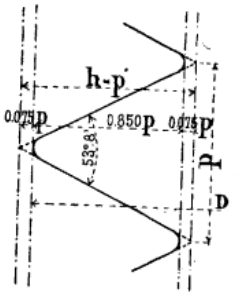


Fig. 26. — Filet de l'État.

française. Le filet dérive d'un triangle isocèle dont la hauteur est égale à la

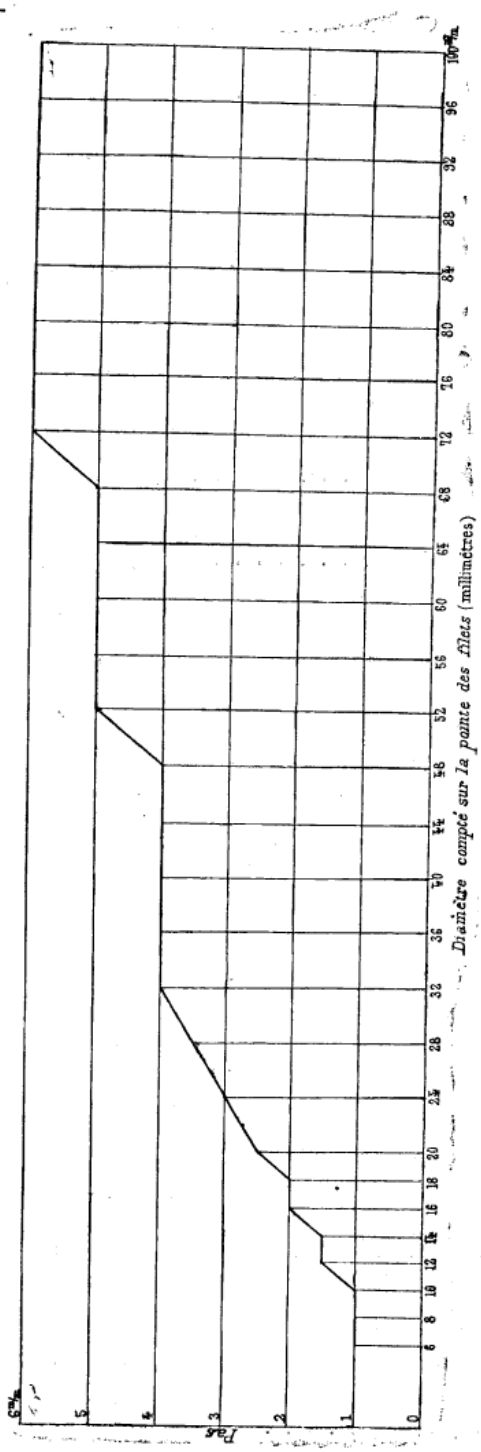


Fig. 22. Filetages de la Marine.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

base ou au pas, avec troncatures rectilignes inégales au sommet et à la base : on enlève 1 dixième de la hauteur à la pointe du filet du boulon et de l'écrou et 1 vingtième à la base (fig. 23). Le pas se déduit des diamètres extérieurs des filets par les formules suivantes :

$p = 0{,}125\,D$ pour $D = 4, 8, 12, 16, 20$ millimètres.
$p = 0{,}1\,D + 0{,}5$ pour $D = 20, 25, 30, 40, 45$ millimètres.
$p = 0{,}05\,D + 2{,}75$ pour $D = 45, 55, 65, 75$ millimètres.

On admet en outre quelques diamètres intermédiaires, pour lesquels le pas est celui du diamètre immédiatement supérieur ou inférieur, suivant qu'il est plus petit ou plus grand que 40 millimètres.

On emploie les diamètres et les pas qui suivent :

Diamètres (en millimètres)	4	8	10	12	14	16	18	20	22	25	30	35
Pas (en mm.)	0,5	1	1,5	1,5	2	2	2,5	2,5	3	3	3,5	4

Diamètres (en millimètres)	40	45	55	65	75	»	»	»	»	»	»	»
Pas (en mm.)	4,5	5	5,5	6	6,5	»	»	»	»	»	»	»

Les vis des armes portatives ont un tracé spécial et ne rentrent pas dans la catégorie des vis mécaniques.

24. *Chemin de fer du Nord.* — Le chemin de fer du Nord emploie, pour les machines, un filet dérivé d'un triangle isocèle de hauteur h égale à la base, ou au pas de la vis p ; ce triangle est tronqué par deux parallèles à l'axe distantes du sommet et de la base de $h : 8$ ou $0{,}125\,p$ (fig. 24), puis on raccorde les côtés par

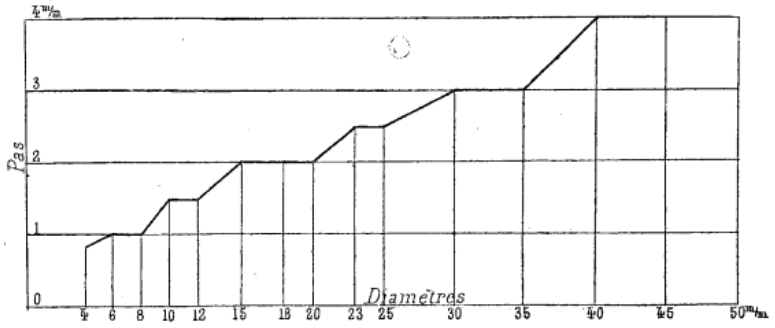


Fig. 25. — Filetage du Nord.

des arcs de cercle tangents. La forme se rapproche beaucoup de celle du filet Whitworth, mais l'angle au sommet est un peu plus aigu (environ 53° 8′ au lieu de 55°), et les troncatures sont un peu moins fortes.

Les diamètres et les pas correspondants sont les suivants :

Diamètres (en millimètres)	4	6	7	8	10	12	15	18	20	23	25	30	35	40	45	50
Pas (en mm.)	5/6	1	1	1	1,5	1,5	2	2	2	2,5	2,5	3	3	4	4	4

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La fig. 25 donne le tracé graphique de ce filetage.

25. *Chemins de fer de l'État et de l'Ouest (voie).* — Les chemins de fer de l'État français et de l'Ouest (pour le service de la voie) emploient, comme le Nord, un filet dérivé d'un triangle dont la hauteur égale la base ou le pas; mais les troncatures, par arrondis, sont moindres et la profondeur du filet restant est de 0,850 p (fig. 26, p. 199).

Les pas et les diamètres sont les suivants :

Diamètres (en mm.)	4	5	6	7	8	10	12	15	18	20	23	25	28	30	32
Pas (en mm.)	0,8	0,8	1	1	1,3	1,5	1,5	2	2	2	2,5	3	3	3	3,5
Diamètres (en mm.)	35	38	40	45	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Pas (en mm.)	3,5	3,5	4	4,5	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»

26. *Chemin de fer du Midi.* — Le filet adopté par le service du matériel et de la traction du chemin de fer du Midi dérive d'un triangle isocèle dont la hauteur h est égale à 1,25 p, p étant le pas ou la base du triangle : des arcs de cercle tronquent de chaque côté une hauteur égale à 0,2 p (fig. 27). Le diamètre est compté sur l'extérieur des filets. L'angle au sommet est d'environ 43°36'. Les diamètres et les pas admis sont les suivants :

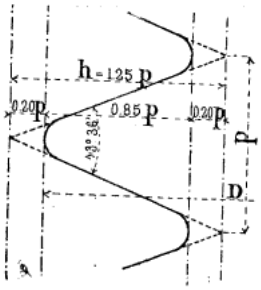


Fig. 27. — Filet du Midi.

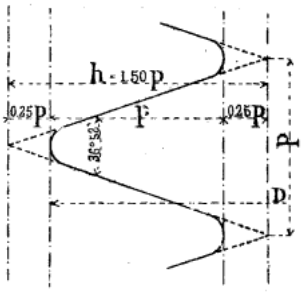


Fig. 28. — Filet P.-L.-M.

Diamètres (en millimètres)	4	5	6	7	8	10	12	15	18	20	23	25	28	30	35
Pas (en mm)	0,8	0,8	0,8	1	1	1,5	1,5	1,5	2	2	2,5	2,5	3	3	3
Diamètres (en millimètres)	40	45	48	50	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Pas (en mm.)	3,5	4	4	4	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»

27. *Chemins de fer de l'Ouest.* — Le service du matériel et de la traction de la Compagnie du chemin de fer de l'Ouest emploie la même forme de filet que la Compagnie du Midi, mais avec d'autres pas; les pas correspondants aux diamètres comptés sur l'extérieur du filet sont les suivants :

Diamètres (en millimètres)	8	10	12	15	18	20	23	25	28	30
Pas (en mm.)	1,25	1,5	1,5	2	2	2	2,5	3	3	3

28. *Chemin de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée.* — La Compagnie du chemin de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée nous offre l'exemple d'un filet extrêmement aigu, tronqué par des arcs de cercle tangents. La hauteur du triangle isocèle primitif est égale à une fois et demie le pas, et la profondeur après troncature reste égale au pas (fig. 28).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'angle au sommet est d'environ 36°52′. Les diamètres et les pas sont les suivants :

Diamètres en millimètres)	5	6	7	8	10	12	15	18	20	23	25	28	30	35	40
Pas (en mm.)	1	1	1	1,5	1,5	1,5	2	2	2	2,5	3	3	3	3,5	4
Diamètres (en millimètres)	45	50	55	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Pas (en mm.)	4	4	4	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»

29. *Chemins de fer de l'Est.* — Sur les chemins de fer de l'Est, le filet dérive encore d'un triangle isocèle à angles arrondis. Pour les voitures et les wagons,

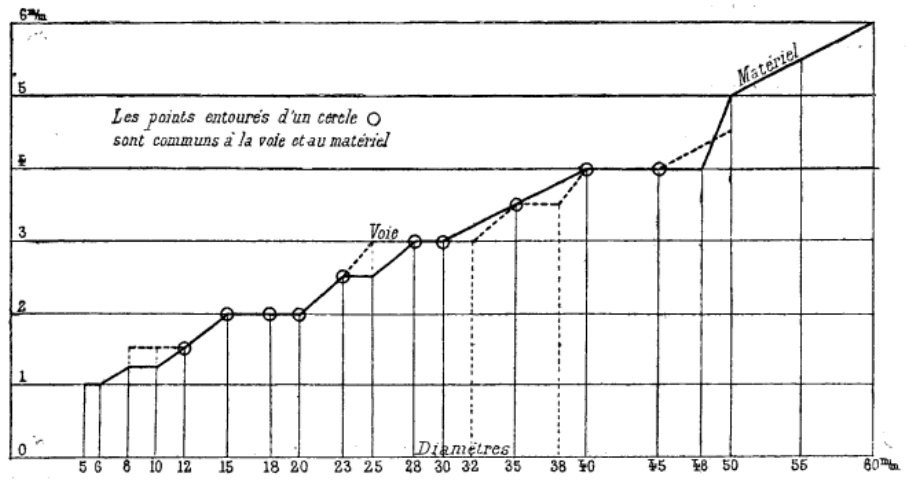


Fig. 29. — Filetages de l'Est.

on emploie la forme du filet de la Compagnie du Midi ; pour les machines, au contraire, la profondeur du filet est égale au pas diminué de $0^{mm},5$. Il en résulte que la forme du filet ne reste pas semblable pour les divers pas, le triangle initial étant de plus en plus aigu à mesure que le pas est plus grand.

Les diamètres et pas correspondants sont les mêmes pour les deux séries, savoir :

Diamètres (en millimètres)	5	6	8	10	12	15	18	20	23	25	28	30	35	40	45
Pas (en mm.)	1	1	1,25	1,25	1,5	2	2	2	2,5	2,5	3	3	3,5	4	4
Diamètres (en millimètres)	48	50	55	60	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Pas (en mm)	4	5	5,5	6	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»

Le graphique (fig. 29) représente ces filetages. Ajoutons qu'un des deux types a été récemment supprimé, en attendant un système mieux établi.

Le service de la voie de la Compagnie de l'Est ne prescrit aucune forme de filet ; il demande seulement les rapports suivants entre les diamètres et les pas :

1° Filets triangulaires.

Diamètres (en millimètres) . . .	8	10	12	15	18	20	23	25	28	30	32	35	38	40	45	50
Pas (en mm.)	1,5	1,5	1,5	2	2	2	2,5	3	3	3	3	3,5	3,5	4	4	4,5

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2° FILETS CARRÉS.

Diamètres (en millimètres)	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	120	150
Pas (en mm.)	4	4	5	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	19	25

30. *Systèmes Delisle et de Saarbrück.* — Reuleaux (*der Konstructeur*, 4e édition, p. 204) cite les deux propositions de l'ingénieur Delisle et le type adopté par les ingénieurs de Saarbrück (*Pfalz Saarbrücker Bezirksverein deut. Ingenieure*), comme représentant la meilleure pratique allemande.

Le profil du filet est celui de Sellers pour le premier type Delisle et le type de Saarbrück ; dans le second type Delisle, le filet dérive d'un triangle isocèle dont l'angle est de 55°, avec troncatures rectilignes comme dans le type Sellers.

Les diamètres et les pas sont les suivants :

DELISLE I		SAARBRUCK		DELISLE II	
DIAMÈTRES.	PAS.	DIAMÈTRES.	PAS.	DIAMÈTRES.	PAS.
millimètres.	millimètres.	millimètres.	millimètres.	millimètres.	millimètres.
4	0,8				
5	1				
6	1,2	6	1	6	1
7	1,4	7	1,2		
8	1,6	8	1,4	8	1,2
10	1,8	10	1,6	10	1,4
12	2	12	1,8	12	1,6
14	2,2	14	2	14	1,8
16	2,4	16	2,2	16	2
18	2,6	18	2,4	18	2,2
20	2,8	20	2,6	20	2,4
		22	2,8		
24	3,2	24	3	24	2,8
		26	3,2		
28	3,6	28	3,6	28	3,2
32	4	32	4	32	3,6
36	4,4	36	4,4	36	4
40	4,8	40	4,8	40	4,4
48	5,2	48	5,4	48	4,8
56	5,6	56	6	56	5,2
64	6	64	6,6	64	5,6
72	6,4	72	7,2	72	6
80	6,8	80	7,8	80	6,4

Ce tableau est traduit graphiquement sur la figure 30.

Delisle prévoit l'emploi de diamètres intermédiaires dans les deux systèmes ; on devra alors choisir le pas correspondant au diamètre immédiatement supérieur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les nombres du tableau sont calculés d'après quelques formules simples :

DELISLE I :

Diamètres de 4 à 8 millimètres :	$p = 0{,}2\ D$
— — 8 à 40 —	$p = 0{,}8 + 0{,}1\ D$
— — 40 à 80 —	$p = 2{,}8 + 0{,}05\ D$

SAARBRUCK :

Diamètres de 6 à 8 millimètres :	$p = 0{,}2\ (D-1)$
— — 8 à 26 —	$p = 0{,}6 + 0{,}1\ D$
— — 28 à 40 —	$p = 0{,}8 + 0{,}1\ D$
— — 40 à 80 —	$p = 1{,}8 + 0{,}075\ D$

DELISLE II :

Diamètres de 6 à 40 millimètres :	$p = 0{,}4 + 0{,}1\ D$
— — 40 à 80 —	$p = 2{,}4 + 0{,}05\ D$

Il ne faut pas oublier que ces formules ne s'appliquent qu'aux nombres du tableau et ne servent pas pour des diamètres intermédiaires.

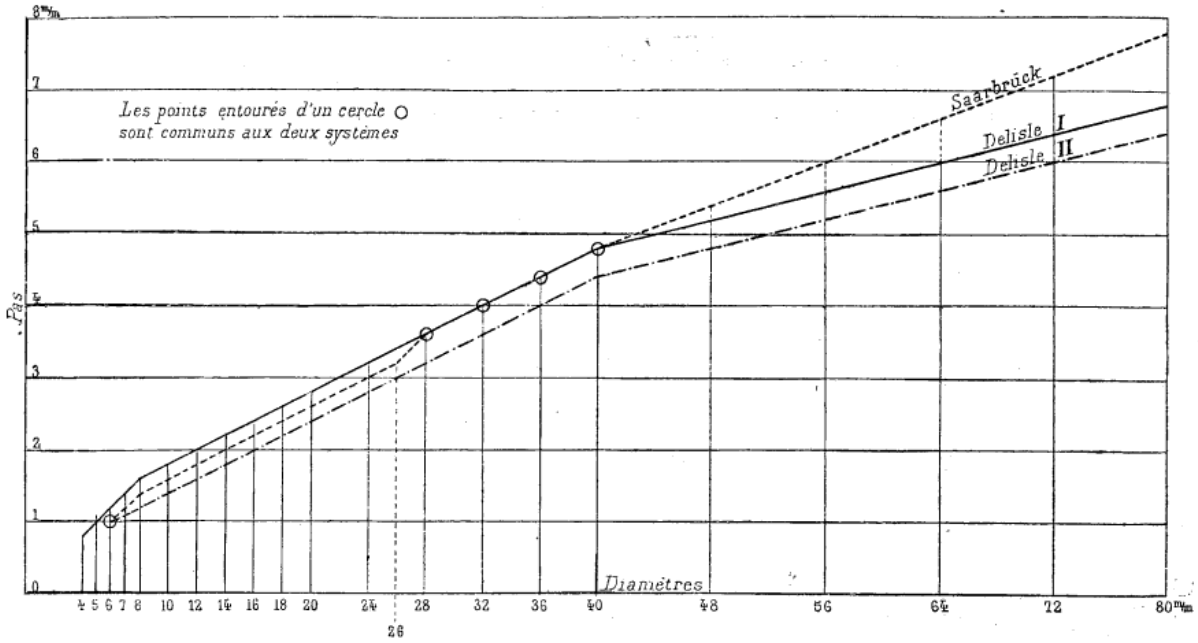


Fig. 30. — Filetages Delisle et de Saarbrück.

On trouvera quelques détails plus complets sur le second système Delisle dans la *Zeitschrift des Ver. d. Ing.*, 1883, p. 623; le tableau donné dans cette revue comprend encore les diamètres suivants :

Diamètres (en millimètres)	1	1,25	1,5	1,75	2	2,5	3	3,5	4	5
Pas (en mm)	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Diamètres (en millimètres)	96	112	128	144	160	»	»	»	»	»
Pas (en mm)	7,2	8	8,8	9,6	10,4	»	»	»	»	»

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

31. *Systèmes Reuleaux.* — Reuleaux propose (*der Konstructeur*, 4e édit., p. 207) deux nouveaux systèmes. L'un dérive du triangle dont la hauteur h égale la base p, avec deux troncatures rectilignes à une distance $h : 8$ du sommet et de la base (fig. 31, p. 206).

Le diamètre D se compte, comme presque toujours, sur l'extérieur de filets du boulon. On prend :

$p = 0{,}4 + 0{,}1$ D pour D variant de 4 à 40 millimètres.

$p = 2 + 0{,}006$ D pour D variant de 40 à 80 millimètres et au delà s'il était nécessaire.

Les diamètres admis, avec les pas correspondants, sont les suivants :

Diamètres (en mm.) . .	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	22	24
Pas (en mm.)	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,8	2	2,2	2,4	2,6	2,8
Diamètres (en mm.) . .	26	28	30	32	36	40	45	50	60	70	80	»	»	»
Pas (en mm.)	3	3,2	3,4	3,6	4	4,4	4,7	5	5,6	6,2	6,8	»	»	»

L'autre système conserve la forme du filet de Sellers, dérivée du triangle équilatéral : Reuleaux prend les diamètres et les pas du premier système Delisle pour des diamètres de 4 à 40 millimètres ; de 40 à 80 millimètres, $p = 1{,}6 + 0{,}08$ D, ce qui donne pour les valeurs adoptées de D :

Diamètres (en millimètres)	40	45	50	60	70	80
Pas (en mm.)	4,8	5,2	5,6	6,4	7,2	8

Pour un même diamètre, le pas est plus fort dans le second système, parce qu'à pas égal il affaiblit moins le boulon, la profondeur du filet, 0,75 h, étant moindre que dans le premier système, où $h = p$.

32. *Système Armengaud.* — Armengaud aîné, dans le *Vignole des mécaniciens*, a proposé l'emploi de la forme du filet Whitworth, avec des mesures métriques, l'unité de longueur étant le millimètre. Le pas p est lié au diamètre à l'extérieur du filet, D, par l'équation :

$$p = 0{,}08\ \mathrm{D} + 1.$$

Les diamètres adoptés et les pas correspondants sont les suivants :

Diamètres (en mm.) . .	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20	22,5	25	30	35
Pas (en mm.)	1,4	1,6	1,8	2	2,2	2,4	2,6	2,8	3	3,4	3,8
Diamètres (en mm.) . .	40	45	50	55	60	65	70	75	80	»	»
Pas (en mm.)	4,2	4,6	5,0	5,4	5,8	6,2	6,6	7	7,4	»	»

M. Steinlen, dans le mémoire que nous citons au § 34, reproche à ce système l'emploi de mesures fractionnaires du diamètre, ne concordant pas avec les dimensions usuelles des fers du commerce. En outre, le pas est trop fort pour les petits diamètres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

33. *Système D. Poulot.* — M. D. Poulot a proposé dans l'*Annuaire de la Société des anciens élèves des écoles d'Arts et Métiers* (1862, p. 303) un système qu'il dénomme *pas français;* l'auteur y a surtout cherché la facilité du taraudage. Le filet dérive d'un triangle équilatéral tronqué par des arrondis dont le centre est

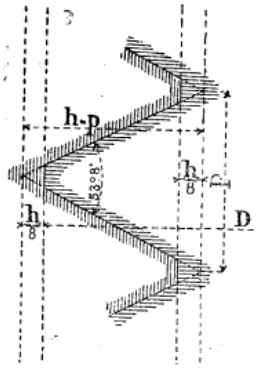


Fig. 31.
1er filet Reuleaux.

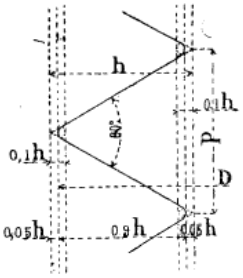


Fig. 32.
Filet D. Poulot.

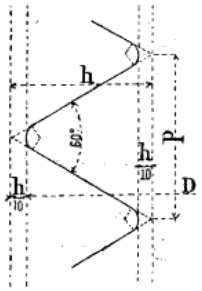


Fig. 33.
Filet Steinlen.

placé de chaque côté au dixième de la hauteur h : le rayon de cet arrondi est alors de 0,05 h, et la profondeur du filet est de 0,9 h ou environ 0,78 p (fig. 32).

Les diamètres à l'extérieur des filets et les pas se correspondent comme il suit :

Diamètres (en mm.)	7	8	9	10	. . . . .							Pas	1,5 mm.
—	11	12	13	14	. . . . .							—	1,75
—	15	16	17	18	19	. . . . .						—	2
—	20	21	22	23	. . . . .							—	2,5
—	24	25	26	27	28	. . . . .						—	3
—	29	30	31	32	. . . . .							—	3,5
—	33	34	35	36	37	38	. . . . .					—	4
—	39	40	. . . . .									—	4,5

34. *Système Heilmann, Ducommun et Steinlen.* — Le *Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse pour* 1873 (p. 444 et p. 451) décrit le système étudié et appliqué par MM. Heilmann, Ducommun et Steinlen. Les auteurs ont, depuis cette publication, fait quelques additions et modifications à leur système de filetage : nous donnons ici les éléments du système transformé. Le filet dérive du triangle équilatéral à angles arrondis, le rayon des arrondis étant le dixième du pas p; les cercles sont par suite tangents à des parallèles à l'axe menées à la distance 0,1 p du sommet et de la base du triangle (fig. 33).

Les valeurs du pas se rapprochent beaucoup de celles données par la formule d'Armengaud, $p = 0{,}08\ D + 1$, D étant le diamètre extérieur des filets; toutefois il est réduit pour les petits diamètres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La série adoptée est la suivante :

Diamètres (en mm.).	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	15	18	20
Pas (en mm.). . . .	0,5	0,75	0,75	1	1,25	1,25	1,5	1,5	1,75	1,75	2	2	2,5	2,5
Diamètres (en mm.).	23	25	28	30	33	35	38	40	43	45	48	50	»	»
Pas (en mm.). . . .	3	3	3	3,5	3,5	4	4	4	4,5	4,5	5	5	»	»
Diamètres (en mm.).	55	60	65	70	75	80	»	»	»	»	»	»	»	»
Pas (en mm.). . . .	5	6	6	7	7	7	»	»	»	»	»	»	»	»

35. *Système Bariquand et Marre.* — MM. Bariquand et Marre, qui ont étudié de très près les filetages et toutes les questions de mesures, ont adopté les pas

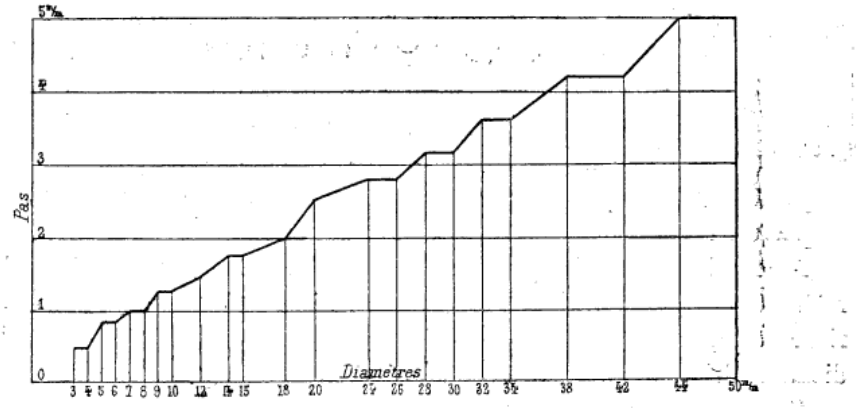


Fig. 34. — Filetages Bodmer.

et diamètres qui suivent, avec filet triangulaire tronqué (Voir le mémoire de M. Marre dans le *Bulletin de la Société*, à la suite du présent travail).

Diamètres (en mm.).	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	18	20
Pas (en mm.). . . .	0,5	0,5	0,6	0,6	0,75	0,75	0,75	0,875	1	1	1,25	1,25	1,5	1,5	1,5	1,75	1,75	1,75	2	2
Diamètres (en mm.).	22	25	28	30	35	40														
Pas (en mm.). . . .	2,5	2,5	3	3	3,5	4														

Ces pas sont en général parmi les plus fins en usage.

36. *Système Bodmer.* — D'après le mémoire de M. Steinlen cité au paragraphe 34, les filetages de Bodmer sont les suivants :

Diamètres (en mm.). .	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14
Pas (en mm.)	0,5	0,5	0,83	0,83	1	1	1,25	1,25	1,47	1,73
Diamètres (en mm.). .	15	18	20	24	26	28	30	32	34	»
Pas (en mm.).	1,73	2	2,5	2,78	2,78	3,125	3,125	3,58	3,58	»
Diamètres (en mm.). .	38	42	46	50	»	»	»	»	»	»
Pas (en mm.)	4,18	4,18	5	5	»	»	»	»	»	»

La figure 34 représente graphiquement ce tableau.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

37. *Système Polonceau.* — M. Polonceau, ingénieur en chef du matériel et de la traction de la Compagnie d'Orléans, a récemment établi un projet de type de filetage, de manière à correspondre surtout à la pratique des chemins de fer français. Comme ceux de la Compagnie de l'Est, les pas anciens de la Compagnie d'Orléans laissent beaucoup à désirer, car la forme du filet y varie avec le diamètre.

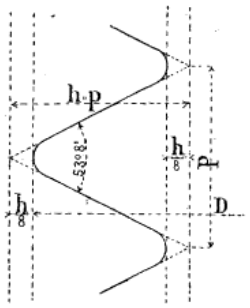


Fig. 35. — Filet Polonceau.

Le filet proposé par M. Polonceau dérive du triangle isocèle dont la hauteur h est égale à la base p, avec arrondis diminuant de chaque côté de 1 huitième la hauteur h (fig. 35). Le diamètre est compté à l'extérieur du filet.

26 diamètres sont prévus, parmi lesquels ceux de 4, 6, 8, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80 millimètres sont dénommés diamètres principaux; on prend :

$p = 0{,}25 + 0{,}125\ D$ pour les diamètres de 4 à 10 millimètres;

$p = 0{,}5 + 0{,}1\ D$ pour les diamètres de 10 et 30 millimètres inclus;

$p = 0{,}1\ D$ pour les diamètres supérieurs à 30 millimètres.

A ces diamètres principaux, on ajoute les intermédiaires 3, 5, 7, 9 millimètres, auxquels on attribue le pas du diamètre principal immédiatement supérieur et 12, 18, 23, 28 millimètres, qui empruntent la dimension du filet du diamètre principal immédiatement inférieur.

Ces dimensions sont groupées ci-dessous :

Diamètres (en mm.). .	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	18	20	23
Pas (en mm.).	0,75	0,75	1	1	1,25	1,25	1,5	1,5	1,5	2	2	2,5	2,5
Diamètres (en mm.). .	25	28	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
Pas (en mm.).	3	3	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8

38. *Système Thury pour les vis horlogères.* — Nous donnerons quelques détails sur le système Thury, bien qu'il s'applique aux vis horlogères, parce que c'est l'un des seuls dont les proportions soient définies par une loi mathématique. Il a été décrit par son auteur dans un ouvrage intitulé *Systématique des vis horlogères* (Genève, 1878) et dans une *Notice sur le système des vis de la filière suisse* (1880). La Société des Arts de Genève avait nommé, pour l'étude des filetages, une commission dont M. Thury fut rapporteur : il commença par étudier et mesurer des séries existantes de vis généralement employées par les horlogers : c'était la méthode employée par Whitworth pour les vis mécaniques.

Les vis horlogères, sauf les plus grosses, ne sont pas fabriquées à l'aide de filières coupantes, mais on emploie des filières dites forcées, qui n'agissent que par refoulement. Ce mode de fabrication ne réussit que pour certaines formes du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

filet, celles dérivant du triangle avec de grands arrondis; M. Thury a dû tenir compte de cette particularité de fabrication.

La profondeur du filet est les trois cinquièmes du pas; le sommet se termine par un arc de cercle dont le rayon égale au sixième du pas; le vide se termine du côté du noyau par un rayon égal au cinquième du pas.

Chaque pas se déduit du précédent en le multipliant par un certain coefficient fractionnaire : le coefficient choisi étant 0,9, les pas successifs, en partant de celui de 1 millimètre, seront :

$$1,\ 0{,}9,\ 0{,}9^2,\ 0{,}9^3,\ 0{,}9^4\ \ldots.$$

Ils seront représentés par la formule

$$p = C^n \quad \text{où } C = 0{,}9.$$

Les nombres sont arrondis en ne conservant que deux chiffres caractéristiques.

Le diamètre s'obtient en multipliant par une constante le pas élevé à une certaine puissance :

$$D = Mp^k.$$

Dans la formule :

$$p = (0{,}9)^n$$

n est un numéro d'ordre du pas, compté à partir d'une valeur initiale $n = 0$, correspondant au pas de 1 millimètre.

M. Thury a calculé divers systèmes d'après les mêmes formules générales, en prenant $C = 0{,}8$ et $C = 0{,}9$, puis $M = 6$ avec $k = 6 : 5$ et $M = 7$ avec $k = 5 : 4$; en outre, il a multiplié les combinaisons possibles, en intercalant entre chaque numéro 1 ou 2 diamètres intermédiaires, mais en leur conservant le pas du diamètre principal voisin.

Nous donnerons seulement celle de ces combinaisons qui a été adoptée, avec $C = 0{,}9$, $M = 6$, $k = 6 : 5$.

Numéros	25	24	23	22	21	20	19	18	17
Diam. extér. (en mm.)	0,25	0,29	0,33	0,37	0,42	0,48	0,54	0,62	0,70
Pas (en mm.)	0,072	0,080	0,089	0,098	0,11	0,12	0,14	0,15	0,17

Numéros	16	15	14	13	12	11	10	9	8
Diamètre extér.	0,79	0,90	1,	1,2	1,3	1,5	1,7	1,9	2,2
Pas	0,19	0,21	0,23	0,25	0,28	0,31	0,35	0,39	0,43

Numéros	7	6	5	4	3	2	1	0	»	»	»
Diamètre	2,5	2,8	3,2	3,6	4,1	4,7	5,3	6	»	»	»
Pas	0,48	0,53	0,59	0,66	0,73	0,81	0,9	1	»	»	»

Les numéros 0 à 15 sont les plus employés.

Sauf pour la vis n° 0, qui a 6 millimètres de diamètre avec pas de 1 millimètre, on n'a nullement cherché à exprimer en nombres ronds les dimensions des vis.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Aussi le système Thury se rattache-t-il à peine aux mesures métriques, et peut être établi avec une unité de longueur autre que le millimètre. C'est ce qui a facilité son adoption en Angleterre, sur la recommandation de l'Association britannique (*Reports*, 1882, p. 311 et 1884, p. 287).

M. Thury a su créer un système pratique, et généralement adopté par les constructeurs. L'introduction de diamètres supplémentaires, indiquée par l'auteur, montre toutefois combien il est difficile d'avoir une loi simple pour le filetage, puisque, même en admettant des nombres fractionnaires quelconques, on a dû s'écarter quelque peu de la rigueur des formules.

39. *Système Thury pour les vis mécaniques.* — M. Thury a proposé d'appliquer ses formules pour les filetages au-dessus du diamètre de 6 millimètres : il suffit de donner des valeurs négatives à n, dans la formule $p = C^n$, le diamètre étant toujours $D = Mp^k$.

Avec les valeurs $C = 0{,}9$, $M = 6$, $k = 6 : 5$, on forme ainsi vingt numéros de vis dont les diamètres croissent de 6 à 75 millimètres.

Les chiffres arrondis sont les suivants :

Numéros.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Diamètres (en mm.). . .	6	6,8	7,7	8,8	10	11	13	15	17	19	21	24
Pas (en mm.).	1	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,6	2,9	3,2
Numéros.	12	13	14	15	16	17	18	19	20	»	»	»
Diamètres (en mm.). . .	27	31	35	40	45	51,5	58	66	75	»	»	»
Pas (en mm.).	3,5	4,0	4,4	4,9	5,4	6,0	6,7	7,4	8,2	»	»	»

M. Thury a dressé également ce tableau pour les autres valeurs des coefficients qu'il a admises et avec des diamètres intermédiaires.

La formule de M. Thury se rapproche convenablement des valeurs moyennes généralement admises pour les diamètres et les pas.

La figure 36 la représente graphiquement :

40. *Système Gill.* — Dans tous les systèmes que nous venons de citer, la forme du filet dérive du triangle isocèle : le système Gill, proposé à l'Institut Franklin (*Journal de l'Institut Franklin*, 1888, t. XCV, p. 185), nous montre un tracé différent.

M. J. L. Gill a cherché à concilier le moindre frottement des vis à filet carré avec la facilité d'exécution du filet triangulaire; en outre, quel que soit le diamètre, la réduction de la section est constante.

Comme la vis mécanique, sauf exceptions, est soumise à une traction qui ne change pas de sens, il suffit d'avoir une seule surface hélicoïde normale à l'axe dans le filet, engendrée par AB (fig. 37); l'autre face est une vis à filet triangulaire engendrée par CE, tracé à 45° sur la base EA.

La profondeur du filet est 0,04 D, D étant le diamètre extérieur; la section est ainsi réduite de 15,35 p. 100, quel que soit le diamètre. Les deux plats, au

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fond et à l'extérieur du filet, sont égaux. La longueur de chacun d'eux est la moitié de la différence du pas et de la profondeur. Les diamètres, sauf quelques

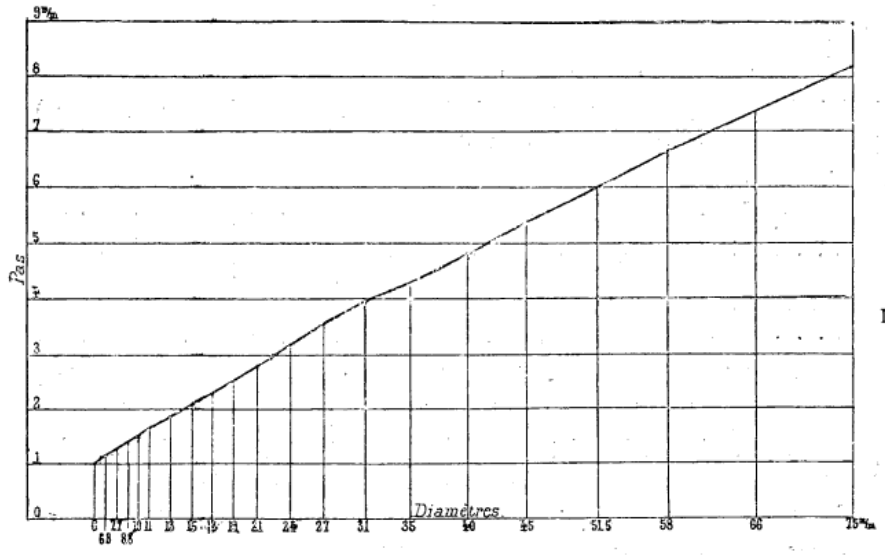


Fig. 36. — Filetages Thury.

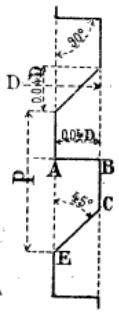


Fig. 37.

lacunes, sont les mêmes que dans le système Sellers; plusieurs des pas sont les mêmes dans les deux systèmes, quelques-uns sont modifiés dans le filetage Gill.

Dans le tableau ci-dessous, les pas inscrits en gros caractères sont communs à Sellers et à Gill.

Diamètres (en pouces). . .	1/2	5/8	3/4	7/8	1	1 1/8	1 1/4	1 1/2	1 3/4	2
Nombre de filets p. pouce. .	12	**11**	**10**	**9**	**8**	**7**	**7**	**6**	6	5
Diamètres (en mm.). . . .	12,70	15,88	19,05	22,22	25,4	28,58	31,70	38,10	44,45	50,8
Pas (en mm.)	2,12	2,31	2,54	2,82	3,18	3,63	3,63	4,23	4,23	5,08

Diamètres (en pouces) . .	2 1/4	2 1/2	2 3/4	3	3 1/4	3 1/2	3 3/4	4	4 1/4
Nombre de filets p. pouce. .	5	**4**	**4**	4	4	3	**3**	**3**	3
Diamètres (en mm.). . . .	57,15	63,5	69,85	76,2	82,55	88,90	95,25	101,6	108
Pas (en mm.).	5,08	6,35	6,35	6,35	6,35	8,47	8,47	8,47	8,47

Diamètres (en pouces). . .	4 1/2	4 3/4	5	5 1/4	5 1,2	5 3/4	6
Nombre de filets p. pouce. .	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2	2	2
Diamètres (en mm.). . . .	114,3	120,7	127	133,4	139,6	146	152,3
Pas (en mm.).	10,16	10,16	10,16	10,16	12,7	12,7	12,7

41. *Systèmes divers.* — Nous citerons encore quelques autres systèmes. Aux États-Unis, M. Briggs a proposé la formule $p = 0{,}096\,D + 0{,}026$, p et D étant exprimé en pouces, et les valeurs calculées du pas étant arrondies (*Journal de l'Institut Franklin,* vol. XLIX, p. 115). Nous trouvons, dans la *Systématique,* etc.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de M. Thury (p. 36), le tableau, qui suit, des filetages proposés par Redtenbacher :

Diam. (mm).	10	12	14	16	18	20	24	28	32	36	40	44
Pas (mm.)..	1,905	2	2,121	2,353	2,571	2,740	3,117	3,5	3,818	4,138	4,445	4,782
Diam. (mm).	48	52	56	60	»	»	»	»	»	»	»	»
Pas (mm.)..	5,053	5,361	5,6	5,882	»	»	»	»	»	»	»	»

Le *Traité des machines à vapeur de Julien* (1859, p. 91, cité par M. Thury) indique les filetages suivants comme généralement adoptés par les constructeurs français de l'époque.

Diamètres (en mm.). . . .	6	8	10	12	15	18	20	23	25	28	30	35	40
Pas (en mm.).	1	1,3	1,	1,5	2	2	2,5	2,5	3	3	3	3,5	4
Diamètres (en mm.). . . .	45	50	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Pas (en mm.).	4,5	4,5	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»

42. *Filetages usités en France.* — L'énumération, que nous venons de faire, nous donne un aperçu des filetages les plus fréquemment employés en France. Nous voyons que certaines administrations de l'État et les grandes Compagnies de chemins de fer ont fixé des types pour leur matériel. Mais quels sont les types usités lorsque le consommateur n'en impose aucun au fabricant? Une longue enquête permettrait seule de répondre avec précision à cette question. Souvent les types de filetages sont ou si mal définis, ou si mal connus, que ceux mêmes qui en font usage ne peuvent dire exactement quelles règles ils suivent. Beaucoup de constructeurs se servent des types qui leur ont été demandés lors de commandes importantes; mais les types se confondent, les formes s'altèrent, et l'on pourrait former une immense collection de vis toutes de formes et de pas différents pour les mêmes diamètres.

Aussi, pour bien des constructions, doit-on se contenter d'une exactitude relative des boulons et des écrous, chaque écrou s'ajustant sur le boulon correspondant. Heureux quand on peut intervertir les écrous de même diamètre sur une même machine! Bien souvent on voit les monteurs qui enlèvent un plateau de cylindre marquer les écrous et les ranger en chapelet pour remonter chacun sur le même goujon. C'est un aveu du temps qu'ils ont perdu à choisir et à essayer ces écrous lors du premier montage.

J'ajouterai quelques renseignements qu'ont bien voulu me donner divers constructeurs.

Le Creusot, lorsque aucun autre type ne lui est imposé, fait usage des filetages de la Marine française. On a dressé, pour le service des ateliers, un tableau donnant le pas, le diamètre nominal (sur la pointe tronquée des filets) et le diamètre réel approximatif à l'extérieur des filets, exprimé en centièmes de millimètres. Le Creusot a ajouté les diamètres de 22, 26 et 30 millimètres, qui ne figurent pas sur les tableaux de la Marine.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Elwell fils emploie également les filetages de la Marine, mais l'outillage de ses ateliers comprend aussi divers tarauds de dimensions différentes. MM. Bouhey, constructeurs de machines-outils, emploient une forme de filets dérivée du triangle équilatéral, avec les diamètres et pas qui suivent :

Diamètres (en mm.). . . .	5	6	7	8	10	12	15	18	20	23	25	28	30
Pas (en mm.).	1	1	1,3	1,5	1,5	1,5	2	2	2	2,5	3	3	3
Diamètres (en mm.). . . .	35	40	45	50	60	»	»	»	»	»	»	»	»
Pas (en mm.).	3,5	4	4,5	5	6	»	»	»	»	»	»	»	»

La Compagnie de Fives-Lille a la forme du filet et les pas de la Compagnie du chemin de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée pour les diamètres de 5 à 35 millimètres; elle a toutefois ajouté les diamètres de 32 et 38 millimètres, avec pas de $3^{mm},5$, qui ne figurent pas dans la série de ce chemin de fer. Mais pour les diamètres de 40 millimètres et au-dessus, la Compagnie de Fives-Lille a modifié et la forme du filet, et les pas : le filet dérive d'un triangle isocèle où $h = 1,25p$, tronqué par des arrondis qui enlèvent de chaque côté $0,225p$, et le pas est le dixième du diamètre. Cette adoption partielle d'un système, avec modification pour certains diamètres, faite dans les ateliers les mieux dirigés, est encore une preuve de l'utilité d'une définition uniforme du filetage.

MM. de Diétrich et C^ie^ ont choisi une série de diamètres et de pas du système Whitworth, en arrondissant les cotes à un dixième de millimètre et en choisissant pour diamètre de la tige un nombre rond de millimètres un peu supérieur au diamètre compté sur l'extérieur des filets.

Les valeurs admises sont les suivantes :

Diam. du corps du boulon (mm.).	10	13	16	20	23	26	30	33	36	40	43	46	50
Diamètres des filets (mm.). . .	9,5	12,7	15,9	19,1	22,2	25,4	28,6	31,8	34,9	38,1	41,3	44,5	47,6
Pas (mm.).	1,6	2,1	2,3	2,5	2,8	3,2	3,6	3,6	4,2	4,2	5,08	5,08	5,6

Ces valeurs fractionnaires sont peu satisfaisantes : on hésiterait à les accepter même pour lier, par une loi simple, les diamètres et les pas, mais elles semblent inacceptables quand elles n'ont d'autre raison d'être que la lenteur de quelques nations à accepter le système métrique.

Des constructeurs déclarent employer le « pas des chemins de fer », mais il est difficile de savoir quel est le filetage ainsi désigné, parmi les types si variés adoptés par les Compagnies de chemins de fer.

Ces quelques exemples suffisent pour montrer combien nous sommes loin de l'uniformité des filetages; que peuvent être les vis exécutées dans les ateliers de peu d'importance, quand on trouve un tel désordre chez d'excellents constructeurs?

43. *Limites d'un système uniforme de vis mécaniques.* — D'après les différents exemples que nous venons de citer, le diamètre de la plupart des vis mécaniques

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

est compris entre 4 et 100 millimètres. Celui de 6 millimètres, avec le pas de 1 millimètre, est la limite supérieure des vis horlogères : il peut être la limite commune des deux classes de vis. Toutefois il est utile d'admettre, pour les vis mécaniques, un ou deux diamètres inférieurs à 6 millimètres. On peut aussi prévoir les diamètres supérieurs à 100 millimètres, mais comme ils seront rarement employés, on ne doit le faire que si on les obtient sans rien sacrifier pour les dimensions usuelles. La limite supérieure extrême peut être prise vers 150 millimètres.

Entre les limites, il convient de fixer un nombre de diamètres suffisants pour tous les besoins de la pratique. On pourrait qualifier certains diamètres de principaux et recommander de les choisir de préférence; mais il faut prévoir un nombre suffisant de dimensions intermédiaires pour ne rien laisser au hasard et au caprice individuel.

Cherchons à déterminer les divers éléments d'un tel système.

44. *Forme du filet.* — Nous étudierons d'abord la forme à donner au filet. En fixant le rapport des pas aux diamètres, on doit tenir compte de cette forme, car la profondeur du filet, qui détermine le diamètre du noyau du boulon, est une fraction du pas variable suivant la forme choisie. Comme il convient de ne pas trop affaiblir le noyau, les pas devront être moindres avec les filets profonds.

Nous écarterons d'abord les vis à filet carré et à filet rond, qui ne peuvent convenir que pour des usages spéciaux, à cause de la difficulté d'exécution, surtout dans la fonte. Le profil de la plupart des vis mécaniques en usage dérive du triangle isocèle avec troncatures par arcs de cercle ou par droites parallèles à la base. La forme de Gill (§ 40) est différente : elle dérive d'un triangle rectangle avec hypoténuse à 45° sur l'axe de la vis (fig. 37). Dans son mémoire (*Journal of the Franklin Institute*, 1888, p. 185), M. Gill expose nettement les avantages de cette forme : l'exécution est facile dans tous les métaux; la vérification précise est aisée, la portée complète de l'écrou sur le boulon est assurée, enfin le boulon est moins affaibli que dans tous les types usuels. Des boulons et des écrous exécutés, d'après le système Gill, ont été essayés à la traction, comparativement avec des boulons Whitworth et Sellers; ils ont montré un excès notable de résistance, ainsi qu'on le prévoyait. L'affaiblissement de résistance au cisaillement des filets, tenant à leur éloignement sur le noyau, est sans importance, vu l'excès de hauteur presque toujours donné aux écrous.

Le système Gill est séduisant et l'on serait tenté de l'adopter si l'on prenait le problème des filetages *a priori* sans s'occuper de ceux qui existent déjà; mais il est à craindre qu'un tel abandon des formes reçues ne rencontre une vive opposition.

Nous choisirons, conformément aux usages, un filet dérivé du triangle isocèle. Deux triangles seuls paraissent à recommander, le triangle équilatéral et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

celui dont la hauteur égale la base. Le tracé exact en est des plus faciles, ce qui est d'une grande importance pour un système général. Le filetage des triangles plus aigus réussit moins bien, surtout dans la fonte.

On pourrait aussi choisir, comme l'ont fait MM. Bariquand et Marre, l'angle qui résulte de l'emploi d'un outil en prisme à base équilatérale, monté ainsi que nous l'avons dit § 13. Cet angle est de 58° 17′,7. Ce serait substituer à la définition géométrique simple d'un système de filetage la définition d'un procédé d'exécution. Or, si ingénieux que soit ce procédé, il serait fâcheux de lui sacrifier en quelque sorte toute autre méthode de fabrication. D'ailleurs, même avec ce procédé, la confection pour les vis de grande précision d'un outil à section triangulaire isocèle avec un angle différant un peu de 60° ne paraît pas une grande complication. Et si on voulait l'appliquer à des vis peu précises, l'erreur commise en employant l'outil à angle de 60° serait sans doute de peu d'importance, au moins pour les pas ne dépassant point 3 ou 4 millimètres, pourvu que la surface approchée reste toujours du même côté de l'enveloppe théorique, suivant la règle fondamentale.

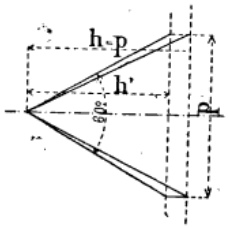


Fig. 38.

Le triangle équilatéral est adopté par Sellers, par la Marine française, par Bouhey, par les ingénieurs de Saarbrück, par Delisle (1er système), par D. Poulot, H. Ducommun et Steinlen; le triangle à hauteur égale à la base (ou au pas) se trouve dans les filetages de l'Artillerie, des chemins de fer du Nord, de l'État français, de l'Ouest (voie), des systèmes proposés par Reuleaux, par M. Polonceau.

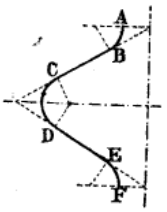


Fig. 39.

On voit que l'une et l'autre forme peuvent invoquer de hauts patronages : en considérant l'importance des applications déjà faites, c'est à la première qu'on donnera la préférence. Elle a d'ailleurs l'avantage, en admettant qu'on tronque une même fraction de la hauteur du cylindre, de donner à pas égal un filet un peu moins profond (fig. 38).

La troncature se fait soit par des arcs de cercle tangents aux côtés du triangle, soit par des droites parallèles à l'axe de la vis. A première vue, les arcs de cercle plaisent davantage par la continuité des contours, surtout quand on regarde les épures à échelle agrandie. C'est elle qu'on trouve dans la plupart des filetages anciens, à l'imitation du type Whitworth. Mais cette harmonie apparente de la forme arrondie disparaît pour l'observateur attentif. Aussi la troncature rectiligne est-elle admise dans la plupart des types modernes.

Il faut, en effet, des précautions extrêmes pour exécuter correctement un profil tel que ABCDEF (fig. 39) composé de trois arcs de cercle et de deux droites, surtout quand le pas AF est compris entre 1 et 3 millimètres, comme

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pour la majorité des vis employées. Au lieu de tracer les arcs avec un rayon déterminé, on se contente souvent, comme dit la description de plusieurs systèmes de filetage, « d'arrondir les sommets du triangle ». C'est substituer, au travail net et précis qui seul permet l'échange des pièces similaires, l'exécution suivant une forme quelconque approchée. Mais supposons une exécution des plus soignées : comment se présentera l'écrou sur le boulon? Le contact des filets sur tout le développement ABCDEF est pratiquement irréalisable, à moins de travailler chaque pièce comme un appareil de précision; il est même rare de trouver des calibres de vérification, dont le prix est fort élevé, où ce contact uniforme soit bien réalisé. Il n'y a qu'une solution pratique, c'est d'employer deux rayons différents r et r' pour les parties correspondantes, comme le montre la figure 40, afin de les éloigner l'une de l'autre. Le contact n'a plus lieu que suivant la partie rectiligne BC, et l'arrondi est en réalité l'équivalent d'une énorme troncature rectiligne, suivant CD et BE', qu'on n'hésiterait pas à rejeter, parce qu'on voit immédiatement combien elle réduit la section des filets et leur surface de contact. Cependant cette troncature rectiligne aurait au moins l'avantage de ne pas creuser le noyau autant que l'arrondi adopté.

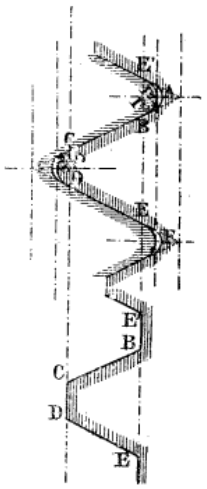


Fig. 40.

Si nous considérons maintenant, au lieu des produits les plus soignés, des vis d'exécution ordinaire, nous pourrons voir s'intervertir les différences des rayons des congés. L'écrou se forcera dans le fond des filets, qui seuls se toucheront. Le montage sera difficile, et les surfaces d'appui insuffisantes.

Delisle cite dans la *Zeitschrift des Ver. D. Ing.* (1883, p. 624) un exemple instructif à cet égard. Reuleaux avait commandé, à dix fabricants d'Allemagne des plus renommés, cinq boulons avec écrous, de diamètres déterminés, suivant le filet Whitworth. Sur chaque boulon il a essayé les neuf autres écrous du diamètre correspondant, ce qui faisait quatre cent cinquante essais; le résultat a été satisfaisant pour un tiers environ des essais; pour un second tiers, l'écrou ne pouvait se visser que d'un tour, enfin les autres essais ont indiqué ou beaucoup trop de jeu de l'écrou sur le boulon, ou bien impossibilité de faire faire plus de quelques tours à l'écrou.

La troncature droite est admise par Sellers, par la Marine et l'Artillerie françaises, par Delisle, les ingénieurs de Sarrebrück, Reuleaux. Seule elle permet une fabrication précise : l'expérience des Américains prouve que les angles de ce profil ne donnent aucune difficulté pour le taraudage. L'enquête faite par l'Institut Franklin et citée § 21 ne laisse aucun doute à cet égard. Enfin la troncature étant une fois déterminée, la seule condition essentielle est que ni l'écrou ni le boulon ne la dépassent. Les constructeurs qui préféreraient employer de petits

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

arrondis quelconques (fig. 41), en dedans des limites prescrites, pourraient le faire sans inconvénient, surtout pour les vis communes. Il est, d'ailleurs, toujours nécessaire de laisser un certain jeu à l'extrémité des filets. On a vu, § 23, que l'Artillerie prévoit, à cet effet, des troncatures différentes pour le boulon et pour l'écrou. Nous ne croyons pas utile, dans un système général, de coter ainsi le jeu à laisser. Le jeu doit exister, mais il convient de donner aux constructeurs la faculté de le réduire autant que possible. En fait, le jeu est prévu à cause de la difficulté de réaliser rigoureusement le profil limite. On ne réalisera pas plus exactement le profil agrandi tracé, et la simple condition de se tenir en dedans des limites est suffisante.

Quelle valeur donnera-t-on à la troncature? Le mieux paraît être de la prendre égale au huitième de la hauteur h du triangle du côté de la base près du sommet comme l'ont fait Sellers, la Marine française, Reuleaux. Cette valeur du huitième se trouve aussi sur divers filets arrondis.

Fig. 41.

En définitive, nous recommandons la forme du filet adoptée par Sellers et la Marine française. Il y a, d'ailleurs, un certain intérêt à prendre dans le système, largement développé aux États-Unis, le seul élément qui ne dépende pas des mesures non métriques.

45. *Définition du diamètre des vis.* — Nous avons signalé, au § 18, l'incertitude qui peut exister sur ce qu'on entend par le diamètre d'une vis. Une définition précise est indispensable. Nous admettons, comme on le fait dans la plupart des systèmes, que la vis est définie par le diamètre mesuré sur l'extérieur des filets du boulon, après troncature, en supposant que ces filets soient rigoureusement exécutés suivant le profil théorique. En réalité, le diamètre mesuré sur l'extérieur des filets du boulon sera un peu plus petit, et le diamètre correspondant mesuré au fond des filets de l'écrou sera un peu plus grand.

La Marine française a choisi une autre définition du diamètre, en comptant celui du cylindre sur lequel viennent affleurer le sommet des filets du boulon avant troncature. Le diamètre extérieur des boulons, mesuré d'après la règle usuelle, est notablement inférieur au diamètre nominal de la Marine, et n'est plus exprimé par un nombre rond de millimètres.

Le corps du boulon est établi suivant le diamètre nominal. Les filets sont alors sensiblement en retrait sur le corps. Cette forme peut convenir pour des boulons de machines, entièrement tournés dans toutes leurs parties; mais elle s'appliquerait mal à la généralité des boulons. Si la barre doit être filetée brute, le taraudage, plus profond, serait plus difficile, et l'on affaiblirait inutilement les pièces.

Avec la règle usuelle, le diamètre est encore en réalité une cote nominale,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

puisqu'il faut bien tenir le boulon un peu en dedans du profil théorique. Il convient d'admettre pour le corps du boulon un diamètre un peu supérieur à D, soit D + $0^{mm},5$ afin de tenir compte des inégalités des fers bruts, et, quand les boulons sont tournés, de tenir le corps un peu plus gros que la partie filetée, car certains boulons sont enfoncés à force dans leurs trous. Tous les trous seront percés en conséquence, c'est-à-dire avec un diamètre dépassant D + $0^{mm},5$.

46. *Choix des diamètres et des pas.* — Nous arrivons à la partie la plus délicate de tout système de filetage, au choix des diamètres et des pas correspondants. Doit-on lier les diamètres au pas par une loi algébrique, comme l'a fait M. Thury? Doit-on permettre le choix de tous les diamètres, d'où le pas se déduit par la formule, ou ne considérer comme réguliers que certains diamètres? Si l'on cherche l'uniformité, il est clair qu'on ne peut admettre une valeur absolument quelconque du diamètre, mais le nombre de ceux qui sont admis peut être plus ou moins grand.

Quelle que soit la méthode adoptée, il convient, comme l'ont fait Whitworth et Thury avec grand succès, de ne pas trop s'écarter des valeurs les plus généralement admises : un système nouveau doit être une sorte de moyenne des principaux systèmes existants.

47. *Résumé des dimensions en usage.* — Pour établir cette moyenne, nous avons résumé dans un tableau (p. 236 et suiv.) les pas correspondant aux divers diamètres. Nous ferons remarquer sur ce tableau, en passant, une certaine répulsion pour le nombre 13. Plusieurs systèmes admettent les diamètres 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, etc., plus un intermédiaire ; on évite le demi-millimètre, et l'on choisit de préférence le chiffre approché par excès, 18, 23, 28, etc. ; mais exception est faite pour 13, auquel on a souvent préféré 12.

48. *Conditions à chercher pour un système uniforme.* — Un nouveau système devra reposer sur une formule simple, facile à calculer : c'est le moyen le plus sûr d'éviter les erreurs dans les reproductions successives d'un tableau des filetages : chacun peut vérifier le tableau qu'il a entre les mains ou l'établir au besoin. Avec une table sans aucune loi reliant les valeurs successives des pas, les fautes sont plus probables, des interpolations peuvent se faire sans ordre ; enfin chacun résistera moins facilement à la tentation d'y apporter quelques changements ; or de tels changements, si minimes qu'ils paraissent, seraient la ruine complète du système. D'une part il convient de n'admettre qu'un petit nombre de diamètres fondamentaux, qu'on emploierait autant que possible ; d'autre part, si une administration spéciale, ne faisant que certaines constructions, peut se contenter de ces diamètres en petit nombre, il serait chimérique d'espérer qu'ils suffiraient toujours à l'industrie entière.

49. *Discussion des formules.* — La formule ingénieuse de M. Thury est une des meilleures qu'on puisse trouver : mais elle conduit à des fractions un peu

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

compliquées du millimètre, pour les pas et les diamètres; le calcul n'en est pas tout à fait élémentaire : pour ces raisons, tout en reconnaissant sa grande valeur, nous ne proposons pas de l'adopter. Toutefois nous attachons grande importance à ce qu'au diamètre de 6 millimètres corresponde le pas de 1 millimètre comme dans la vis n° 0 de M. Thury, afin que les nouveaux filetages se relient à la série horlogère. Nous ne prévoyons pas de vis de diamètre inférieur à 6 millimètres, car il nous paraît préférable de choisir pour ces petites vis les pas et diamètres mêmes de la série horlogère.

Beaucoup de systèmes reposent sur deux ou trois formules successives, applicables chacune entre certaines limites du diamètre : c'est un grave inconvénient, et la formule unique est bien préférable.

Les formules de filetage sont entièrement empiriques ; elles n'expriment aucune propriété mécanique des vis, et n'ont d'autre mérite que de donner pour les diamètres et les pas des valeurs conformes à la pratique. Même les formules de M. Thury, qui ont pour base une certaine loi de croissance des diamètres, ne peuvent guère être considérées que comme empiriques.

Nous croyons utile d'indiquer diverses propositions qui ont été étudiées par la commission, afin de bien établir les divers motifs de son choix.

Comme il est désirable de pousser à l'emploi fréquent de certaines vis dites principales, en réduisant autant que possible l'usage des vis intermédiaires, on peut à cet effet chercher une formule permettant de calculer le pas pour un grand nombre de diamètres, exprimés par un nombre entier de millimètres (entre les deux limites extrêmes adoptées) mais ne donnant des valeurs bien simples du pas que pour certains diamètres convenablement espacés. On serait ainsi toujours porté à se servir de préférence de ces diamètres : on pourrait choisir les autres, mais ce choix entraînerait une sorte de pénalité par suite de l'expression moins simple du pas.

La formule :

$$D = \frac{(p+3{,}75)^2}{1{,}18} - 13$$

a été établie de la sorte.

p =	1	1,25	1,5	1,75	2	2,25	2,5	2,75	3	3,25	3,5	3,75	mm.
D =	6	8	10	13	15	18	20	23	26	29	32	35	mm.
p =	4	4,25	4,5	4,75	5	5,25	5,5	5,75	6	6,25	6,5	6,75	mm.
D =	38	41	45	48	52	56	60	63	68	72	76	81	mm.
p =	7	7,25	7,5	7,75	8	8,25	8,5	8,75	9	9,25	9,5	9,75	mm.
D =	85	90	94	99	104	109	114	119	125	130	136	141	mm.
p =	10	10,25	mm.	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
D =	147	153	mm.	»	»	»	»	»	»	»	»	»	

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En prenant pour p des valeurs croissant de quart en quart de millimètre, depuis 1 mm. jusqu'à 10,25 mm., on trouve les valeurs indiquées ci-dessus pour les diamètres, exprimés par un nombre entier de millimètres : si la formule donne un nombre fractionnaire, on l'arrondit en choisissant le nombre entier le plus voisin, qu'il soit plus grand ou plus petit.

Les pas exprimés en quarts de millimètre déterminent la série des vis principales, qu'on doit employer de préférence : leurs diamètres forment une suite assez rapprochée pour convenir presque toujours. Les vis supplémentaires, ajoutées, au besoin, à la série principale, auraient pour pas des nombres entiers de millimètres plus 1, 4, 6 ou 9 dixièmes. Il ne paraît guère utile de prévoir l'addition de 2, 3, 7 ou 8 dixièmes, car les pas ainsi obtenus se rapprocheraient trop des pas principaux N, 25 et N, 75 (N étant un nombre entier). Du pas on déduit, d'après la formule, le diamètre, exprimé en nombre entier de millimètres.

Il peut se faire qu'on retrouve ainsi un diamètre principal déjà prévu : on devra dans ce cas employer le pas principal correspondant. Cela se produit pour le pas 1, 4, qui donne le diamètre 10 : on ne devra pas faire usage de ce pas 1, 4, mais du pas 1, 5.

Toutes les valeurs des diamètres et des pas sont données ci-dessous : les diamètres principaux sont en gros caractères.

Diamètre. .	**6**	7	**8**	**10**	11	**13**	14	**15**	16	**18**	19	**20**
Pas.	1	1,1	1,25	1,5	1,6	1,75	1,9	2	2,1	2,25	2,4	2,5
Diamètre. .	21	**23**	24	**26**	27	**26**	30	**32**	33	**35**	37	**38**
Pas.	2,6	2,75	2,9	3	3,1	3,25	3,4	3,5	3,6	3,75	3,9	4
Diamètre. .	39	**41**	43	**45**	46	**48**	50	**52**	53	**56**	58	**60**
Pas.	4,1	4,25	4,4	4,5	4,6	4,75	4,9	5	5,1	5,25	5,4	5,5
Diamètre. .	61	**63**	66	**68**	69	**72**	74	**76**	78	**81**	83	**85**
Pas.	5,6	5,75	5,9	6	6,1	6,25	6,4	6,5	6,6	6,75	6,9	7
Diamètre. .	87	**90**	92	**94**	96	**99**	102	**104**	106	**109**	112	**114**
Pas.	7,1	7,25	7,4	7,5	7,6	7,75	7,9	8	8,1	8,25	8,4	8,5
Diamètre. .	116	**119**	123	**125**	127	**130**	133	**136**	138	**141**	145	**147**
Pas.	8,6	8,75	8,9	9	9,1	9,25	9,4	9,5	9,6	9,75	9,9	10
Diamètre. .	149	**153**	mm	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Pas.	10,1	10,25	mm	»	»	»	»	»	»	»	»	»

La fig. 42 donne le tracé graphique de ce filetage.

La formule ainsi établie ne se présente pas avec une simplicité suffisante : la suc-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cession des pas, qui est (N étant un nombre entier de millimètres) : N, N + 0,1, N + 0, 25, N + 0, 4, N + 0,5, N + 0.6, N + 0,75, N + 0, 9, N + 1, n'est pas entièrement régulière; l'écriture en fraction décimale des quarts de millimètre exige l'emploi de deux chiffres après la virgule. Ce sont là des inconvénients inhérents au système décimal de numération; ces inconvénients pourraient paraître minimes dans des applications limitées; ils prennent de l'importance quand il s'agit d'un système destiné à une extension générale.

Faire varier les pas de dixième en dixième de millimètre serait les multiplier d'une manière excessive : mieux vaudrait les prendre de cinquième en cinquième de millimètre, ce qui n'a que le défaut peu important de faire disparaître de la série le demi-millimètre.

La formule

$$D = \frac{(p+3,6)^2}{1,1} - 13$$

analogue à la précédente, mais avec des coefficients

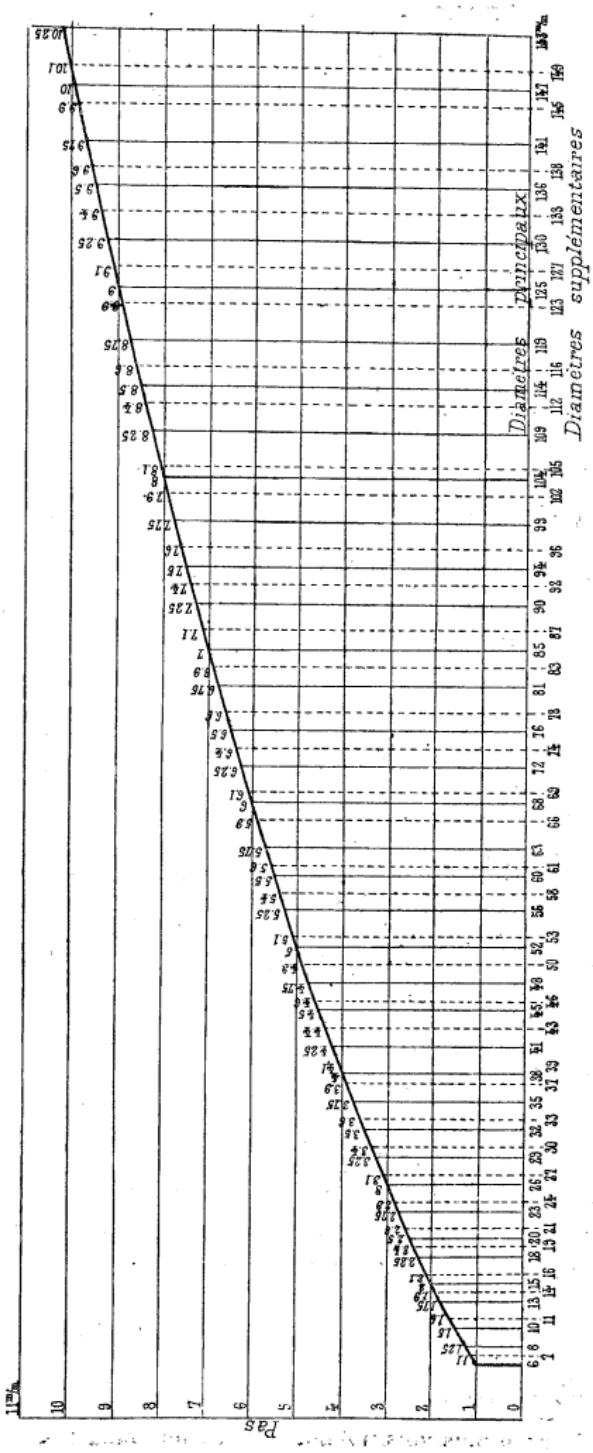


Fig. 42. — Premier système étudié.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

un peu différents, donnerait alors la série suivante, qui paraît bien graduée (la valeur du diamètre est arrondie comme précédemment) :

p =	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,2	2,4	2,6	2,8	mm.
D =	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	mm.
p =	3	3,2	3,4	3,6	3,8	4	4,2	4,4	4,6	4,8	mm.
D =	27	29	32	34	37	40	42	45	48	51	mm.
p =	5	5,2	5,4	5,6	5,8	6	6,2	6,4	6,6	6,8	mm.
D =	54	58	61	64	67	71	74	78	82	85	mm.
p =	7	7,2	7,4	7,6	7,8	8	8,2	8,4	8,6	8,8	mm.
D =	89	93	97	101	105	109	114	118	122	127	mm.
p =	9	9,2	9,4	9,6	9,8	10	mm.	»	»	»	
D =	131	136	141	145	150	155	mm.	»	»	»	

Les intermédiaires sont presque inutiles, vu le rapprochement des diamètres successifs. La fig. 43 donne le tracé graphique de ce système.

50. *Formule proposée.* — Il est à craindre que la multiplicité des pas, prévus par les deux systèmes que nous venons d'indiquer, ne soit une objection grave à leur adoption. Pour le taraudage des boulons, les mêmes filières peuvent servir avec des diamètres différents, pourvu que le pas soit le même. Dans presque tous les systèmes, les pas varient seulement de demi en demi-millimètre : il semble avantageux d'adopter cette règle. Avec un aussi grand espacement des pas, les diamètres calculés d'après une formule seront trop espacés pour que l'on puisse se passer d'intermédiaires ; le pas de l'intermédiaire serait alors celui du diamètre principal immédiatement inférieur.

Pour bien mettre en lumière les diamètres principaux, qui risqueraient d'être souvent négligés, on peut, comme l'a fait M. Thury, les désigner par des numéros d'ordre, à partir du zéro, qui correspond à la vis de 6 millimètres de diamètre avec pas de 1 millimètre ; n étant le numéro, on peut poser, p et D étant exprimés en millimètres :

$$p = \frac{n}{2} + 1 \qquad\qquad D = \frac{(n+10)^2}{5} - 14$$

formules qui donnent des pas de demi en demi-millimètre et qui sont plus faciles à calculer que les précédentes. Si l'on voulait faire disparaître le numéro, les deux formules se réduiraient à

$$D = \frac{4}{5}(p+4)^2 - 14$$

Le diamètre calculé est arrondi, et on l'exprime par le nombre entier de millimètres le plus voisin de la valeur fractionnaire donnée par la formule.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

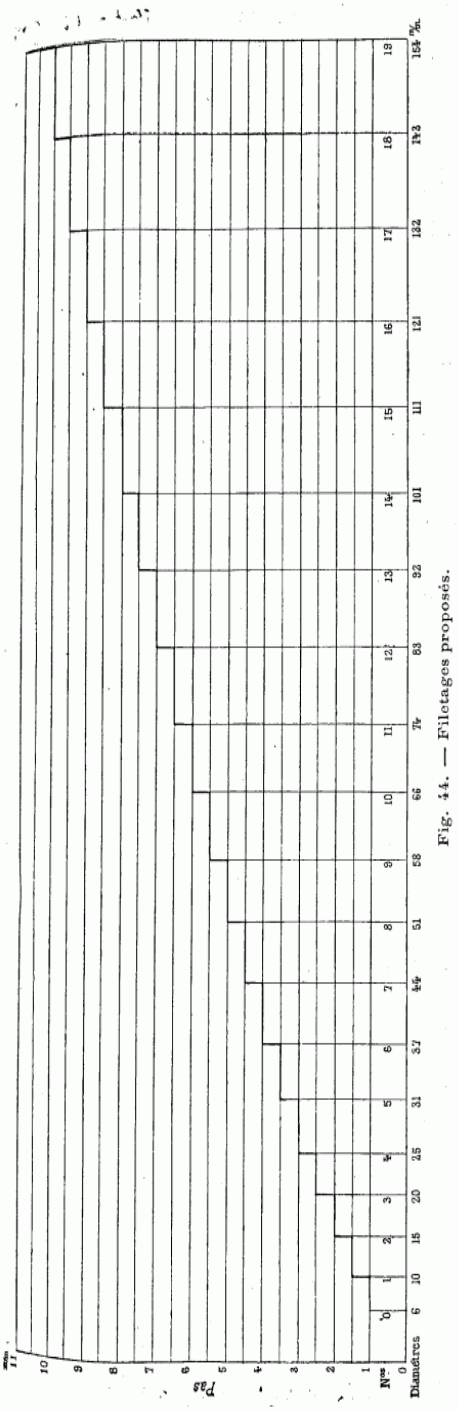


Fig. 44. — Filetages proposés.

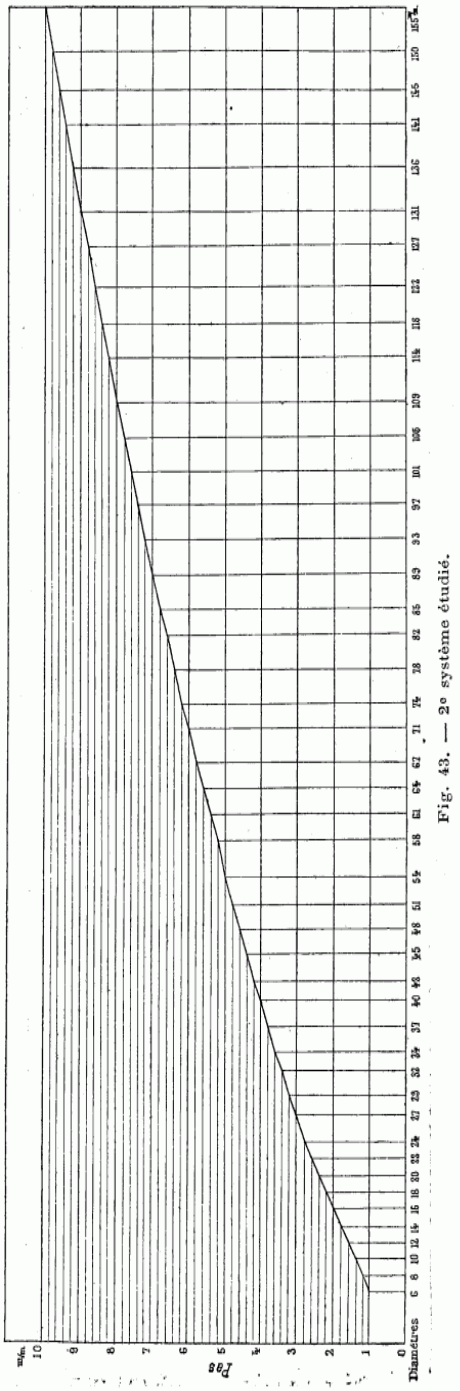


Fig. 43. — 2e système étudié.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En donnant à n les 20 valeurs 0 à 19, on obtient la série suivante :

n =	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
p =	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	mm.
D =	6	10	15	20	25	31	37	44	51	58	mm.
n =	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
p =	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10	10,5	mm.
D =	66	74	83	92	101	111	121	132	143	154	mm.

Les vis supplémentaires, dont le diamètre sera toujours un nombre entier de millimètres, auront le pas du numéro immédiatement inférieur : ainsi, pour le diamètre de 30 millimètres, le pas sera de 3 millimètres comme pour le diamètre de 25 millimètres (n° 4).

On pourrait aussi introduire les numéros dans la série des pas de cinquième en cinquième de milllimètre, en posant

$$p = \frac{n+5}{5}$$

$$D = \frac{(n+23)^2}{27,5} - 13$$

n aurait les 46 valeurs 0, 1, 2, 3... 45.

On conviendrait de ne qualifier vis principales que les 11 premiers numéros consécutifs, puis les numéros de 2 en 2 de 12 à 20 et enfin les numéros multiples de 5 de 25 à 45 : on obtiendrait ainsi une série bien graduée de 21 vis principales, savoir :

n =	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
p =	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,2	2,4	2,6	2,8	mm.
D =	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	mm.
n =	10	12	14	16	18	»	»	»	»	»	
p =	3	3,4	3,8	4,2	4,6	mm.	»	»	»	»	
D =	27	32	37	42	48	mm.	»	»	»	»	
n =	20	25	30	35	40	45	»	»	»	»	
p =	5	6	7	8	9	10	mm.	»	»	»	
D =	54	71	89	109	131	155	mm.	»	»	»	

Mais cette formule conserve une apparence un peu compliquée et donne des pas trop nombreux : aussi proposerons-nous en définitive celle où les pas varient seulement de demi en demi-millimètre.

La fig. 44 (page précédente) représente le graphique du système proposé.

51. *Condition absolue de l'uniformité.* — Nous insisterons sur la condition qui seule nous paraît permettre l'échange des écrous et des boulons : le profil fixé pour la vis est une surface limite qui doit être absolument respectée et par le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

boulon toujours trop petit, et par l'écrou toujours trop grand. Mieux vaut cent fois un peu trop de jeu que des pièces dépassant la limite et par suite ne pouvant s'échanger.

Cette condition est de première importance et l'on ne saurait trop demander son observation stricte.

A cet égard, les calibres de vérification, composés d'un boulon et d'un écrou vissé sur le boulon, ne sont pas satisfaisants. L'exécution de tels calibres est extrêmement difficile ; s'il s'agit de vérifications courantes, on ne saurait employer des vis de grande précision, trop coûteuses ; le boulon et l'écrou des calibres usuels ont un certain jeu l'un sur l'autre. Or le boulon qui sert à vérifier les écrous doit être plutôt un peu trop gros que trop petit ; l'écrou de vérification doit au contraire être plutôt trop petit. L'usure des calibres par l'usage fréquent augmente l'importance de ces règles. Il semble donc que les calibres de vérification devraient se composer de deux parties ne s'assemblant pas et filetées, l'une en creux et l'autre en relief, sur un seul morceau d'acier.

On pourrait recommander de poinçonner d'une marque spéciale les vis établies d'après la nouvelle règle et ne dépassant pas le profil théorique, sans autre condition de rigueur.

52. *Dimensions accessoires à déterminer.* — Après avoir fixé les bases fondamentales d'un système de filetage, il convient de déterminer les dimensions à donner à diverses parties des boulons et des écrous usuels.

Il est commode d'observer dans ces dimensions certaines cotes uniformes ; ce n'est pas l'application de cette partie accessoire du système qui sera difficile.

Les écrous sont taillés en hexagone ou en carré ; les têtes des boulons et des grosses vis ont même forme. La largeur des têtes détermine l'ouverture des clefs de serrage, qu'il est commode de ne pas trop varier. La hauteur de la tête et de l'écrou n'a pas grande importance pour l'échange des pièces. Le diamètre du corps du boulon peut dépasser un peu celui de la partie filetée. La tête du boulon est souvent raccordée au corps par un congé : il convient d'imposer une limite supérieure à ce congé, afin que les bords des trous présentent toujours une fraisure suffisante pour recevoir tous les boulons.

La face de portée de la tête est quelquefois conique, de manière à ne poser que sur le bord extérieur ; nous n'avons pas à nous préoccuper de cette disposition, qui ne gêne en rien l'échange des boulons.

Les boulons sont parfois percés d'un trou dans lequel on passe une goupille pour arrêter l'écrou : le diamètre de ce trou doit être déterminé. Ils peuvent enfin être munis d'ergots qui les empêchent de tourner pendant le serrage.

Quant à la longueur totale du boulon, et à la longueur du corps qui reste lisse, ce sont des éléments bien variables suivant les applications.

On ne doit pas craindre, en fixant des règles pour ces éléments accessoires,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les détails minutieux et précis. Le système Sellers nous offre encore un exemple instructif à cet égard : on a reconnu dans l'application certaines divergences entre les largeurs d'écrous, qui devraient être pareils, et les clefs de serrage ne s'appliquaient pas également sur tous ces écrous.

Cette différence tient à ce que l'Institut Franklin avait proposé deux largeurs de tête, l'une pour l'écrou brut, l'autre pour l'écrou fini, tandis que le Gouvernement a choisi une largeur uniforme pour les deux et a adopté, pour cette cote unique, la largeur de l'écrou brut de l'Institut, de sorte que les écrous finis suivant les cotes primitivement indiquées sont trop petits (*Journal de l'Institut Franklin*, t. *LXXXVIII*, p, 474).

Il faut donc une extrême attention à tous les détails pour éviter des méprises de ce genre, qui sont fâcheuses et retirent une partie des avantages de l'uniformité.

53. *Écrous*. — Les deux dimensions principales des écrous, hexagones ou carrés, sont la largeur extérieure et la hauteur : la forme des bases n'a pas d'importance pour nous, qu'elles soient entièrement planes, ou bien que les bords soient abattus par un chanfrein conique ou sphérique.

La hauteur de l'écrou est le plus souvent prise égale au diamètre D de la vis : c'est un maximum qui ne doit pas être dépassé, mais on peut se tenir en dessous. La hauteur 0,5 D est presque toujours encore suffisante.

La largeur extérieure, comptée entre les faces parallèles de l'écrou, doit être bien déterminée, ainsi que l'ouverture des clefs de serrage. Dans ses parties les plus minces, au milieu de chaque face, l'écrou doit conserver une certaine épaisseur pour ne pas se rompre. D'autre part, un écrou trop gros prend inutilement de la place et force à élargir les brides d'assemblage.

Quelques ingénieurs prévoient pour l'écrou fini, à faces dressées, une largeur un peu moindre que pour l'écrou brut, notamment Reuleaux et Sellers; leur idée est sans doute que la fabrication des écrous destinés à rester bruts et à être achevés reste exactement la même. Mais c'est sacrifier à un détail d'exécution sans importance un avantage considérable dans l'emploi. Qu'il soit brut ou fini, l'écrou doit avoir une même largeur, ou plutôt, suivant le principe qui nous guide toujours, il doit avoir une largeur inférieure à une cote donnée : si la fabrication est assez précise pour que l'écrou brut se rapproche beaucoup de cette cote, pourquoi en dresser les faces à la machine? On peut supposer qu'on perdra de plus en plus l'habitude peu logique de travailler inutilement les parties des machines qui ne frottent pas ou ne s'ajustent pas contre d'autres.

Quelquefois on fixe le diamètre du cercle circonscrit à l'écrou : mais le diamètre du cercle inscrit a l'avantage de désigner immédiatement l'ouverture de la clef nécessaire.

Reuleaux donne pour formule du rayon du cercle inscrit, en millimètres,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

$1 + D + 5p$ ou $4 + D + 5p$, suivant que l'écrou est fini ou brut (D et p, diamètre et pas de la vis). Sellers donnait, en pouces, 1,5 D + 1/16 ou 1, 5 D + 1/8 suivant que l'écrou est fini ou brut; nous avons vu que cette proposition n'a pas été généralement adoptée, et qu'on a pris une cote unique (la seconde) dans les deux cas.

La Marine française prend pour largeur 2 D′ + 3, pour les diamètres nominaux D′ (voir § 22) de 8 à 14 millimètres; 2 D′, pour D′ de 16 à 20 millimètres; enfin 2 D′ — N, N étant le numéro d'ordre du type (de 1 à 20) pour les diamètres de 24 à 100 millimètres.

Dans les filetages de la Compagnie du chemin de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, le diamètre du cercle circonscrit est égal à 2 D, sauf pour les plus grands diamètres, D = 45,50 et 55 mm., où l'on adopte les valeurs 80, 90 et 95 millimètres.

Les filetages des chemins de fer de l'État, de l'Ouest, de l'Est, donnent au rayon du cercle circonscrit la valeur du diamètre D.

Dans les types du chemin de fer du Midi, les largeurs d'écrou varient de 5 en 5 millimètres (sauf une exception). C'est logique, car à quoi bon multiplier les largeurs et par suite le nombre de types de clefs nécessaires, quand une variation de 1 à 2 millimètres en plus ou en moins sur la largeur de l'écrou est le plus souvent indifférente? Les dimensions du chemin de fer du Midi sont les suivantes (la largeur est la distance des faces parallèles) :

Diamètres (en mm.).	4	5	6	7	8	10	12	15	18	20	23	25	28	30
Largeurs (en mm.). .	10	10	12	15	15	20	20	25	30	35	40	40	45	50
Diamètres (en mm.).	35	40	45	48	50	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Largeurs (en mm.). .	55	65	65	80	80	»	»	»	»	»	»	»	»	»

Nous proposerons de fixer la largeur l de l'écrou par la formule

$$l = D + 6p - 1$$

analogue à celle de Reuleaux, appliquée aux vis principales seulement : en introduisant le numéro de ces vis, on aura $l = 3n + 5 + D$. Le nombre donné par la formule sera arrondi, par excès ou par défaut, de manière à obtenir le multiple entier de 5 le plus voisin. La largeur sera la même pour les écrous carrés et hexagones. Pour les diamètres intercalaires, on mettra dans la formule le numéro du diamètre principal immédiatement inférieur.

On pourrait aussi se contenter de dire que la largeur de l'écrou sera toujours un nombre entier de centimètres, à l'exception des largeurs 15, 25 millimètres, qu'on intercalera, et laisser toute liberté pour l'application des largeurs ainsi déterminées aux écrous divers.

Nous donnons ci-dessous, pour quelques diamètres, un tableau résumé des largeurs adoptées et proposées dans plusieurs systèmes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Largeur d'écrou (rayon du cercle inscrit).

DIAMÈTRES.	SELLERS 1,5 D + 1,59	REULEAUX 1 + D + 5 p.	MARINE FRANÇAISE.	CHEMIN DE FER du Midi.	ÉTAT, OUEST, EST. 1,73 D	CHEMIN DE FER P.-L.-M.	SYSTÈME PROPOSÉ.		
							$3n+5+D$	D	n
mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
6	11	12	13	12	10,5	10,5	10	6	0
10	16	18	20	20	17,5	17,5	20	10	1
14	23	24	27	»	»	»	20	14	»
15	»	»	»	25	26	26	25	15	2
19	31	»	»	»	»	»	30	19	»
20	»	33	34,5	35	34,5	34,5	35	20	3
24	»	39	41	»	»	»	40	24	»
25	40	»	»	40	43	43	40	25	4
30	»	48	»	50	51	51	45	30	»
31	»	»	»	»	»	»	50	31	5
32	49	»	53	»	»	»	50	32	»
35	54	»	»	55	60	60	55	35	»
36	»	57	59	»	»	»	55	36	»
37	»	»	»	»	»	»	60	37	6
40	»	65	65	65	69	69	65	40	»
41	64	»	»	»	»	»	65	41	»
44	68	»	71	»	»	»	70	44	7
45	»	68	»	65	»	80	70	45	»
50	77	76	»	80	»	90	75	50	»
51	»	»	»	»	»	»	80	51	8
52	»	»	83	»	»	»	80	52	»
55	»	»	»	»	»	90	85	55	»
57	87	»	»	»	»	»	85	57	»
58	»	»	»	»	»	»	90	58	9
60	»	89	95	»	»	»	90	60	»
66	»	»	»	»	»	»	100	66	10
70	106	104	»	»	»	»	105	70	»
72	»	»	113	»	»	»	105	72	»
74	»	»	»	»	»	»	110	74	11
80	»	115	125	»	»	»	120	80	»
83	125	»	»	»	»	»	125	83	12
92	»	»	144	»	»	»	135	92	13
100	»	»	156	»	»	»	145	100	»
101	»	»	»	»	»	»	150	101	14
102	154	»	»	»	»	»	150	102	»
111	»	»	»	»	»	»	160	111	15
121	183	»	»	»	»	»	175	121	16
132	»	»	»	»	»	»	190	132	17
143	»	»	»	»	»	»	200	143	18
153	230	»	»	»	»	»	210	153	»
154	»	»	»	»	»	»	215	154	19

NOTA. — Les cotes sont toutes en millimètres; elles sont arrondies pour les écrous Sellers. Pour la Marine, le diamètre est le diamètre nominal D′ (§ 22).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans le premier cas, l'outillage complet des clefs pour tous les diamètres de boulons, jusqu'à celui de 43 millimètres (c'est-à-dire pour presque tous ceux qu'on rencontre couramment) comprend 6 pièces, chaque clef ayant deux ouvertures différentes.

Nous rappellerons encore notre règle générale : la cote de largeur est un maximum qu'il est défendu d'atteindre rigoureusement pour l'écrou, et un minimum, également interdit pour l'ouverture de la clef.

Sous l'écrou on peut placer une rondelle : il paraît peu utile d'en fixer les dimensions par des règles générales.

54. *Boulons.* — Les têtes des boulons auront mêmes dimensions extérieures que les écrous correspondants. La largeur serait portée à 2 D, plus le nombre de millimètres nécessaire pour obtenir un multiple de 5, pour les boulons à tête carrée portant sur le bois.

Le diamètre du corps du boulon pourra dépasser de $0^{mm},5$ celui de la partie filetée, et aura pour limite supérieure extrême D + 0,5, qui sera la limite extrême inférieure du diamètre de tous les trous. Cette tolérance paraît suffisante pour la confection des boulons dont le corps reste brut, et, d'autre part, elle convient pour les boulons tournés et ajustés dans leurs trous.

Si la tête du boulon est raccordée au corps par un congé, le rayon de ce congé ne dépassera jamais le pas. Le bord des trous sera fraisé en conséquence.

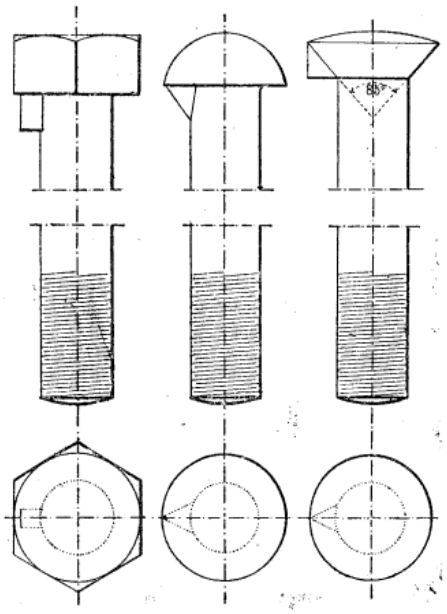


Fig. 45. Fig. 46. Fig. 47.

Les boulons sont souvent percés de trous de goupilles ; on pouvait recommander de choisir comme diamètre de ces trous le double du pas. Ils sont munis parfois d'ergots qui les empêchent de tourner (fig. 45) ; pour les saillies et longueurs de ces appendices, on choisirait un multiple entier du pas.

Quant à la longueur du boulon, elle dépend de l'épaisseur de l'assemblage et varie tellement qu'il paraît impossible de la fixer d'une manière uniforme. On pourrait recommander de choisir autant que possible pour longueur du corps et de la partie filetée (longueur totale diminuée de la hauteur de la tête) un multiple entier du diamètre D.

La longueur de la partie complètement filetée devrait être au moins de 2 D toutes les fois que le boulon est assez long.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les têtes des boulons peuvent être sphériques (fig. 46, p. 229) ou coniques (fig. 47, p. 229); il serait bon que la valeur de l'angle au sommet du cône fût fixée; celle de 85° paraît convenable.

55. *Vis mécaniques diverses.* — Nous donnons fig. 48 à 51 quelques exemples de vis et de goujons.

Les vis à métaux peuvent avoir une tête hexagonale (fig. 48), tracée suivant la règle générale, ou bien hémisphérique (fig. 49), ou conique (fig. 50) avec rainure pour le tournevis. On peut recommander de donner au cône un angle au sommet de 85°, et à la fente une largeur égale au diamètre du trou de goupille (c'est-à-dire au double du pas.)

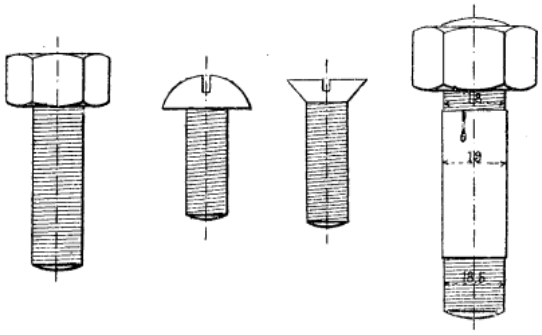


Fig. 48. Fig. 49. Fig. 50. Fig. 51.

Les goujons sont parfois construits comme l'indique la fig. 51, avec 3 diamètres différant de $0^{mm},5$ aux deux parties filetées. La partie filetée la plus forte est destinée à enraciner le goujon dans la fonte ou dans la tôle : en voulant le fixer solidement, de manière qu'il ne puisse se dévisser quand on agira sur l'écrou qu'il reçoit à son extrémité libre, on a imaginé de grossir ainsi la vis de l'autre extrémité. C'est un expédient qui n'est pas nécessaire : pour que le goujon soit bien monté, il faut que son filetage et celui de la pièce qui le porte se correspondent parfaitement sans laisser de jeu : il suffit pour cela que les deux filetages s'approchent aussi près que possible de la section théorique qui doit être leur limite commune. Le problème reste le même que la vis ait le diamètre D ou le diamètre D + 0,5; mais, dans le premier cas, les vis sont exécutées suivant les types normaux, pour lesquels on possède l'outillage de construction et de vérification, tandis qu'il faudrait créer tout cet outillage, sans aucun avantage, pour le diamètre renforcé. Nos goujons auront donc même filetage aux deux extrémités : suivant la règle générale déjà indiquée, le diamètre de la partie lisse des goujons et des vis se tiendra au-dessous de D + 0,5.

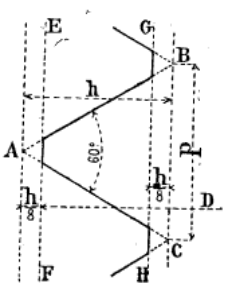


Fig. 52.

56. *Résumé du système proposé.* — La forme théorique du filet de toutes les vis mécaniques s'obtient en traçant un triangle équilatéral ABC (fig. 52) dont le côté est égal au pas, puis menant les parallèles EF et GH à la base à une distance $h : 8$. du sommet A et de la base BC, h étant la hauteur du triangle.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le diamètre de la vis est le diamètre du cylindre qui termine les filets suivant EF.

Les vis sont normalement enroulées à droite.

Les vis principales, qu'on emploiera de préférence, sont au nombre de 20, désignées par les nos 0, 1, 2, 3..... 19; le no 0 est commun avec la série des vis horlogères. Les pas de ces vis varient par demi-millimètre et se déduisent du numéro, n, par la formule :

$$p = \frac{n}{2} + 1$$

Le diamètre D en millimètres est donné par la relation :

$$D = \frac{(n+10)^2}{5} - 14$$

en arrondissant le résultat, par excès ou par défaut, pour obtenir le nombre entier le plus voisin.

Le tableau des pas et diamètres de ces 20 vis est donné en haut de la p. 224.

Si l'on veut employer des diamètres intercalaires, ce qu'on devra éviter autant que possible, ils seront toujours des nombres entiers de millimètres, et le pas sera celui du diamètre principal immédiatement inférieur.

Si l'on a besoin de diamètres inférieurs à 6 millimètres, on choisira des vis de la série horlogère, par exemple, le diamètre de 4 millimètres au pas de $0^{mm},7$ ou de 3 millimètres au pas de $0^{mm},6$.

La surface théorique de la vis, qui vient d'être définie, est une limite que ne doit jamais franchir ni la vis mâle ni la vis femelle. La vis pleine ou boulon doit toujours être en dedans de la surface théorique et la vis creuse ou écrou toujours en dehors. Suivant l'usage auquel sont destinées les vis, on cherchera à réduire plus ou moins le jeu qui restera entre la surface théorique et les deux vis, mais jamais ce jeu ne doit changer de sens ; mieux vaut donner un jeu un peu fort que dépasser si peu que ce soit les limites. La stricte observation de cette condition essentielle permet seule de faire des filetages interchangeables.

Le corps des boulons, des vis, des goujons, sera enfermé dans un cylindre de diamètre D + 0,5.

La tête pourra être rattachée au corps par un congé, mais le rayon de ce congé ne dépassera pas la moitié du pas.

Règles accessoires. — Les largeurs d'écrou (ou ouvertures des clefs de serrage) seront données par la formule $l = 3n + 5 + D$, arrondie de manière à former un multiple de 5, pour les vis principales; pour les intercalaires, on prendra dans la formule le numéro immédiatement inférieur. Cette cote est un maximum qui ne devra jamais être dépassé par l'écrou et un minimum pour la clef.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La hauteur des écrous et des têtes de boulon ne dépassera pas le diamètre de la vis. La longueur du corps du boulon sera de préférence un nombre entier de diamètres.

Les trous de goupille, les fentes pour tournevis, auront un diamètre ou une largeur (minimum) de deux fois le pas.

L'angle au sommet des têtes coniques sera de 85°.

La saillie, la largeur et la hauteur des ergots seront des multiples entiers du pas.

57. *Vis non mécaiques.* — Nous n'avons pas l'intention d'étudier à fond les vis non mécaniques. Nous avons déjà donné, au § 38, des indications sur les vis horlogères, qui seules forment un système uniforme ; nous ajouterons quelques mots sur les vis de la troisième catégorie, tracées sur les tubes.

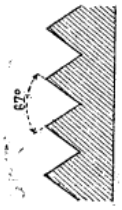


Fig. 54.

En pratiquant une vis sur un tube, il est nécessaire de ne pas l'entailler trop profondément ; aussi donne-t-on de faibles valeurs au pas des vis et au rapport de la profondeur du filet au pas.

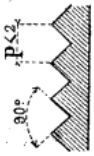


Fig. 53.

M. le général Sébert a fait mesurer au laboratoire de l'Artillerie de la Marine une série de peignes servant au filetage des tuyaux à gaz de Paris. Il les a trouvés assez irréguliers, mais se rapprochant de deux formes : le triangle isocèle rectangle pour les pas inférieurs à 2 millimètres et avec angle de 67° pour les autres pas (fig. 53 et 54).

M. Jean, constructeur d'appareils et de canalisations pour le gaz, nous a donné la liste des diamètres et des pas qu'il emploie et qui sont généralement usités à Paris :

Diamètre ext. (mm.)	8	11	13	14	17	21	27	33	40	50	60
N° du peigne.	»	17	17	18	17	25	25	33	33	33	33
Pas (en mm.).	0,94	1,37	1,37	1,43	1,37	1,83	1,83	2,28	2,28	2,28	2,28

Ces dimensions sont d'origine anglaise, mais ont sans doute été plus ou moins modifiées. C'est en effet par tradition, en comparant de temps en temps leurs types de filetage, que les constructeurs d'appareils à gaz maintiennent une certaine uniformité : mais ils n'emploient pas de tableau bien arrêté.

L'assemblage de ces appareils est d'ailleurs facile, en donnant un jeu assez considérable aux vis : l'étanchéité s'obtient à l'aide de blanc de céruse et surtout en terminant les vis sur les tuyaux par une partie conique sur laquelle se force l'écrou. L'emploi du peigne rend aisée l'exécution de cette partie conique.

Une application importante des filetages sur tuyaux se voit dans les freins Westinghouse : aucune règle précise n'existant en France, les diverses Compagnies de chemins de fer ont pris les appareils tels que les fabriquait le con-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

structeur américain; ces appareils se sont multipliés et aujourd'hui, s'il existe une certaine uniformité entre toutes leurs pièces, elle est obtenue grâce à l'emploi de mesures non métriques : toute extension de ces filetages pour d'autres usages est donc inadmissible ; il a fallu créer des outillages spéciaux pour la construction, l'entretien, la vérification de ces appareils.

Nous trouvons encore là un exemple bien fâcheux de la nécessité d'avoir enfin un système de filetage en France.

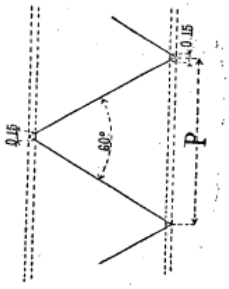


Fig. 55.

Le filet des tuyauteries Westinghouse ressemble au filet Sellers, sans être identique: c'est un triangle équilatéral avec deux troncatures rectilignes dont la longueur est constante et égale à $0^{mm},5$ (fig. 55). Les pas (p), diamètres extérieur des filetages (D) et intérieur des tuyaux (d) sont les suivants :

D (millimètres). . .	»	»	21,5	27,5	34	»	»	»
d (pouces).	0,250	0,375	0,500	0,750	1	1,25	1,5	2
d (millimètres). . .	6,35	9,54	12,7	19,05	25,4	31,7	38,1	50,8
p (millimètres). . .	1,41	1,41	1,81	1,81	2,31	2,31	2,31	2,31

Reuleaux décrit (*der Konstructeur*, 4e éd., p. 1012) le filetage normal américain pour tuyaux : le profil est un triangle équilatéral, avec troncatures rectilignes égales chacune au dixième de la hauteur. Pour faciliter les assemblages, l'extrémité du tuyau est légèrement conique; l'inclinaison de la génératrice du cône sur l'axe est de 1 en 32. Viennent ensuite un filetage cylindrique de deux filets (soit sur une largeur égale à deux fois le pas), puis 4 filets incomplets, la profondeur diminuant graduellement jusqu'à zéro. Le pas n'a que 5 valeurs, celles de 27, 18, 14, 11,5, 8 filets au pouce (25,4 millimètres) pour les différents diamètres. Les dimensions sont données dans le tableau de la page suivante.

Reuleaux donne ensuite un système métrique qu'il a étudié pour les tuyaux, avec diamètres extérieurs de 10 à 325 millimètres : les pas sont, en millimètres, de 1, 1,4, 1,8, 2,2, 3,2. Les autres dimensions ont beaucoup d'analogies avec celles du système américain.

On pourrait adopter pour les filetages sur tuyaux la forme du filet des vis mécaniques (triangle équilatéral tronqué) : c'est un avantage de cette forme, que n'aurait pas un triangle plus aigu. Nous pensons que la question mérite une étude approfondie, qui suivrait utilement celle du système des filetages mécaniques.

Pour les tubes de microscopes, on emploie depuis longtemps le diamètre D de 20 millimètres, avec pas de $0,706^{mm}$. Ces cotes ont été fixées par la Société microscopique de Londres et sont généralement adoptées.

58. *Conclusion.* — L'extrême importance de l'unification des filetages n'échappe ni à ceux qui construisent ni à ceux qui emploient des machines. Il ne

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

faudrait que l'entente de quelques ingénieurs, de quelques constructeurs, pour établir solidement un système uniforme, qui ne pourrait manquer de s'étendre rapidement. L'important n'est pas tant l'adoption de tel ou tel système, c'est le choix d'un système bien étudié. Nous adressons donc un pressant appel à tous ceux qui ont prouvé par leurs propositions l'importance qu'avait pour eux la question : il faut que tous se rallient à un système unique de filetage. Nous sommes convaincus que cet accord est facile, et que personne ne sacrifiera l'objet réel de ces études, qui est l'unité, au désir de faire adopter tel ou tel détail d'un système, détail peu important, quel qu'il soit, à côté du grand principe de l'uniformité.

Tableau des filetages américains pour tuyaux (voir page précédente).

DIAMÈTRE INTÉRIEUR		DIAMÈTRE EXTÉRIEUR en millimètres.	ÉPAISSEUR DU TUYAU en millimètres.	PAS en MILLIMÈTRES.	LONGUEUR du FILETAGE conique au 32e, en millimètres.
NOMINAL en pouces.	RÉEL en millimètres.				
0,125	6,86	10,3	1,72	0,94	4,8
0,250	9,25	13,7	2,23	1,41	7,4
0,375	12,55	17,15	2,3	1,41	7,6
0,500	15,8	21,4	2,8	1,815	9,9
0,750	20,9	26,7	2,9	1,815	10,2
1	26,6	33,4	3,4	2,21	13
1,25	35,1	42,2	3,55	2,21	13,7
0,50	40,8	48,3	3,7	2,21	14
2	52,7	60,4	3,9	2.21	14,7
2,5	62,7	73,1	5,2	3,19	22,6
3	78	89	5,5	3,19	24,2
3,5	90	101,7	5,7	3,19	25,4
4	102,2	114,2	6	3,19	26,7
4,5	114,5	127	6,25	3,19	28
5	128	141,2	6,6	3,19	29,5
6	154	168	7	3,19	32
7	178,5	193,8	7,65	3,19	34,6
8	205	229	8	3,19	37,1
9	228,5	246	8,75	3,19	40
10	254,5	273,5	9,3	3,19	42,7

Il n'est pas sans intérêt de rappeler comment le système Sellers s'est établi aux États-Unis. M. W. Sellers, président de l'Institut Franklin, a lu, le 21 avril 1864 (*Journal de l'Institut Franklin*, t. XLVII, p. 344), un court mémoire où il indiquait l'extrême diversité des vis employées, critiquait le type Whitworth, surtout

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la forme arrondie du filet, et proposait un nouveau système de filetage. Le rapport de Sellers fut renvoyé à l'examen d'une commission spéciale.

Cette commission, après de nombreuses réunions, présenta un rapport à la séance du 15 décembre 1864 (t. XLIX, p. 53). Elle recommandait l'adoption générale du système proposé par Sellers. L'Institut approuva ce rapport et en décida la distribution aux bureaux techniques de l'Armée et de la Marine, aux Ingénieurs des ateliers et du matériel des chemins de fer, aux associations s'occupant de constructions mécaniques, aux principaux industriels, en leur recommandant l'adoption du système nouveau.

Cet appel fut entendu, et successivement les arsenaux de l'État, de grands constructeurs, les Compagnies de chemins de fer adoptèrent le nouveau filetage. Ce ne fut pas l'œuvre d'un jour, mais de plusieurs années.

La consultation demandée en 1886 par l'Union des Ingénieurs allemands à l'Institut Franklin fut une occasion d'établir le bilan du système; une série de notes et de correspondances publiées à cette occasion dans le *Journal de l'Institut Franklin* (t. XCXIII, p. 261) permettent de juger l'extension des filetages Sellers. C'est en 1868, à la suite du rapport d'une commission, qu'il fut officiellement adopté. En 1869, la Compagnie du Pennsylvania Railroad prit les filetages Sellers, puis diverses Compagnies de chemins de fer; en 1872, l'Association des Ingénieurs du Matériel roulant (Master Car Builders), qui étudie toutes les questions générales touchant les véhicules des chemins de fer, l'adopta comme type uniforme. Les Ingénieurs de locomotives (Master Mechanics) firent de même en 1875.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Tableau des

WHITWORTH.		SELLERS.		GILL.		THURY.		MARINE FRANÇAISE (2).		DIÉTRICH.		DIAMÈTRES.	PAS.						
D.	p.	D.	p.	D.	p.	D.	p.	D.	p.	D.	p.		ARTILLERIE.	NORD.	ÉTAT.	MIN.	INT.	EST (VOIE).	OUEST.	P.-L.-M. (3).
3,17	0,63	»	»	»	»	3,2	0,59	»	»	»	»	3	»	»	»	»	»	»	»	»
3,81	0,79	»	»	»	»	4,1	0,73	»	»	»	»	4	0,5	0,83	0,8	0,8	»	»	»	»
5,08	1,06	»	»	»	»	5,3	0,9	»	»	»	»	5	»	»	0,8	0,8	»	»	»	1
6,37	1,27	6,35	1,27	»	»	6	1	5,78	1	»	»	6	»	1	1	0,8	»	»	»	»
6,98	1,27	»	»	»	»	6,81	1,11	»	»	»	»	7	1	1	1	1	»	»	»	1
8,26	1,41	7,94	1,41	»	»	7,73	1,23	7,78	1	»	»	8	1	»	1,3	»	1,25	1,5	1,25	1,5
8,90	1,41	»	»	»	»	8,77	1,37	»	»	»	»	9	»	»	»	»	»	»	»	»
10,16	1,59	9,54	1,59	»	»	9,95	1,52	9,78	1	9,5	1,6	10	1,5	1,5	1,5	1,5	1,25	1,5	1,5	1,5
10,80	1,81	11,10	1,81	»	»	11,3	1,69	»	»	»	»	11	»	»	»	»	»	»	»	»
12,07	1,81	»	»	»	»	»	»	11,68	1,5	12,7	2,1	12	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
12,70	2,12	12,70	1,95	12,70	2,12	12,8	1,88	»	»	»	»	13	»	»	»	»	»	»	»	»
13,96	2,12	14,28	2,12	»	»	»	»	13,68	1,5	»	»	14	2	»	»	»	»	»	»	»
15,23	2,12	»	»	»	»	14,5	2,09	»	»	»	»	15	»	2	2	1,5	2	2	2	2
15,88	2,31	15,88	2,31	15,88	2,31	»	»	15,57	2	15,9	2,3	16	2	»	»	»	»	»	»	»
17,15	2,31	»	»	»	»	16,5	2,32	»	»	»	»	17	»	»	»	»	»	»	»	»
17,78	2,31	»	»	»	»	»	»	17,57	2	»	»	18	2,5	2	2	2	2	2	2	2
19,05	2,54	19,05	2,54	19,05	2,54	18,7	2,58	19,46	2,5	19,1	2,5	19	»	»	»	»	»	»	»	»
20,31	2,54	»	»	»	»	»	»	(21,46)	2,5	»	»	20	2,5	2	2	2	2	2	2	2
»	»	»	»	»	»	21,2	»	»	»	22,2	2,8	21	»	»	»	»	»	»	»	»
22,22	2,82	22,22	2,82	22,22	2,82	»	2,87	»	»	»	»	22	3	»	»	»	»	»	»	»
22,88	2,82	»	»	»	»	»	»	23,35	3	»	»	23	»	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
»	»	»	»	»	»	24,1	3,19	»	»	»	»	24	»	»	»	»	»	»	»	2
25,40	3,18	25,40	3,18	25,40	3,18	»	»	(25,35)	3	25,4	3,2	25	3	2,5	3	2,5	2,5	3	3	»
»	»	»	»	»	»	27,4	3,54	27,24	3,5	»	»	26	»	»	»	»	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	»	»	(29,24)	3,5	»	»	27	»	»	3	3	3	3	3	3
28,58	3,63	28,58	3,63	28,58	3,63	»	»	»	»	28,6	3,6	28	»	»	»	»	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	31	3,93	31,14	4	»	»	29	3,5	3	3	3	3	3	3	3
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	30	»	»	»	»	»	»	»	(3,5)
31,70	3,63	31,70	3,63	31,70	3,63	»	»	»	»	31,8	3,6	31	»	»	3,5	»	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	32	»	»	»	»	»	»	»	»
34,92	4,23	34,92	4,23	»	»	35,2	4,37	35,14	4	34,9	4,2	33	»	»	»	»	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	34	4	3	3,5	3	3,5	3,5	3,5	3,5
38,10	4,23	38,10	4,23	38,10	4,23	»	»	»	»	38,1	4,2	36	»	»	»	»	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	»	»	39,14	4	»	»	37	»	»	3,5	»	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	40	4,86	»	»	41,3	5,8	38	»	»	»	»	»	»	»	»
41,28	5,08	41,28	4,62	»	»	»	»	»	»	»	»	39	»	»	»	»	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	»	»	43,14	4	»	»	40	4,5	4	4	3,5	4	4	»	4
44,45	5,08	44,45	5,08	44,45	4,23	»	»	»	»	44,5	5,08	41	»	»	»	»	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	45,4	5,40	»	»	»	»	42	»	»	»	»	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	»	»	47,14	4	»	»	43	»	»	4,5	»	»	»	»	»
47,62	5,65	47,62	5,08	»	»	»	»	»	»	47,6	5,6	44	»	»	»	»	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	45	5	4	4,5	4	4	»	»	4
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	46	»	»	»	»	»	»	»	»
50,80	5,65	50,80	5,65	50,80	5,08	51,5	6	50,92	5	»	»	47	»	»	»	»	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	48	»	»	»	4	4	»	»	»
												49	»	»	»	»	»	»	»	»
												50	»	4	»	4,5	5	4,5	»	4
												51	»	»	»	»	»	»	»	»
												52	»	»	»	»	»	»	»	»

1) Toutes les cotes sont en millimètres ou fractions de millimètres. Le diamètre, **D**, est le diamètre de la vis pleine compté sur l'extérieur des filets. Les diamètres, **D**, et les pas, **p**, résultent de la conversion de pouces anglais, pour les trois premiers systèmes. — (2) Entre parentheses, les additions du Creusot. — (3) Entre parentheses, les additions de Fives-Lille. — (4) Entre parenthèses, valeur exacte du diamètre pour le pas inscrit immédiatement en dessus.

Filetages (1).

PAS.																					DIAMÈTRES.
DELISLE I.	DELISLE II.	SARREGUES.	REULEAUX I.	REULEAUX II.	BARQUIARD.	ARMENGAUD (4).	POUPLIN.	DECOMBLES.	BOMMES.	POLONCEAU.	MEDITERRANÉES.	JULIEN.	BUCHET.	1er SYSTÈME (Gilles).	2e SYSTÈME (Gilles).	SYSTÈME proposé. Pas.	SYSTÈME proposé. Numéro.	
»	»	»	0,8	0,8	0,6	»	»	0,5	0,5	0,75	»	»	»	»	»	»	»	»	3
0,8	»	»	0,9	1	0,75	»	»	0,75	0,5	0,75	»	»	»	»	»	»	»	»	3,5
1	1	»	1	1	0,75	1,4	»	0,75	0,83	1	»	»	»	»	»	1	0	»	4
1,2	1	»	1	1	0,875	»	»	1	0,83	1	»	»	»	»	»	»	»	»	4,5
1,4	»	1,2	1,1	1,2	1	1,6	1,4	1,25	1	1,25	»	1	1	1	1	»	»	»	5
1,6	1,2	1,4	1,2	1,4	1	(7,5)	1,5	1,25	0,83	1,25	»	1,3	1,3	1,1	»	»	»	»	5,5
»	»	»	1,3	1,6	1,1	1,8	1,5	1,5	1	1,5	»	»	1,5	»	1,25	»	»	»	6
1,8	1,4	1,6	1,4	1,8	1,25	»	1,5	1,5	1,25	1,5	1,905	1,5	»	1,5	»	1,5	1	»	6,5
2	1,6	1,8	»	2	1,5	2	1,75	1,75	1,5	1,75	»	»	1,5	1,6	1,4	»	»	»	7
»	»	»	1,6	»	1,75	(12,5)	1,75	1,75	1,47	»	2	1,5	»	»	»	»	»	»	7,5
2,2	1,8	2	1,8	2,2	1,75	»	1,75	2	»	1,5	»	»	1,5	1,75	1,6	1,5	»	»	8
»	»	»	»	»	2	2,2	2	»	1,73	»	2,121	2	»	1,9	1,8	»	»	»	8,5
2,4	2	2,2	2	2,4	»	(17,5)	»	»	1,73	2	»	»	2	2	»	2	2	»	9
»	»	»	»	»	2,2	2,4	2	2	»	»	2,333	»	»	2,1	2	»	»	»	9,5
2,6	2,2	2,4	2,2	2,6	2	»	2,2	»	2	2	»	»	2	»	»	»	»	»	10
»	»	»	»	»	2,4	2,6	2,5	2,5	»	»	2,571	2	»	2,25	2,2	»	»	»	10,5
2,8	2,4	2,6	2,4	2,8	2,5	»	2,5	2,5	2,5	2,5	»	»	2	2,5	2,4	»	»	»	11
»	»	2,8	2,6	»	»	2,6	2,5	2,5	3	2,5	2,740	2,5	2,5	2,6	2,4	2,5	3	»	11,5
3,2	2,8	3	2,8	3,2	2,5	(22,5)	2,5	2,5	»	2,5	»	2,5	2,5	2,75	2,6	»	»	»	12
»	»	»	»	»	»	2,8	2,5	2,5	2,78	3	3,117	»	3	2,9	2,8	3	4	»	12,5
3,6	3,2	3,6	3,2	3,6	3	3	3	3	3,125	3	»	3	3	3	3	»	»	»	13
»	»	»	»	»	3	»	3	3	»	»	3,5	»	3	3,1	»	»	»	»	13,5
4	3,6	4	3,6	4	»	3,4	3,5	3,5	3,125	3	»	»	3	3,25	3,2	»	»	»	14
»	»	»	»	»	3,5	»	3,5	3,5	»	3,5	3,818	3	3	3,4	»	»	»	»	14,5
4,4	4	4,4	4	4,4	»	3,8	4	4	3,58	»	»	»	3,5	3,5	3,4	»	»	»	15
»	»	»	»	»	4	»	4	4	»	3,5	4,138	3,5	»	3,6	»	»	»	»	15,5
4,8	4,4	4,8	4,4	4,8	4	4,2	4	4,5	4,18	4	»	»	4	3,75	3,6	»	»	»	16
»	»	»	»	»	»	»	4,5	4,5	»	»	4,445	4	»	3,9	»	»	»	»	16,5
»	»	»	»	»	4,5	4,6	5	»	4,5	4,5	»	»	4	4,1	3,8	»	»	»	17
5,2	4,8	5,4	4,7	5,2	»	»	»	5	»	»	4,782	4,5	4,5	4,25	4	4,5	7	»	17,5
»	»	»	»	»	5	5	5	»	5	5	»	»	»	4,4	4,2	»	»	»	18
»	»	»	5	5,6	»	»	»	5,5	»	»	5,053	4,5	4,5	4,5	4,4	»	»	»	18,5
»	»	»	»	»	»	5,5	»	»	5,5	5,5	»	»	»	4,6	»	»	»	»	19
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	5,361	4,5	5	»	4,6	»	»	»	19,5
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	4,9	»	»	»	»	20
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	5	4,8	5	8	»	20,5
																			21
																			22
																			23
																			24
																			25
																			26
																			27
																			28
																			29
																			30
																			31
																			32
																			33
																			34
																			35
																			36
																			37
																			38
																			39
																			40
																			44
																			42
																			43
																			44
																			45
																			46
																			47
																			48
																			49
																			50
																			51
																			52

Tableau des

WHITWORTH.		SELLERS.		GILL.		THURY.		MARINE FRANÇAISE.		DIETRICH.		DIAMÈTRES.	PAS.							
D.	p.	D.	p.	D.	p.	D.	p.	D.	p.	D.	p.		ARTILLERIE.	NORD.	ÉTAT.	MIDI.	EST.	EST (VOIE).	GUEST.	P.-L.-M.
												53								
53,97	5,65							54,92	5			54								
												55	5,5				5,5			
57,15	6,35	57,15	5,65	57,15	5,08							56								
						58,4	6,66					57								
60,34	6,35											58								
												59								
63,50	6,35	63,50	6,35	63,50	6,35			62,92	5			60					6			
												61								
66,68	6,35					66,3	7,40	66,92	5			62								
												63								
69,85	7,26	69,85	6,35	69,85	6,35			70,70	6			64								
												65	6							
73,02	7,26											66								
						75,2	8,23	74,70	6			67								
76,20	7,26	76,20	7,26	76,20	6,35							68								
								78,70	6			69								
												70					6,2			
												71								
82,55	7,82	82,55	7,26	82,55	6,35			82,70	6			72					7,2			
												73								
								86,70	6			74								
88,90	7,82	88,90	7,82	88,90	8,47							75	6,5							
								90,70	6			76								
												77								
93,25	8,47	93,25	8,47	93,25	8,47			94,70	6			78								
												79								
								98,70	6			80								
												81								
101,60	8,47	101,60	8,47	101,60	8,47							82								
												83								
												84								
												85								
												86								
												87								
												88								
												89								
												90								
												91								
												92								
												93								
												94								
												95								
												96								
												97								
												98								
												99								
												100								
												1								
												2								
												3								
												4								
												105								
												6								
												7								
108,0	8,83	108,0	8,47	108,0	8,47							8								

Filetages (*Suite*).

PAS																		SYSTÈME PROPOSÉ.		DIAMÈTRES.
DELISLE I.	DELISLE II.	SAARBRÜCK.	REULEAUX I.	REULEAUX II.	ARMENGAUD.	PUGLOT.	DECOMOIN.	ROGERS.	POLONCEAU.	BESTEHORN.	JULIEN.	HOCHET.	1er SYSTÈME doublé.	2e SYSTÈME doublé.	Pas.	N°.	
													5,1				53
														5			54
																	55
5,6	5,2	6			5,4		5		5,5	3,6			5,25	5,2	5,5	9	56
													5,4	5,4			57
			5,6	6,4						5,882			5,5				58
													5,6				59
					5,8								5,75				60
6	5,6	6,6							6,5					5,6			61
					6,2		6						5,9				62
													6	5,8			63
6,4	6	7,2	6,2	7,2	6,6		7		7				6,1				64
													6,25	6			65
6,8	6,4	7,8	6,8	8	7,4		7		8				6,4	6,2	6,5	10	66
													6,5				67
													6,6	6,4			68
													6,75				69
													6,9	6,6			70
													7				71
													7,1	6,8			72
													7,25	7			73
													7,4		6,5	11	74
													7,5	7,2			75
													7,6				76
													7,75	7,4			77
													7,9				78
													8	7,6	7	12	79
													8,1				80
														7,8			81
																	82
															7,5	13	83
																	84
																	85
																	86
																	87
																	88
																	89
																	90
																	91
																	92
																	93
																	94
																	95
																	96
																	97
																	98
																	99
																	100
																	1
																	2
																	3
																	4
																	105
																	6
																	7
																	8

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Tableau des

WHITWORTH.		SELLERS.		GILL.		THURY.		MARINE FRANÇAISE.		DIÉTRICH.		DIAMÈTRES.	PAS.							
D.	p.	D.	p.	D.	p.	D.	p.	D.	p.	D.	p.		ARTILLERIE.	NORD.	ÉTAT.	MIDI.	EST.	EST (VOIR).	OUEST.	P.-L.-M.
												9								
												110								
												1								
												2								
												3								
												4								
114,3	8,83	114,3	9,25	114,3	10,16							115								
												6								
												7								
												8								
												9								
120,7	9,25	120,7	9,67	120,7	10,16							120								
												1								
												2								
												3								
												4								
127,0	9,25	127,0	10,16	127,0	10,16							125								
												6								
												7								
												8								
												9								
												130								
												1								
133,4	9,67	133,4	10,16	133,4	10,16							2								
												3								
												4								
												135								
												6								
												7								
												8								
139,6	9,67	139,6	10,70	139,6	12,7							9								
												140								
												1								
												2								
												3								
												4								
146,0	10,16	146,0	10,70	146,0	12,7							145								
												6								
												7								
												8								
												9								
												150								
												1								
												2								
												3								
												4								
152,4	10,16	152,3	11,28	152,3	12,7							155								

Filetages (*Suite et fin*).

PAS.																					SYSTÈME PROPOSÉ.		DIAMÈTRES.
DELISLE I.	DELISLE II.	SAARBRÜCK.	RENFLEAUX I.	RENFLEAUX II.	ARMENGAUD.	POUILOT.	DECAMMON.	BOSMER.	POLONCEAU.	REITERMACHER.	JULIEN.	ROCHET.	1er SYSTÈME ÉLOIN.	2e SYSTÈME ÉLOIN.			Pas.	No.		
													8,25	8						9
													»	»						110
													»	»						1
													8,4	»						2
													»	»						3
													8,5	8,2						4
													»	»						115
													8,6	»						6
													»	»						7
													8,75	8,4						8
													»	»						9
													»	»						120
													8,9	8,6			9	16		1
													»	»						2
													»	»						3
													9	»						4
													»	»						125
													9,1	8,8						6
													»	»						7
													9,25	9						8
													»	»						9
													9,4	»			9,5	17		130
													»	»						1
													9,5	9,2						2
													»	»						3
													9,6	9,4						4
													»	»						135
													9,75	9,6						6
													»	»						7
													9,9	9,8						8
													10	»						9
													10,1	10			10	18		140
													»	»						1
													10,25	10						2
													»	»						3
													»	»						4
													»	»			10,5	19		145

BIBLIOGRAPHIE

Étude théorique des vis. — PONCELET, *Cours de mécan. appl. aux mach.*, publié par Kretz, p. 366 et 427; H. DE LA GOUPILLIÈRE, *Traité des Mécanismes*, p. 369; RÉSAL, *Mécanique générale*, t. III, p. 237; CONTAMIN, *Cours de résistance appliquée* (1878) p. 40; BOULVIN, *Mécanique appliquée aux machines*, 1er fasc., p. 70; REULEAUX, *der Konstructeur* (4e éd.), p. 195; WEISSBACH HERMANN, *Ingenieur und Maschinen-Mechanik*, 3e partie, I, p. 609 (1876); UNWIN, *Machine design*. part I (11e Ed.) p. 142; FLAMANT, *Mécanique générale*, p. 452; REDTENBACHER, *Renseignements pour la construction des machines* (traduit en 1861), p. 40; *Bulletin de la Société des anciens élèves des Ecoles d'Arts et Métiers*, 1890, p. 326.

Études sur les filetages. — D. A. CASALONGA, *Communication au Congrès int. du Génie civil*, le 6 sept. 1878; *Verhandlungen des ersten deutscher Mechanikertrages* (Berlin, J. Springer).

Éxécution des vis. — J. CADY, *Traité pratique du filetage* (3e ed., Paris, B. Tignol, 1885); P.-N. HASLUCK, *Screw threads, methods of producing them* (3e éd., 1890; Londres, Crosby, Lockwood and son); BOCQUET, *Nouvelle méthode de filetage à 2, 4 et 6 roues*, Paris, E. Bernard; E. SAUVAGE, *Revue de l'état actuel de la construction des machines*, chap. XIV.

MARRE, exécution pratique des vis à filet triangulaire, *Bulletin de la Société d'encouragement*, 1893, p. 243.

Systèmes de filetage. — **S. Whitworth** : *Proceedings of the Inst. of civil engineers*, 1841, p. 157; REULEAUX, *der Konstructeur*, 4e éd., p. 199; *Zeitschrift des Ver. d. Ing.*, 1883,, p. 624.

S. Sellers : REULEAUX, même ouvrage; *Journal of the Franklin Institute*, vol. 47 (1864) p. 344; vol. 49 (1865), p. 53; vol. 87 (1884), p. 368; vol. 88, p. 474; vol. 93 (1887), p. 261; *Report of the board to recommand a « Standard » gauge for bolts, nuts and screw-threads for the U. S. Navy* (1868).

Marine française. — Circulaires des 17 septembre 1856, 14 mai 1861, 25 septembre 1863, 22 février 1867 (voir *Bulletin officiel de la Marine*, 26 août 1885); *Mémorial du Génie maritime*, 6e liv. de 1885, p. 91; 7 septembre 1887, ibid, 5e liv. de 1887, et pl. 504.

Systèmes Delisle, Reuleaux et divers. — REULEAUX, *Ouvr. cité*, p. 204; *Zeitschrift des Ver. d. Ing.* 1883, p. 623.

Systèmes Armengaud, Poulot, Ducommun et divers. — *Vigole des mécaniciens; Bull. de la Soc. des anc. élèves des Ecoles d'Arts et Métiers*, 1862, p. 303; *Bulletin de la Société ind. de Mulhouse*, 1873, p. 444 et 451.

Système Thury. — *Systématique des Vis horlogères* (Genève, 1878); *Notice sur le système des vis de la filière suisse* (1880); *Reports of the British Ass. for the adv. of sciences*, 1882, p. 311, et 1884, p. 287.

Briggs et Gill. — *Journal of the Franklin inst.*, vol. 49 (1865) p. 115, et vol. 95 (1888), p. 185.

Systèmes divers. — *Traité des machines à vapeur de Julien* (1859), p. 91; REULEAUX, ouv. cité.

Écrous. — MONNIER, *Le pas de vis différentiel et ses applications*, (Paris, 1879, Dejey, 50 p.); Hauteur des écrous : *Railroad Gazette*, 1877, p. 483.

Filetages sur tuyaux. — REULEAUX, *der Konstructeur* (4e éd.), p. 1012; *Transactions of the Am. Soc. of Mech. Engineers*, vol. VII (1885-86), p. 311 et vol. VIII (1886-87), p. 29 et 347.

Vis des Instruments photographiques et de physique. — Général SEBERT, *Compte Rendu du Congrès de photographie à Paris en* 1889, p. 130; *Zeitschrift für Inst. Kunde* (nov. 1889), analysé dans le *Journal de physique*, fév. 1890, p. 117.

Divers, E. Sauvage. — *Communication à la Soc. d'enc.* (*Bulletin* de 1891, p. 692).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Exécution pratique des vis a filet triangulaire, par M. Marre, ingénieur de la maison Bariquand et Marre.

1° *Une série unique pour les pas des vis à métaux dans un même pays est à désirer.* — Jusqu'à ce jour, en France, les ateliers de construction et de mécanique ont adopté chacun une série différente pour les vis employées couramment dans l'assemblage et la fixation des pièces. Les pas varient avec les diamètres, non seulement sans aucune règle bien établie, mais encore le profil des filets des vis adopté dans chaque établissement (quand il est unique, ce qui est encore rare, pour les différents ateliers dans cet établissement), est bien souvent quelconque et résultant d'un ou plusieurs types établis au hasard dans la suite des travaux. Nous ne chercherons pas à démontrer la nécessité d'adopter un système unique qui s'imposerait à tous les ateliers, d'autres le feront avec plus d'autorité que nous; nous dirons seulement que cette nécessité a été reconnue par deux des nations chez lesquelles l'industrie mécanique tient une grande place : les Anglais, chez qui la série des pas Whitworth est généralement adoptée, et les Américains, qui se servent presque exclusivement de la série Sellers.

Imitant l'exemple de ces peuples industriellement pratiques, nous pouvons souhaiter qu'il soit établi en France une série de pas que tous les industriels pourraient suivre. Inutile de mentionner que cette série doit avoir des mesures métriques. Ce système doit en outre être tel que les vis puissent toujours être exécutées pratiquement semblables, et dans ce but il y a lieu de considérer pour l'établir quels sont les moyens connus, employés pour l'exécution des filetages.

2° *Machines-outils et outillage employés à notre époque.* — Parmi les machines-outils employées pour exécuter des filets de vis, les unes servent indifféremment pour exécuter dans les pièces des filetages extérieurs ou intérieurs, d'autres ne servent que pour un de ces deux emplois.

Sur ces machines-outils on monte des burins de formes différentes, suivant le résultat à obtenir, qu'il s'agisse de faire soit des vis de construction courante, soit des vis de grande précision, soit qu'il s'agisse de fabriquer rapidement des quantités de pièces dans les meilleures conditions de production économique.

Outils simples. A. — Les outils simples sont seuls employés sur les tours pour exécuter des filetages de précision. Ces outils peuvent être :

1° Un burin simple d'une seule pièce; c'est généralement une barre d'acier carrée dont l'extrémité qui travaille a la forme convenable et qui se monte sur le chariot porte-outil de la machine. Le burin simple est d'emploi coûteux et peu sûr, vu la difficulté de l'entretenir, car l'usure qui se produit constamment pendant le travail nécessite des affûtages successifs qui en modifient la forme.

2° On lui préfère généralement le grain d'acier trempé monté dans un porte-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

outil. Ce grain s'entretient beaucoup plus facilement, et d'ailleurs le remplacer par un autre quand il est hors d'usage est une dépense minime.

3° C'est le perfectionnement de ce type de porte-outil à grain d'acier qui a pu donner le résultat désiré de précision et d'interchangeabilité constante. Il se compose d'un burin prismatique qui s'affûte en bout et qui se monte dans un porte-outil de forme spéciale, réglable et approprié aux exigences du travail de précision.

Tous ces outils simples s'emploient presque exclusivement sur les tours. La pièce à fileter est montée entre pointes et tourne avec la poupée principale. Le burin est solidaire d'un chariot conduit par une vis-mère dont le mouvement est invariablement lié au mouvement de la poupée. Dans certains tours, les tours revolvers par exemple, cette vis est un manchon porté par la poupée elle-même. Dans les tours à fileter, la vis est logée dans le banc et reçoit son mouvement de la poupée par l'intermédiaire d'une série de roues qu'on combine à volonté. Dans les tours de construction française, la vis-mère a généralement un pas métrique : 5, 8, 10, 15, 20 millimètres. Nous ferons observer que les combinaisons des roues de tour sont d'autant plus faciles que les pas de vis à exécuter sont plus simples, comme les suivants : $0^{mm},2$, $0^{mm},5$, $0^{mm},750$, $0^{mm},875$, 1 millimètre, $1^{mm},25$, $1^{mm},75$, 2, $2^{mm},5$, 3 millimètres.

Outils multiples. B. — Les outils multiples ou à dents multiples désignés ci-dessous sont applicables aux grandes fabrications dans lesquelles la production économique s'impose.

1° Ce sont des peignes droits ou courbés, suivant qu'il s'agit de faire un filetage extérieur ou intérieur. Ces peignes sont surtout employés par une industrie particulière : les tourneurs en cuivre. Ils permettent à un ouvrier un peu habile de faire sur une pièce un filet au pas du peigne en travaillant à la main. Les peignes se manœuvrent à l'instar d'une plane. Ce procédé de filetage très employé est déplorable. Nous avons été à même de constater dans les types de filetage d'une grande Compagnie, qui devaient s'appliquer à des millions de pièces fabriquées pour les raccords d'une canalisation, des variations de $1^{mm},7$ à $2^{mm},4$ pour un pas qui devait être de 2 millimètres.

2° Les peignes combinés dans un mandrin centrant seul sont de bons outils, capables de fabriquer des pièces interchangeables dans les limites de tolérance pratiques acceptables, à la condition d'être bien faits et employés sur de bonnes machines. Ils se composent généralement de trois burins glissant concentriquement dans les rainures d'un mandrin, et amenés au diamètre voulu par une spirale qui les pousse tous les trois ensemble. Cet outil est très employé dans les tours à boulons.

3° Les filières fixes sont des genres d'outils multiples usinés dans un seul morceau de métal. Elles ont le grand défaut de varier à la trempe sans qu'on

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

puisse les rectifier. Elles suffisent néanmoins, étant bien faites, pour une bonne fabrication dans les petites vis.

4° Les filières extensibles, qui sont des perfectionnements des précédentes et qui permettent un réglage de un ou deux dixièmes de millimètres sur le diamètre des pièces qu'elles exécutent, sont bien préférables pour les fabrications interchangeables avec des tolérances plus limitées.

5° et 6° Les tarauds fixes et les tarauds extensibles donnent lieu aux mêmes remarques que les filières.

7° Enfin, comme outil multiple, nous citerons la fraise employée pour exécuter les pas de vis d'un seul coup, et applicable aux emmanchements des pièces qui doivent se visser toujours dans la même position. Nous citerons, par exemple, l'emmanchement des canons de fusil dans les boîtes de culasse. Dans les manufactures de l'État on obtient un très bon résultat en filetant sur des machines spéciales, à la fraise, les boîtes de culasse et les canons, de façon que quand le canon est vissé en place, le guidon qu'il porte est dans le plan d'axe de la boîte de culasse.

8° Une dernière méthode pour la formation des filets est la méthode par emboutissage. On l'a vue appliquée à l'Exposition de 1889 dans une machine américaine qui fabriquait, mais sans précision, des vis à métaux et des vis à bois en roulant des tiges d'acier lisses dans des mâchoires striées qui représentaient des pas de vis développés.

3° *L'interchangeabilité des vis dépend des types de vérification.* — Le but recherché dans l'industrie est que toutes les vis fabriquées pour un même usage soient interchangeables. Il est nécessaire que les vis pour un même diamètre soient toujours faites avec le même pas, le même profil des filets et comprises dans des mesures déterminées, maxima et minima, qui en permettent l'emploi sans retouche, dans les pièces correspondantes destinées à les recevoir. Donc, il y a lieu, quelle que soit la méthode employée pour exécuter un pas de vis, de faire une vérification du travail produit par les machines. Pratiquement, les types de filetage constamment interchangeables s'imposent.

4° *Les types de vérification interchangeables dépendent de la constante des outils simples.* — Les outils multiples qui sont sujets à des variations provenant aussi bien de la trempe que de leur usinage et de leur emploi, ne peuvent donner que des filets approximatifs. Par suite, les types de filetage, qui sont seuls capables d'assurer l'interchangeabilité, étant faits parfaitement aux cotes maxima et minima déterminées en centièmes de millimètres, ne peuvent être exécutés que par les outils simples et sur les tours de précision. Les outils simples servent aussi à établir les outils multiples. L'exécution d'un outil simple, toujours semblable à lui-même, ainsi que son emploi pratique pour assurer indéfiniment l'interchangeabilité des pièces filetées est donc le but à obtenir et l'opération importante d'où dépendent toutes les autres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Des données d'exécution simples pour les filets de vis concourront à rendre pratique l'emploi de cet outil, tout en assurant au travail qu'il exécutera la précision constante nécessaire.

5° *Données d'exécution.* — Les données d'exécution d'une pièce filetée ou taraudée à pas de vis triangulaire sont les suivantes :

D, le diamètre extérieur du cylindre formé par l'ensemble des filets;

P, le pas de vis.

Ces deux données D et P caractérisent une vis.

Les trois autres quantités nécessaires pour établir l'outil de filetage dépendent les unes des autres et il faut calculer la troisième, étant donné les deux premières. Ce sont :

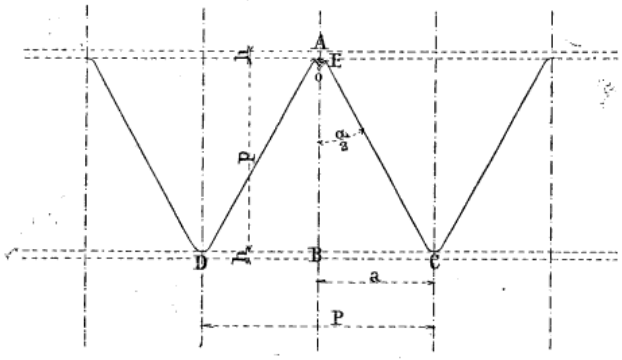


FIG. 1.

α, l'angle du filet de la vis coupé par un plan diamétral;

p, la profondeur du filet, tel qu'il est exécuté, c'est-à-dire en tenant compte des arrondis;

R, le rayon de l'arrondi au sommet et à fond de filet.

En supposant toutes ces quantités connues, les machines dont on dispose dans les ateliers de mécanique permettent d'obtenir : α, par des calibres exécutés avec des appareils diviseurs; p, avec les vis portant des barillets divisés qui permettent d'engager sur le tour l'outil à la profondeur convenable. Quant à R on ne peut l'obtenir pratiquement qu'en connaissant la quantité h, qu'il faut abattre sur le sommet de l'outil préalablement fait à angle vif.

Il résulte de l'exposé ci-dessus qu'il y a trois cas à considérer pour le calcul des quantités utiles à l'établissement d'un outil de filetage.

1° Si on donne p et R, il faut calculer α.

2° Si on donne R et α il faut calculer p.

3° Si on donne α et p il faut calculer R.

Nous allons examiner ces trois cas et de cet examen résultera pour nous le choix de la meilleure méthode.

4° Étant donné p et R, calculer α. En nous reportant à la figure I, dans laquelle nous prenons :

$$a = \frac{P}{2}$$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nous avons la formule : $\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}=\frac{a}{p+2h}$

et la résolution de l'équation résultant de triangles semblables donne :

$$h=\frac{2p-\frac{a}{R}\left(a+\sqrt{a^2-4Rp+p^2}\right)}{\frac{a^2}{R^2}-4}$$

de ces deux équations on déduit la valeur de α.

Si l'ouvrier tourneur, comme cela a lieu encore aujourd'hui dans presque tous les ateliers, doit faire lui-même l'outil en acier trempé qui lui servira à exécuter le travail, n'a pas à côté de lui un ingénieur pour lui calculer d'après ces cotes les mesures utiles qui lui manquent, il sera dans le plus grand embarras.

Ce système de données n'a donc rien de pratique.

5° On donne R et α, calculer p. En nous reportant à la même figure I, nous trouvons :

$$p+2h=\frac{a}{\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}}$$

et la résolution du triangle semblable donne :

$$\frac{h+R}{R}=\frac{\sqrt{(p+2h)^2+a^2}}{a} \qquad h=R\left(\sqrt{\frac{1}{\operatorname{tg}^2\frac{\alpha}{2}}+1}-1\right)$$

d'où on déduit la valeur de p.

Bien que plus simple, ce système de données ne présente pas encore de bien grandes commodités d'application.

6° Étant donné α et p, calculer R. Ce système est beaucoup plus simple à réaliser correctement, car le calcul de R devient inutile.

Il existe même des systèmes de filets de vis adoptés dans lesquels on laisse le sommet du triangle tronqué à angle vif.

Il convient aussi, pour la commodité d'exécution de l'outil, de donner non pas p mais la quantité h qu'il faut abattre sur le sommet de l'angle vif. Ainsi, si nous prenons par exemple l'angle α égal à 60° (qui est l'angle le plus généralement adopté, à cause de la commodité avec laquelle on peut toujours l'établir), la hauteur du triangle équilatéral qui a pour base le pas P égal à 1 millimètre est de 0,866.

Si on donne h égal par exemple à 1/10 de millimètre, on en déduit immédiatement $p=0{,}846$.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nous ne connaissons pas de théorie indiscutable qui motive pour les filets de vis l'adoption d'un angle plus ou moins grand, avec les arrondis plus ou moins accentués. Nous connaissons des systèmes de vis en pratique, adoptés par des grandes Compagnies de chemin de fer ou autres et par des manufactures ou ateliers de l'État, dans lesquels l'angle du pas varie depuis 45° jusqu'à 75°. L'angle du filet Whitworth en Angleterre est de 55°. Dans ces conditions, nous croyons qu'il y a lieu d'adopter des données qui facilitent autant que possible l'exécution des outils. L'angle de 60° adopté d'ailleurs dans le système Sellers est le plus pratique, parce que, comme nous le disons plus haut, il est le plus facile à obtenir avec un appareil diviseur.

D'autres considérations qui suivent vont nous conduire à adopter pour l'établissement de l'outil de filetage l'angle de 60°; mais en raison des déformations qui se produisent dans l'exécution des filetages à l'outil sur les machines, l'angle produit ne sera plus de 60°, mais cela nous est indifférent pourvu que cet angle soit toujours le même.

6° *Déformation des angles par suite de l'inclinaison des outils sur les machines pour obtenir la coupe.* — L'outil dont l'extrémité a la forme du filet (voir fig. II, projection horizontale en O U) est dirigé suivant A B comme plan de coupe, projection verticale.

Pour obtenir un filet symétrique, le plan de coupe ne doit pas être en A B, mais bien suivant A′ B′ dans le plan perpendiculaire à la tangente à l'hélice passant par les points C C′ C_1.

Les faces de l'outil qui viennent former les angles tranchants se rencontrent suivant des angles dièdres dont la section droite doit être inférieure à un angle droit d'une très petite quantité qui varie généralement de 4° à 7°. Ce dégagement donné à tous les outils à métaux évite pendant le travail qu'ils ne *talonnent*. C'est l'expression employée dans les ateliers.

D'autre part, l'arête de l'outil qui se trouve dans le plan E′ D′ doit de même être dégagée suivant un certain angle, pour la même raison. Toutes ces conditions d'exécution rendent très difficile la confection des outils. Et si on n'emploie pas des outils étudiés en vue d'assurer absolument toutes les dimensions, on n'a aucune sécurité dans la façon du filetage. C'est pour cette raison que les filetages exécutés dans différents ateliers, voire même dans les mêmes ateliers, ne concordent généralement pas. De plus, l'exécution des pièces qui devraient être interchangeables montre des variations qui vont en accentuant de plus en plus, vu la difficulté de construire et de conserver dans les filetages successifs un outil parfaitement aux cotes du dessin et de l'employer sur les machines dans la position convenable.

7° *Outils ordinaires généralement employés.* — Lorsque les données du profil du filet sont connues, on fait un petit gabarit en métal mince, en tenant compte

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de l'angle et de l'arrondi. L'ouvrier forge lui-même son outil dans un morceau de barre d'acier fondu. Il le trempe et l'émeule de façon à faire coïncider aussi exactement que possible le plan de coupe de son outil avec le gabarit, il le dégage à la meule, de façon qu'il ne talonne pas, puis il le cale avec soin sur le chariot du tour de façon à obtenir un filet symétrique. Quand cet outil casse ou s'égrène, il faut recommencer l'opération d'affûtage, et comme la main et l'œil jouent un grand rôle dans ce travail, il est inévitable qu'il se produise des variations, malgré tous les soins de l'ouvrier.

8° *Outil de précision à angle constant.* — Les considérations ci-dessus nous amènent à rechercher l'emploi d'un outil à angle constant et toujours semblable à lui-même indépendamment de l'ouvrier.

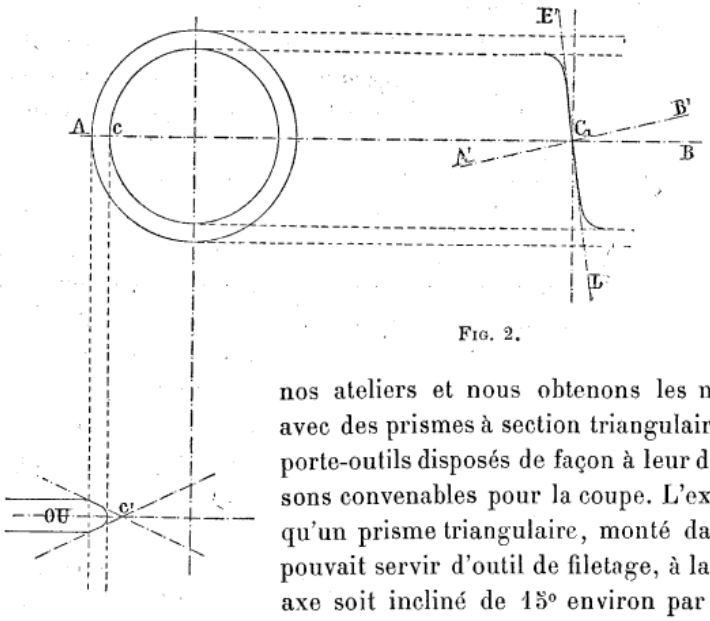


FIG. 2.

Nous nous servons depuis très longtemps dans nos ateliers et nous obtenons les meilleurs résultats avec des prismes à section triangulaire montés dans des porte-outils disposés de façon à leur donner les inclinaisons convenables pour la coupe. L'expérience a montré qu'un prisme triangulaire, monté dans un porte-outil, pouvait servir d'outil de filetage, à la condition que son axe soit incliné de 15° environ par rapport à la tangente à l'hélice à fond de filet.

Il est évident que le travail du tour dans ces conditions ne donne pas au filet un angle égal à celui de la section droite du prisme employé, mais cette méthode a l'avantage considérable, quel que soit l'angle obtenu, de l'avoir toujours le même. Le prisme le plus facile à obtenir est le prisme équilatéral, c'est celui dont nous nous servons.

Sur les arêtes vives de ce prisme nous abattons, en contrôlant ce travail avec des calibres de précision, donnant le centième de millimètre, une petite quantité déterminée, toujours la même et qui correspond à la dimension h de nos calculs précédents.

Nous avons admis depuis longtemps dans nos ateliers qu'il était suffisant pour toutes les vis depuis 1 millimètre de diamètre jusqu'à 20 millimètres, avec des pas variant de 4/10 à 2 millimètres, d'abattre sur le sommet de l'angle vif

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

$h = 0{,}05$ centièmes de millimètres. Au-dessus du pas de 2 millimètres, nous abattons $h = 0{,}1$ de millimètre jusqu'à des pas de 4 millimètres pour le diamètre de 40. Ainsi nous obtenons toute la série des filets dont nous avons besoin industriellement avec deux outils qui se montent dans le même porte-outil. Il faut ajouter que ces outils sont munis d'un réglage pour qu'on puisse diriger l'arête du prisme qui coupe, suivant la tangente à l'hélice à fond de filet.

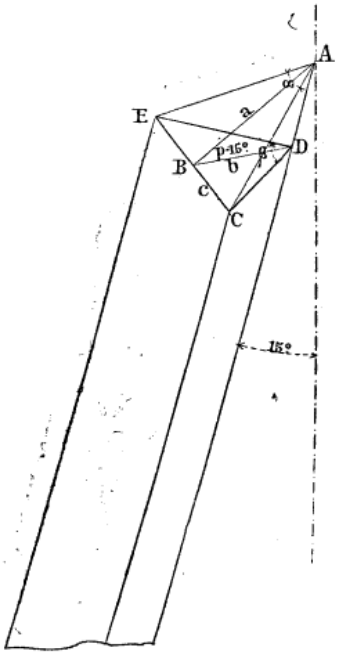


FIG. 3.

Ainsi nous définissons le système de vis employé dans nos ateliers par l'angle obtenu avec un prisme équilatéral dont le plan de coupe est à 15° par rapport à son axe et sur les arêtes duquel on a abattu soit 5/100, soit 1/10 de millimètre. On peut facilement calculer l'angle qui résulte de l'emploi de cet outil, mais ce calcul est purement théorique et n'a d'intérêt que pour les variations qui résultent de la position de l'outil sur la machine.

Ce calcul montre en outre la valeur de la déformation dans le filet produite par un outil autre que notre outil prismatique, et cela indépendamment de la volonté de l'ouvrier, d'où le grand intérêt qu'il y a eu pour nous à l'adoption de ce système de filetage par outil prismatique.

De tous ces calculs établis d'après la figure III, il résulte qu'avec un outil prismatique de 60°, on obtient un angle de 58°17″,70.

Un autre calcul montre que la déformation produite dans l'angle obtenu sur la vis par l'inclinaison de l'outil autour des rayons du cylindre au point de tangence est presque insignifiant. On peut pratiquement ne pas en tenir compte.

10° *Série des pas Bariquand.* — Étant données les considérations ci-dessus pour l'adoption d'un outil à angle constant employé dans une position constante les quantités α, p et R sont toujours déterminées dans nos ateliers et les ouvriers n'ont pas à s'en préoccuper.

Nous avons soin seulement, sur les tableaux qui donnent les pas, d'indiquer la profondeur du filet p et cela au centième de millimètre, et même au millième.

Du reste, pour compléter le système, il faut indiquer dans un tableau les relations des diamètres et des pas, soit D et P.

De même que pour les angles de profil des filets, il n'existe aucune théorie sur laquelle on peut s'appuyer irréfutablement pour donner les relations des pas et des diamètres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nous ajouterons même que, pratiquement, il vaut mieux que le pas ne dépende pas du diamètre parce que cela nécessite un changement de pas avec la variation du diamètre et il serait très incommode dans les ateliers d'avoir, par exemple, un pas correspondant à un diamètre de 15 millimètres, et d'être obligé d'avoir un un autre pas pour le diamètre de 15,1.

Il y a même intérêt pour la simplicité de fabrication d'avoir le même pas pour tous les diamètres compris entre certaines limites. Ainsi le pas de 2 millimètres par exemple peut être appliqué pour le diamètre de 15 à 20 millimètres, et si on se sert pour exécuter un filet de 18 millimètres de l'outil à peignes combinés dans un mandrin centrant seul, on pourra aussi bien, avec le même outillage, produire les diamètres de 16, 17 ou 17,5, sans qu'il soit nécessaire de faire de nouveaux frais. Il y a là une question d'économie qui n'est pas négligeable au point de vue industriel.

C'est pour cette raison que les établissements de la Guerre, de la Marine et les grandes Compagnies de chemins de fer ont établi des séries de pas se rapportant à plusieurs diamètres et relatées dans des tableaux.

Nous donnons ci-dessous un tableau des pas que nous avons adoptés dans nos ateliers et qui ont été établis d'après les principes ci-dessus exposés.

Pas (en millimètres). . .	0,5	Diamètres (en millimètres). . .	2 — 2,5
— — . . .	0,6	— — — . . .	3 — 3,5
— — . . .	0,75	— — — . . .	5 — 4,5 — 5
— — . . .	0,875	— — — . . .	6
— — . . .	1	— — — . . .	7 — 8
— — . . .	1,25	— — — . . .	9 — 10
— — . . .	1,50	— — — . . .	11 — 12 — 13
— — . . .	1,75	— — — . . .	14 — 15 — 16
— — . . .	2	— — — . . .	18 — 20
— — . . .	2,5	— — — . . .	22 — 25
— — . . .	3	— — — . . .	28 — 30
— — . . .	3,5	— — — . . .	35
— — . . .	4	— — — . . .	40

ARTS MÉCANIQUES

NOTE SUR L'UNIFICATION DES JAUGES POUR LES FILS MÉTALLIQUES, PAR M. G. RICHARD, MEMBRE DU CONSEIL.

On a l'habitude de désigner, dans le commerce, les fils d'acier, de fer, de cuivre et de laiton, non pas, comme il semblerait que ce fût le plus naturel, par leurs diamètres exprimés en mesures usuelles métriques, ou autres,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mais par des *numéros de jauges* en général absolument arbitraires (1).

Ces jauges sont arbitraires à deux points de vue : 1° en ce que leurs différents numéros ne correspondent que rarement à des fractions duodécimales du pouce pour les jauges anglaises, ou décimales métriques pour les jauges françaises; 2° en ce que la graduation des numéros est presque toujours discontinue : le diamètre réel d'un fil ne variant pas proportionnellement à son numérotage.

Un coup d'œil jeté sur les tableaux ci-contre, où nous avons réuni les principaux éléments des jauges actuellement les plus usitées, permettra de se rendre compte de l'arbitraire presque absolu de ces mesures. Si l'on ajoute qu'il n'existe pas de types étalons officiels de ces différentes graduations, et qu'un même numéro désigne, dans les diverses jauges d'un même pays, des diamètres tout différents, on voit que cette situation ne peut conduire qu'à des complications et à des erreurs presque inévitables.

C'est d'ailleurs ce que constate la pratique de chaque jour.

En présence de ces faits, et étant donné que le dixième de millimètre constitue pratiquement la limite de l'approximation utilement exigible en mécanique, dans l'évaluation de telles dimensions, nous pensons qu'il y aurait lieu de proposer de renoncer à toutes les jauges actuelles et aux fils fabriqués d'après leurs notations, et de se borner, à l'avenir, à des fils et à des jauges dont les diamètres et les graduations soient des nombres entiers de dixièmes de millimètre.

On pourrait donner à cette unité un nom spécial : par exemple, celui de *dixième,* déjà couramment employé dans les ateliers pour désigner le dixième de millimètre.

Ainsi, dans ce système, le fil n° 2 serait celui de deux dixièmes, le fil 25 celui de 25 dixièmes, et ainsi de suite, sans aucune confusion possible.

En conséquence, la Commission vient demander au Conseil de voter l'insertion de la présente note au Bulletin de la Société, à la suite du « Mémoire sur les filetages » et d'en prescrire un tirage à part à 5000 exemplaires pour être distribués.

(1) Les inconvénients résultant de l'établissement arbitraire des jauges ont depuis longtemps frappé l'esprit des praticiens. On en retrouve des traces dans le mémoire publié par Hachette au *Bulletin de la Société d'Encouragement* de décembre 1824 « Sur les divers modes de numérotages employés dans les filatures et dans les tréfileries ». Dans ce mémoire, Hachette donne les formules permettant d'exprimer en des mesures métriques les diamètres correspondant aux numéros de jauge les plus usités de son temps en tréfilerie : jauges Mouchel de Nuremberg, etc.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Jauge du Lancashire (1).

NUMÉROS DE JAUGE.	DIAMÉTRES. POUCES.	DIAMÉTRES. MILLIM.	NUMÉROS DE JAUGE.	DIAMÉTRES. POUCES.	DIAMÉTRES. MILLIM.	NUMÉROS DE JAUGE.	DIAMÉTRES. POUCES.	DIAMÉTRES. MILLIM.	NUMÉROS DE JAUGE.	DIAMÉTRES. POUCES.	DIAMÉTRES. MILLIM.	NUMÉROS DE JAUGE.	DIAMÉTRES. POUCES.	DIAMÉTRES. MILLIM.
80	0,013	0,33	57	0,042	1,07	34	0,109	2,77	11	0,189	4,80	M	0,295	7,50
79	014	35	56	044	1,12	33	111	2,82	10	190	4,83	N	302	7,67
78	015	38	55	050	1,27	32	115	2,92	9	191	4,86	O	316	8,03
77	016	406	54	055	1,40	31	118	3,00	8	192	4,87	P	323	8,20
76	018	46	53	058	1,47	30	125	3,18	7	195	4,95	Q	332	8,43
75	019	48	52	060	1,52	29	134	3,40	6	198	5,03	R	339	8,62
74	022	56	51	064	1,62	28	138	3,50	5	201	5,10	S	348	8,84
73	023	58	50	067	1,70	27	141	3,58	4	204	5,18	T	358	9,10
72	024	61	49	070	1,78	26	143	3,63	3	209	5,31	U	368	9,35
71	026	66	48	073	1,83	25	146	3,70	2	219	5,54	V	377	9,58
70	027	68	47	076	1,93	24	148	3,76	1	227	5,78	W	386	9,80
69	029	74	46	078	1,98	23	150	3,80	A	234	5,95	X	397	10,12
68	030	76	45	080	2,03	22	152	3,87	B	238	6,05	Y	404	10,25
67	031	79	44	084	2,13	21	157	3,99	C	242	6,15	Z	413	10,45
66	032	81	43	086	2,18	20	160	4,07	D	246	6,25	Ai	420	10,68
65	033	84	42	091	2,31	19	164	4,17	E	250	6,35	Bi	431	10,95
64	034	86	41	095	2,41	18	167	4,24	F	257	6,53	Ci	443	11,25
63	035	89	40	096	2,44	17	169	4,30	G	261	6,65	Di	452	11,50
62	036	91	39	098	2,49	16	174	4,42	H	266	6,76	Ei	462	11,75
61	038	96	38	100	2,54	15	175	4,45	I	272	6,91	Fi	475	12,05
60	039	99	37	102	2,60	14	177	4,50	J	277	7,04	Gi	484	12,30
59	040	1,01	36	103	2,67	13	180	4,57	K	281	7,14	Hi	494	12,55
58	041	1,04	35	107	2,72	12	185	4,70	L	290	7,40			

(1) Cette jauge est employée principalement pour les fils d'acier et les fils pour pignons d'horlogerie.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Jauge Warrington.

NUMÉROS de JAUGE.	DIAMÈTRES POUCES.	DIAMÈTRES MILLIM.	NUMÉROS de JAUGE.	DIAMÈTRES POUCES.	DIAMÈTRES MILLIM.	NUMÉROS de JAUGE.	DIAMÈTRES POUCES.	DIAMÈTRES MILLIM.	NUMÉROS de JAUGE.	DIAMÈTRES POUCES.	DIAMÈTRES MILLIM.
7/0	1/2	12,7	0	0,326	8,28	8	0,159	4,04	15	0,069	1,75
6/0	15/32	11,9	1	0,300	7,62	9	0,146	3,70	16	0,0625	1,59
5/0	7/16	11,10	2	0,374	6,96	10	0,133	3,38	17	0,053	1,35
4/0	13/32	10,32	3	0,250	6,35	10 1/2	0,125	3,17	18	0,047	1,20
3/0	3/8	9,52	4	0,229	5,82	11	0,117	2,97	19	0,041	1,07
2/0	11/32	8,73	5	0,209	5,31	12	0,10	2,54	20	0,036	0,91
			6	0,191	4,85	13	0,090	2,29	21	0,0315	0,80
			7	0,174	4,42	14	0,079	2,00	22	0,028	0,70

Jauge Whitworth.

NUMÉROS de JAUGE.	DIAMÈTRES en millièmes de pouce.	DIAMÈTRES en dixièmes de millim.	NUMÉROS de JAUGE.	DIAMÈTRES en millièmes de pouce.	DIAMÈTRES en dixièmes de millim.	NUMÉROS de JAUGE.	DIAMÈTRES en millièmes de pouce.	DIAMÈTRES en dixièmes de millim.	NUMÉROS de JAUGE.	DIAMÈTRES en millièmes de pouce.	DIAMÈTRES en dixièmes de millim.
1	1	0,254	17	17	4,318	55	55	13,970	200	200	50,800
2	2	0,507	18	18	4,572	60	60	15,240	220	220	55,880
3	3	0,762	19	19	4,826	65	65	16,510	240	240	60,960
4	4	1,016	20	20	5,080	70	70	17,780	260	260	66,040
5	5	1,270	22	22	5,588	75	75	19,050	280	280	71,119
6	6	1,524	24	24	6,096	80	80	20,319	300	300	76,199
7	7	1,778	26	26	6,604	85	85	21,590	325	325	82,560
8	8	2,032	28	28	7,112	90	90	22,860	350	350	88,900
9	9	2,286	30	30	7,620	95	95	24,130	375	375	95,850
10	10	2,540	32	32	8,128	100	100	25,400	400	400	100,599
11	11	2,794	34	34	8,636	110	110	27,940	425	425	107,850
12	12	3,048	36	36	9,144	120	120	33,020	450	450	114,300
13	13	3,302	38	38	9,652	135	135	34,300	475	475	125,000
14	14	3,556	40	40	10,599	150	150	38,100	500	500	127,000
15	15	3,810	45	45	11,430	165	165	41,900			
16	16	4,064	50	50	12,700	180	180	45,720			

Standard Wire gauge anglaise. (W. G.)

NUMÉROS de JAUGE.	DIAMÈTRES en millièmes de pouce.	DIAMÈTRES en milli-mètres.	NUMÉROS de JAUGE.	DIAMÈTRES en millièmes de pouce.	DIAMÈTRES en milli-mètres.	NUMÉROS de JAUGE.	DIAMÈTRES en millièmes de pouce.	DIAMÈTRES en milli-mètres.	NUMÉROS de JAUGE.	DIAMÈTRES en millièmes de pouce.	DIAMÈTRES en milli-mètres.
0000000	500	12,5	4	232	5.8	14	80	2,0	24	22,0	0,55
000000	464	11,6	5	212	5,3	15	72	1,8	25	20,0	0,50
00000	432	10,8	6	192	4,8	16	64	1,6	26	18,0	0,45
0000	400	10,0	7	176	4,4	17	56	1,4	27	16,4	0,41
000	372	9,4	8	160	4,0	18	48	1,2	28	14,8	0,37
00	348	8,7	9	144	3,8	19	40	1,0	29	13,6	0,34
0	324	8,2	10	128	3,2	20	36	0,9	30	12,4	0,31
1	300	7,5	11	116	2,9	21	32	0,8	31	11,6	0,29
2	276	6,9	12	104	2,6	22	28	0,7	32	10,8	0,27
3	252	6,3	13	92	2,3	23	24	0,6	33	10,0	0,35

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Principales jauges de fils employés en Amérique et en Angleterre.

DIAMÈTRES EN DÉCIMALES DU POUCE

NUMÉROS de JAUGE.	AMERICAN ET BROWN and Sharpe.	BIRMINGHAM ou Stubs'.	WASHBURN.	TRENTON.	G. W. PRENTISS.	ANCIENNES jauges anglaises pour fils de laiton, cuivre, etc.	NUMÉROS de JAUGE.
000000	....	....	.46	....	....	....	000000
00000	....	....	.43	.45	....	....	00000
0000	.46	.454	.393	.4	....	....	0000
000	.40964	.425	.362	.36	.3586	....	000
00	.3648	.38	.331	.33	.3282	....	00
0	.32486	.34	.307	.305	.2994	....	0
1	.2893	.3	.283	.285	.2777	....	1
2	.25763	.284	.263	.265	.2591	....	2
3	.22942	.259	.244	.245	.2401	....	3
4	.20431	.238	.225	.225	.223	....	4
5	.18194	.22	.207	.205	.2047	....	5
6	.16202	.203	.192	.19	.1885	....	6
7	.14428	.18	.177	.175	.1758	....	7
8	.12849	.165	.162	.16	.1605	....	8
9	.11443	.148	.148	.145	.1471	....	9
10	.10189	.134	.135	.13	.1351	....	10
11	.090742	.12	.12	.1175	.1205	....	11
12	.080808	.109	.105	.105	.1065	....	12
13	.071961	.095	.092	.0925	.0928	....	13
14	.064084	.083	.08	.08	.0816	.083	14
15	.057068	.072	.072	.07	.0726	.072	15
16	.05082	.065	.063	.061	.0627	.065	16
17	.045257	.058	.054	.0525	.0546	.058	17
18	.040303	.049	.047	.045	.0478	.049	18
19	.03589	.042	.041	.04	.0411	.04	19
20	.031961	.035	.035	.035	.0351	.035	20
21	.028462	.032	.032	.031	.0321	.0315	21
22	.025347	.028	.028	.028	.029	.0295	22
23	.022571	.025	.025	.025	.0261	.027	23
24	.0201	.022	.023	.0225	.0231	.025	24
25	.0179	.02	.02	.02	.0212	.023	25
26	.01594	.018	.018	.018	.0194	.0205	26
27	.014195	.016	.017	.017	.0182	.01875	27
28	.012641	.014	.016	.016	.017	.0165	28
29	.011257	.013	.015	.015	.0163	.0155	29
30	.010025	.012	.014	.014	.0156	.01375	30
31	.008928	.01	.0135	.013	.0146	.01225	31
32	.00795	.009	.013	.012	.0136	.01125	32
33	.00708	.008	.011	.011	.013	.01025	33
34	.006304	.007	.01	.01	.0118	.0095	34
35	.005614	.005	.0095	.0095	.0109	.009	35
36	.005	.004	.009	.009	.01	.0075	36
37	.004453	....	.0085	.0085	.0095	.0065	37
38	.003965	....	.008	.008	.009	.00575	38
39	.003531	....	.0075	.0075	.0083	.005	39
40	.003144	....	.007	.007	.0078	.0045	40

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Jauge électrique d'Edison (1)

Table des dimensions, poids et résistance du fil de cuivre pur.

NUMÉROS de la JAUGE.	Circular Mils CM. d^2	COURANT MAXIMUM $A = 4\sqrt{\left(\frac{C.M.}{10^5}\right)^3}$	DIAMÈTRE en mils. d	POIDS SPÉCIFIQUE 8,889. I Livres par pied. (18,49 p. mèt.)	II Liv. p. ohm (0k,453 —)	LONGUEUR III Pieds par livre. (0k,670 p. mèt.)	IV Pieds par ohm (0m,303 —)	RÉSISTANCE en ohms légaux à 25 C. V Ohms. p. liv. (2,20 par kil.)	VI Ohms par pied. (3,80 p. mèt.)	VII d^2
3	3000	12,5	54,78	0,0090837	2,5971	110,0870763	285,9038	0,3850405	0,0034976	3000,85
5	5000	18,3	70,72	0,0151392	7,2138	66,0535101	476,4970	0,1386285	0,0020986	5001,32
8	8000	26,0	89,45	0,0242203	18,4636	41,2876061	762,3184	0,0541602	0,0013118	8001,30
12	12000	35,2	109,55	0,0363282	41,5379	27,5267946	1143,4061	0,0240743	0,0008746	12001,20
15	15000	41,6	122,48	0,0454098	64,9017	22,0216596	1429,2431	0,0154078	0,0006997	15001,35
20	20000	51,6	141,43	0,0605484	115,3718	16,5157078	1905,7189	0,0086664	0,0005247	20002,44
25	25000	61,0	158,12	0,0756821	180,2779	13,2131630	2382,0418	0,0055470	0,0004198	25001,93
30	30000	70,0	173,21	0,0908167	259,7223	11,0111957	2859,8526	0,0038522	0,0003498	30001,70
35	35000	78,6	187,09	0,1059548	353,3105	9,4380769	3334,8547	0,0028301	0,0002999	35002,67
40	40000	86,8	200,00	0,1210820	461,4401	8,2588659	3810,9720	0,0021671	0,0002624	40000,00
45	45000	94,9	212,14	0,1362275	584,0979	7,3406628	4287,6655	0,0017120	0,0002332	45003,38
50	50000	102,7	223,61	0,1513568	721,0263	6,6069034	4763,7514	0,0013868	0,0002099	50001,43
55	55000	110,3	234,53	0,1665008	872,5473	6,0059761	5240,4982	0,0011467	0,0001908	55004,32
60	60000	117,7	244,95	0,1816245	1038,2576	5,5058645	5716,5059	0,00096315	0,0001749	60000,50
65	65000	125,0	254,96	0,1967722	1218,5857	5,0820192	6192,8868	0,00082057	0,0001615	65004,60
70	70000	132,1	264,58	0,2119013	1413,2644	4,7191782	6669,4164	0,00070758	0,0001499	70002,58
75	75000	139,1	273,87	0,2270432	1622,4571	4,4044479	7146,0276	0,00061635	0,0001399	75004,78
80	80000	146,0	282,85	0,2421765	1845,9518	4,1292176	7622,3367	0,00054172	0,0001312	80004,12
85	85000	152,8	291,55	0,2573035	2083,7594	3,8864608	8098,4491	0,00047990	0,0001235	85001,40
90	90000	159,5	300,00	0,2724345	2336,4054	3,6706071	8574,6870	0,00042807	0,0001166	90000,00
95	95000	166,1	308,23	0,2875872	2603,0161	3,4773124	9051,6047	0,00038415	0,0001105	95005,73
100	100000	172,6	316,23	0,3027093	2884,0822	3,3034096	9527,5645	0,00034673	0,0001050	100001,41
110	110000	185,4	331,67	0,3329906	3489,9577	3,0030877	10480,6483	0,00028656	0,0000954	110004,99
120	120000	198,0	346,42	0,3632666	4153,4329	2,7527989	11433,5654	0,00024070	0,0000845	120006,82
130	130000	210,2	360,56	0,3935271	4874,2259	2,5411208	12385,9938	0,00020514	8,0000807	130003,57
140	140000	222,2	374,17	0,4237967	5652,8989	2,3596222	13338,7058	0,00017690	0,0000750	140003,19
150	150000	234,0	387,30	0,4540614	6484,5728	2,2023452	14291,2678	0,00015409	0,0000700	150001,29
160	160000	245,6	400,00	0,4843280	7383,0425	2,0647164	15243,8880	0,00013544	0,0000656	160000,00
170	170000	257,0	412,32	0,5146221	8335,5249	1,9431736	16197,3720	0,00011995	0,0000617	170007,78
180	180000	268,3	424,27	0,5448842	9344,6859	1,8352522	17149,8535	0,00010701	0,0000583	180005,03
190	190000	279,4	435,89	0,5751398	10411,2406	1,7387097	18102,1258	0,00009604	0,0000552	190000,09
200	200000	290,4	447,22	0,6054273	11536,6814	1,6517233	19055,4057	0,00008667	0,0000525	200005,73
220	220000	312,0	469,05	0,6659749	13959,5666	1,5015580	20961,0990	0,00007163	0,0000477	220007,90
240	240000	333,0	489,90	0,7264981	16612,1144	1,3764661	22866,0134	0,00006019	0,0000437	240002,01
260	260000	353,5	509,91	0,7870578	19496,9968	1,2705546	24772,1000	0,00005129	0,0000401	260008,21
280	280000	373,7	529,16	0,8476052	22612,2329	1,1797944	26677,7858	0,00004422	0,0000375	280010,31
300	300000	393,6	547,73	0,9081397	25957,4640	1,1011502	28583,0667	0,00003852	0,0000350	300008,15
320	320000	413,1	565,69	0,9686717	29533,6961	1,0323418	30488,2691	0,00003386	0,0000328	320005,18
340	340000	432,3	583,10	1,0292140	33340,1808	9716143	32393,7964	0,00002999	0,0000309	340005,61
360	360000	451,3	600,00	1,0897380	37376,6518	9176517	34298,7480	0,00002675	0,0000292	360000,00

(1) (*La Lumière électrique*, 26 fév. 1889, p. 442). Dans cette jauge, établie en vue des applications électriques, chaque numéro correspond très approximativement (colonnes 2 et VII) au carré d^2 du diamètre d, exprimé en millièmes de pouce (0mm,0254) ou *mils*, de manière que la conductibilité des fils soit proportionnelle au numérotage; et les sections varient d'un numéro à l'autre par milliers de cette unité de mesure (0mm,0254²) appelée ici *circular mil*.

Le plus petit numéro (3) correspond à $d = 54{,}78$ mils $= 1^{mm},37$, et $d^2 = 3000$ circular mils, et le plus élevé (360) à $d = 600$ mils $= 15^{mm},2$.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Jauge de Birmingham (B. W. G.).

N° de JAUGE.	DIAMÈTRE. en POUCES.	DIAMÈTRE. en millim.	N° de JAUGE.	DIAMÈTRE. en POUCES.	DIAMÈTRE. en millim.	N° de JAUGE.	DIAMÈTRE. en POUCES.	DIAMÈTRE. en millim.	N° de JAUGE.	DIAMÈTRE. en POUCES.	DIAMÈTRE. en millim.
0,000	0,454	11,56	7	0,180	4,57	17	0,058	1,47	27	0,016	0,40
000	425	10,80	8	165	4,20	18	049	1,24	28	014	0,35
00	360	9,65	9	148	3,80	19	042	1,07	29	013	0,33
0	340	8,63	10	134	3,40	20	035	0,90	30	012	0,30
1	300	7,62	11	120	3,05	21	032	0,81	31	010	0,25
2	284	7,25	12	109	2,75	22	028	0,71	32	009	0,23
3	259	6,60	13	095	2,40	23	025	0,63	33	008	0,20
4	238	6,05	14	083	2,11	24	022	0,56	34	007	0,18
5	220	5,60	15	072	1,83	25	020	0,51	35	005	0,13
6	203	5,10	16	065	1,65	26	018	0,46	36	004	0,10

JAUGES FRANÇAISES

Jauge de Paris de 1857.

NUMÉROS.	DIAMÈTRES en millimètres.	NUMÉROS.	MILLIMÈTRES.	NUMÉROS.	MILLIMÈTRES.
P. 15	0,15	1	0,60	16	2,7
P. 14	0,16	2	0,70	17	3,0
P. 13	0,17	3	0,80	18	3,4
P. 12	0,18	4	0,90	19	3,9
P. 11	0,20	5	1	20	4,4
P. 10	0,22	6	1,10	21	4,9
P. 9	0,23	7	1,20	22	5,4
P. 8	0,25	8	1,30	23	5,9
P. 7	0,27	9	1,40	24	6,4
P. 6	0,28	10	1,50	25	7,6
P. 5	0,30	11	1,6	26	8,2
P. 4	0,34	12	1,8	27	8,8
P. 2	0,42	13	2	28	10,0
P. 1	0,46	14	2,2	29	
P.	0,50	15	2,4	30	

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Jauges françaises.

NUMÉRO de JAUGE.	DIAMÈTRE en MILLIMÈT.	NUMÉRO de JAUGE.	DIAMÈTRE en MILLIMÈT.	NUMÉRO de JAUGE.	DIAMÈTRE en MILLIMÈT.	NUMÉRO de JAUGE.	DIA MÈTRE en MILLIMÈT.
			JAUGE DE LIMOGES.				
0	0,39	7	1,12	14	2,02	21	5,10
1	0,45	8	1,24	15	2,14	22	5,65
2	0,56	9	1,35	16	2,25	23	6,20
3	0,67	10	1,46	17	2,84	24	6,80
4	0,79	11	1,68	18	3,40		
5	0,90	12	1,80	19	3,95		
6	1,01	13	1,91	20	4,50		
			JAUGE FRANÇAISE.				
P	5	8	13	16	27	24	64
1	6	9	14	17	30	25	70
2	7	10	15	18	34	26	76
3	8	11	16	19	39	27	82
4	9	12	18	20	44	28	88
5	10	13	20	21	49	29	94
6	11	14	22	22	54	30	100
7	12	15	24	23	59		
			JAUGE FRANÇAISE POUR FILS GALVANISÉS.				
1	0,6	7	1,2	13	2,0	19	3,9
2	0,7	8	1,3	14	2,2	20	4,4
3	0,8	9	1,4	15	2,4	21	4,9
4	0,9	10	1,5	16	2,7	22	5,4
5	1,0	11	1,6	17	3,0	23	5,9
6	1,1	12	1,8	18	3,4		
			JAUGE CARCASSE.				
P	0,50	22	0,32	34	0,14	46	0,07
12	0,47	24	0,29	36	0,12	48	0,06
14	0,44	26	0,26	38	0,11	50	0,05
16	0,40	28	0,22	40	0,10		
18	0,37	30	0,20	42	0,09		
20	0,34	32	0,17	44	0,08		

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Jauge millimétrique. — POIDS D'UN MÈTRE DE DIVERS FILS MÉTALLIQUES (D'APRÈS GUETTIER) (1)

DIAMÈTRE EN DIXIÈMES de millimètre.	NUMÉRO JAUGE DE PARIS.	POIDS EN GRAMMES D'UN MÈTRE DE FIL DE			DIAMÈTRE EN DIXIÈMES de millimètre.	NUMÉRO JAUGE DE PARIS.	POIDS EN GRAMMES D'UN MÈTRE DE FIL DE		
		FER.	CUIVRE.	LAITON.			FER.	CUIVRE.	LAITON.
		gr.	gr.	gr.			gr.	gr.	gr.
1	5 P	0,06	0,07	0,07	31	17	58,49	66,42	63,70
2	4 P	0,24	0,28	0,27	32	»	62,33	70,77	67,88
3	3 P	0,55	0,62	0,60	33	»	66,29	75,27	71,19
4	P P	0,97	1,11	1,06	34	18	70,36	79,90	76,63
5	P	1,52	1,73	1,66	35	»	74,56	84,67	81,20
6	1	2,19	2,49	2,39	36	»	78,89	89,57	86,61
7	2	2,98	3,39	3,25	37	»	83,33	94,62	91,45
8	3	3,90	4,42	4,24	38	»	87,89	99,80	96,42
9	4	4,93	5,60	5,37	39	19	92,58	105,12	101,52
10	5	6,09	6,91	6,63	40	»	97,39	110,58	106,06
11	6	7,37	8,36	8,02	41	»	102,32	116,18	111,43
12	7	8,77	9,95	9,55	42	»	107,37	121,92	116,93
13	8	10,29	11,68	11,20	43	»	112,55	127,79	122,57
14	9	11,93	13,55	12,99	44	20	117,84	138,81	128,33
15	10	13,70	15,55	14,91	45	»	123,26	139,86	134,23
16	11	15,58	17,69	16,90	46	»	128,80	146,25	140,26
17	»	17,59	19,97	19,16	47	»	134,46	152,68	146,43
18	12	19,72	22,39	21,48	48	»	140,24	158,24	152,73
19	»	21,97	24,95	23,93	49	21	146,15	164,95	159,16
20	13	24,35	27,65	26,52	50	»	152,17	172,79	165,72
21	»	26,84	30,48	29,23	51	»	158,32	179,77	172,41
22	14	29,46	33,45	32,08	52	»	164,39	186,89	179,24
23	»	32,20	36,55	35,07	53	»	170,98	194,14	186,20
24	15	35,06	39,81	38,18	54	22	177,49	201,54	193,29
25	»	38,04	43,20	41,43	55	»	184,13	209,07	200,52
26	»	41,15	46,72	44,81	56	»	190,88	216,74	207,88
27	16	44,37	50,38	48,32	57	»	197,76	224,55	215,36
28	»	47,72	54,19	51,97	58	»	204,76	232,50	223,99
29	»	51,19	58,13	55,75	59	23	211,88	242,69	230,75
30	17	54,78	62,20	59,66	60	»	219,13	248,81	238,64

(1) *Le Constructeur mécanicien*, p. 380. Paris (Bernard), 1888.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Jauge millimétrique. — POIDS D'UN MÈTRE DE DIVERS FILS MÉTALLIQUES (*Suite*)

DIAMÈTRES EN DIXIÈMES de millimètre.	NUMÉROS JAUGE DE PARIS.	POIDS EN GRAMMES D'UN MÈTRE DE FIL DE			DIAMÈTRES EN DIXIÈMES de millimètre.	NUMÉROS JAUGE DE PARIS.	POIDS EN GRAMMES D'UN MÈTRE DE FIL DE		
		FER.	CUIVRE.	LAITON.			FER.	CUIVRE.	LAITON.
		gr.	gr.	gr.			gr.	gr.	gr.
61	23	226,49	257,18	246,66	92	28	515,19	385,99	361,06
62	»	238,98	265,68	254,84	93	»	526,45	398,78	373,32
63	»	241,59	274,32	263,10	94	29	537,83	411,70	385,72
64	24	249,32	283,10	271,51	95	»	549,34	424,76	398,23
65	»	257,17	292,01	280,07	96	»	560,96	437,96	410,91
66	»	265,14	301,07	288,75	97	»	572,71	451,30	423,70
67	»	273,24	310,26	297,57	98	»	584,58	464,78	436,63
68	»	281,46	319,59	306,51	99	»	596,57	477,40	449,68
69	»	289,79	329,06	315,60	100	30	608,68	491,15	462,88
70	25	298,26	338,66	324,81	101	»	620,92	505,04	476,20
71	»	306,84	348,41	334,16	102	»	633,27	519,07	489,66
72	»	315,54	358,29	343,63	103	»	645,75	533,24	503,25
73	»	324,37	368,31	353,25	104	»	658,35	547,55	516,97
74	»	333,32	378,47	362,99	105	»	671,07	561,99	530,82
75	»	342,38	388,77	372,87	106	»	683,92	576,58	544,81
76	26	351,58	399,21	382,88	107	»	696,88	591,30	558,93
77	»	360,89	409,78	393,02	108	»	710,97	606,16	573,18
78	»	370,32	420,50	403,29	109	»	723,18	621,16	587,56
79	»	379,88	431,35	413,70	110	31	736,51	636,29	602,08
80	»	389,56	442,34	424,24	120	32	k877	k995	k953
81	»	399,36	453,46	434,91	130	33	1,029	1,168	1,120
82	27	409,28	464,73	445,72	140	34	1,193	1,355	1,299
83	»	419,32	476,13	456,66	150	35	1,370	1,555	1,491
84	»	429,49	487,68	467,73	160	36	1,558	1,769	1,697
85	»	439,77	499,36	478,93	170	37	1,759	1,997	1,916
86	»	450,18	511,17	490,26	180	38	1,972	2,239	2,143
87	»	460,71	523,13	501,73	190	39	2,197	2,495	2,393
88	28	471,36	535,23	513,33	200	40	2,435	2,765	2,652
89	»	482,14	547,50	525,06					
90	»	493,03	559,83	536,93					
91	»	504,05	572,34	548,93	Densités moyennes. .		7,75	8,80	8,44

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Jauge millimétrique. — LONGUEUR D'UN KILOGRAMME DE DIVERS FILS MÉTALLIQUES

DIAMÈTRE EN DIXIÈMES de millimètre.	NUMÉRO JAUGE DE PARIS.	LONGUEUR D'UN KILOGRAMME DE FIL DE FER.	LONGUEUR D'UN KILOGRAMME DE FIL DE CUIVRE.	LONGUEUR D'UN KILOGRAMME DE FIL DE LAITON.
		m.	m.	m.
1	5 P	16 429,00	14469,00	15 086,00
2	4 P	4 107,00	3617,00	3 771,00
3	3 P	1 825,00	1608,00	1 676,00
4	P P	1 027,00	904,00	943,00
5	P	657,00	579,00	603,00
6	1	456,36	401,91	419,05
7	2	335,28	295,28	307,87
8	3	256,70	226,07	235,72
9	4	202,83	178,63	186,24
10	5	164,29	144,69	150,86
11	6	135,78	119,58	124,68
12	7	114,09	100,48	104,76
13	8	97,21	85,61	89,26
14	9	83,82	73,82	76,97
15	10	73,02	64,31	67,05
16	11	64,17	56,52	58,93
17	»	56,85	50,06	52,20
18	12	50,71	44,66	46,56
19	»	45,51	40,08	41,79
20	13	41,07	36,17	37,71
21	»	37,25	32,81	34,21
22	14	33,94	29,89	31,17
23	»	31,06	27,35	28,52
24	15	28,52	25,12	26,19
25	»	26,29	23,15	24,74
26	»	24,30	21,40	22,32
27	16	22,54	19,85	20,69
28	»	20,96	18,45	19,24
29	»	19,54	17,20	17,94
30	17	18,25	16,08	16,76

DIAMÈTRE EN DIXIÈMES de millimètre.	NUMÉRO JAUGE DE PARIS.	LONGUEUR D'UN KILOGRAMME DE FIL DE FER.	LONGUEUR D'UN KILOGRAMME DE FIL DE CUIVRE.	LONGUEUR D'UN KILOGRAMME DE FIL DE LAITON.
		m.	m.	m.
31	17	17,10	15,06	15,70
32	»	16,04	14,13	14,73
33	»	15,09	13,29	13,85
34	18	14,21	12,52	13,05
35	»	13,41	11,81	12,32
36	»	12,68	11,16	11,64
37	»	12,00	10,57	11,02
38	»	11,38	10,02	10,45
39	19	10,80	9,51	9,92
40	»	10,27	9,04	9,43
41	»	9,77	8,61	8,97
42	»	9,31	8,20	8,55
43	»	8,89	7,83	8,16
44	20	8,49	7,47	7,79
45	»	8,11	7,15	7,45
46	»	7,76	6,84	7,13
47	»	7,44	6,55	6,83
48	»	7,13	6,28	6,55
49	21	6,84	6,03	6,28
50	»	6,57	5,79	6,03
51	»	6,32	5,56	5,80
52	»	6,08	5,35	5,58
53	»	5,85	5,15	5,37
54	22	5,64	4,96	5,17
55	»	5,43	4,78	4,99
56	»	5,24	4,61	4,81
57	»	5,06	4,45	4,64
58	»	4,88	4,30	4,48
59	23	4,72	4,16	4,33
60	»	4,56	4,02	4,19

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Jauge millimétrique. — LONGUEUR D'UN KILOGRAMME DE DIVERS FILS MÉTALLIQUES (*Suite*).

DIAMÈTRE EN DIXIÈMES de millimètre.	NUMÉRO JAUGE DE PARIS.	LONGUEUR D'UN KILOGRAMME DE FIL DE FER.	LONGUEUR D'UN KILOGRAMME DE FIL DE CUIVRE.	LONGUEUR D'UN KILOGRAMME DE FIL DE LAITON.
		m.	m.	m.
61	23	4,42	3,89	4,05
62	»	4,27	3,76	3,92
63	»	4,14	3,65	3,80
64	24	4,01	3,53	3,68
65	»	3,89	3,42	3,57
66	»	3,77	3,32	3,46
67	»	3,66	3,22	3,36
68	»	3,55	3,13	3,26
69	»	3,45	3,04	3,17
70	25	3,35	2,95	3,08
71	»	3,26	2,87	2,99
72	»	3,17	2,79	2,91
73	»	3,08	2,72	2,83
74	»	3,00	2,64	2,75
75	»	2,92	2,57	2,68
76	26	2,84	2,51	2,61
77	»	2,77	2,44	2,54
78	»	2,70	2,38	2,48
79	»	2,63	2,32	2,42
80	»	2,57	2,26	2,36
81	»	2,50	2,21	2,30
82	27	2,44	2,15	2,24
83	»	2,38	2,10	2,19
84	»	2,33	2,05	2,14
85	»	2,27	2,00	2,09
86	»	2,22	1,96	2,04
87	»	2,17	1,91	1,99
88	28	2,12	1,87	1,95
89	»	2,07	1,83	1,90
90	»	2,03	1,79	1,86
91	»	1,98	1,75	1,82

DIAMÈTRE EN DIXIÈMES de millimètre.	NUMÉRO JAUGE DE PARIS.	LONGUEUR D'UN KILOGRAMME DE FIL DE FER.	LONGUEUR D'UN KILOGRAMME DE FIL DE CUIVRE.	LONGUEUR D'UN KILOGRAMME DE FIL DE LAITON.
		m.	m.	m.
92	28	1,94	1,71	1,78
93	»	1,90	1,68	1,74
94	29	1,86	1,64	1,71
95	»	1,82	1,60	1,64
96	»	1,78	1,57	1,62
97	»	1,75	1,54	1,60
98	»	1,71	1,51	1,57
99	»	1,68	1,48	1,54
100	30	1,64	1,45	1,51
101	»	1,61	1,42	1,48
102	»	1,58	1,39	1,45
103	»	1,55	1,36	1,42
104	»	1,52	1,33	1,39
105	»	1,49	1,31	1,37
106	»	1,46	1,29	1,34
107	»	1,43	1,26	1,32
108	»	1,41	1,24	1,29
109	»	1,38	1,22	1,27
110	31	1,36	1,20	1,25
120	32	1,14	1,00	1,05
130	33	0,97	0,86	0,89
140	34	0,84	0,74	0,77
150	35	0,73	0,64	0,67
160	36	0,64	0,57	0,63
170	37	0,57	0,50	0,52
180	38	0,51	0,45	0,47
190	39	0,46	0,40	0,42
200	40	0,41	0,36	0,38
Densités moyennes. .		7,75	8,80	8,44

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS ÉCONOMIQUES

SUR LA MACHINE ÉLECTRIQUE A RECENSEMENT, PAR M. E. CHEYSSON, ANCIEN PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ DE STATISTIQUE, MEMBRE DE L'INSTITUT INTERNATIONAL DE STATISTIQUE.

Dans la séance du 11 mars 1891, notre collègue, M. Carpentier, a fait, au nom du Comité des Arts économiques, un très intéressant rapport sur un *Scrutateur électrique instantané* de M. Legoaziou, commis de l'administration des postes et télégraphes.

Cet appareil, qui n'était alors et qui n'est sans doute encore aujourd'hui qu'à l'état de projet, était destiné à permettre aux membres d'une grande assemblée l'expression et la totalisation de leurs votes dans des conditions à la fois plus rapides et plus sûres que celles de la votation actuelle.

L'intérêt avec lequel vous avez écouté le remarquable rapport de notre collègue a fait penser au Bureau que vous seriez peut-être disposés à réserver le même accueil à une communication sur une machine qui utilise également l'électricité pour les comptages. Comme j'ai vu récemment fonctionner cette machine, on m'a demandé de vous en expliquer ce soir le principe et le fonctionnement.

C'est en Autriche que j'ai eu, il y a quelques mois, la bonne fortune de la voir mise en œuvre sous la haute direction de M. von Inama Sternegg, chef de la statistique autrichienne, et de son distingué collaborateur, M. le Dr Heinrich Rauchberg. J'acquitte une dette de reconnaissance en commençant par remercier ces deux éminents statisticiens, qui m'ont très obligeamment démontré leur machine et dont je vais essayer de reproduire devant vous les explications le plus clairement qu'il me sera possible. J'ai le regret de ne pouvoir les illustrer par des dessins qui leur donneraient plus de précision et dont l'absence m'obligera à me borner aux principes généraux des mécanismes, au lieu d'en décrire les détails.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

I

La machine dont j'ai à vous parler diffère essentiellement de celle de M. Legoaziou tant par le principe et par le but que par la méthode et les applications. Elle n'a pas pour objet de faciliter à des députés l'émission et le dépouillement de leurs votes, mais de venir en aide aux statisticiens, pour abréger leurs opérations, comme un abaque, un planimètre, un arithmomètre, un intégraphe, une machine à calcul. Elle n'est pas à l'état de simple projet, mais elle est construite et répandue à de nombreux exemplaires. Elle est susceptible d'applications multiples ; mais, jusqu'ici, elle n'a servi qu'au recensement de la population, pour lequel elle a fait ses preuves sur une très grande échelle, aux États-Unis et en Autriche.

L'instrument du recensement, c'est la fiche individuelle. On assemble ces fiches par paquets distincts, suivant le sexe, l'âge, la profession, la nationalité, en un mot suivant les diverses définitions qu'elles contiennent ; on compte les fiches de chaque paquet et l'on inscrit les totaux, qui constituent les éléments du relevé pour la commune, la province, l'État.

Ces fiches peuvent s'obtenir de diverses façons.

En France, on les demande au recensé lui-même. Chaque famille remplit les fiches de ses membres et les relie par une feuille de ménage, sorte de bordereau qui présente la synthèse de la famille, de sa composition, du métier qu'elle exerce. Pour certains détails, comme la profession, la feuille de ménage comporte une précision bien plus grande que les fiches individuelles et éclaire d'une vive lumière les réponses parfois un peu obscures de chacun des membres de la famille.

En Italie, le recensé ne fournit que les feuilles de ménage et ce sont les municipalités qui en extraient les fiches envoyées à la direction centrale, où elles sont dépouillées.

Aux États-Unis et en Autriche, ce sont les feuilles de ménage elles-mêmes qui vont directement de la commune au centre, sans avoir subi aucune manipulation préalable. C'est au centre qu'on se charge de préparer, puis de dépouiller les fiches.

Quand il s'agit d'effectuer cette préparation et ce classement pour plus de 60 millions de têtes, on comprend l'immensité du labeur. L'idée de le simplifier par un procédé industriel devait surgir naturellement en Amérique,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans ce pays qui voit chaque jour la mécanique accomplir tant de merveilles. Ne pourrait-on pas trouver une machine qui se chargerait de préparer et de compter ces millions de fiches? Le bureau, chargé de présider au recensement de 1890, ouvrit un concours sur ce thème et reçut les offres de trois concurrents : MM. Pidgin, Hunt et Hollerith.

Le jury du concours soumit ces concurrents à une épreuve pratique : chacun d'eux eut à transcrire sur des fiches les données concernant 10,491 habitants de Saint-Louis et à les répartir en 13 classes.

Pour cette double opération, le système Hollerith ne demanda que 77 heures 55 minutes, tandis que ses deux concurrents prirent 155 et 199 heures. C'est donc la machine Hollerith qui a été reconnue la meilleure et qui a été adoptée pour le recensement américain.

Le jury a calculé que, pour 65 millions de fiches, on emploierait, avec cette méthode, environ 65000 journées de travail à la préparation des fiches et 5000 journées à chacune de leurs classifications, soit 30000 journées aux six classifications du recensement américain, ou en tout 95000 journées. Les autres méthodes auraient demandé 87000 journées pour la première opération, et 240000 journées pour la seconde, soit en tout 327000 journées, d'où résultait, au profit de la machine Hollerith, à raison de 2 dollars et demi par jour, une économie de 579165 dollars ou de plus de 3 millions de francs (3011658).

Mais il faut déduire de cette économie les frais de la machine et des fiches en carton qu'elle exige pour fonctionner.

Le contrat passé avec l'inventeur portait sur 56 machines, qu'il s'engageait à fournir moyennant un loyer annuel de 1000 dollars ou de 5200 francs. Pour un service estimé à deux ans, c'est une dépense d'environ 600000 francs. Si l'on ajoute une autre dépense de 150000 francs pour la plus-value des cartes, l'économie définitive se réduit à 2250000 francs.

Elle eût été beaucoup moindre, si le bureau central avait, comme en France, disposé de fiches individuelles déjà préparées ailleurs, au lieu d'avoir à les extraire des feuilles de ménage. Dans ce cas, d'après les calculs faits, l'économie serait tombée à 1 million de francs.

C'est encore un résultat très satisfaisant et qui justifie la décision prise pour le census américain.

Frappé de ce résultat et aux prises avec un problème posé dans les mêmes termes, le bureau central de la statistique d'Autriche a eu l'idée de recourir à la même solution. Il s'est adressé à la maison de construction de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Vienne, Otto Schæffer, qui, après s'être mise en règle vis-à-vis de M. Hollerith, a construit des machines électriques, basées sur le principe de l'appareil américain, mais dotées de perfectionnements qui l'adaptent aux convenances du recensement autrichien. Ce sont ces machines que nous avons vues fonctionner dans un bâtiment spécialement aménagé Arenberg gasse 2, et dont MM. von Inama Sternegg, et le Dr Rauchberg nous ont fait les honneurs avec une bonne grâce et une clarté parfaites.

Je viens vous prier à mon tour de me suivre dans ce bâtiment pour y voir le système à l'œuvre.

II

Comme je l'ai déjà dit, le census autrichien est basé sur la feuille de ménage, directement envoyée au centre. C'est de cette feuille qu'il va falloir dégager les fiches individuelles et toutes les combinaisons statistiques qu'elles comportent.

Or, ces combinaisons sont innombrables. On est beaucoup plus indiscret en Autriche qu'en France : on y pose un nombre considérable de questions (240), qui feraient chez nous crier à l'inquisition ou du moins à l'intolérance statistique. On demande, par exemple, la religion du recensé, ses infirmités (1), son degré de culture intellectuelle.., sans être accusé de porter atteinte à sa liberté de conscience, à ses secrets de famille ou à sa dignité.

Telles sont les données que contient la feuille de ménage, et qu'il s'agit de reporter sur la fiche individuelle afférente à chacun des membres de la famille.

C'est cette fiche individuelle que doit manipuler la machine. Pour qu'elle se prête à cet usage sans se plier ni se froisser, il faut qu'elle soit de petit format et en carton assez fort. En outre, il faut que chaque donnée soit inscrite toujours à la même place, pour que la machine sache la retrouver et la compter.

Comment faire compter une machine? Elle ne voit pas, mais elle touche; elle compense l'absence de la vue par la finesse du tact. Il faut donc lui appliquer les procédés qui réussissent pour la lecture des aveugles, c'est-à-dire remplacer les lettres par des trous ou des saillies.

(1) « Sourd-muet, aveugle, imbécile, fou, crétin. »

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On sait le parti qu'on tire de ces deux moyens et comment on utilise : d'une part, le relief pour les boîtes à musique, les orgues de Barbarie, les machines à écrire; de l'autre, les trous pour le métier à tisser, qui lit des cartons perforés dont les trous correspondent au dessin du tissu. Reprenant, après notre Jacquard, cette seconde idée, M. Hollerith se sert aussi de trous qu'il donne à lire à sa machine, et dont chacun se rapporte à une signification déterminée.

Le problème consistait donc à combiner sur une fiche de petites dimensions les 240 cases nécessaires pour recevoir toutes les inscriptions possibles, chacune de ces inscriptions étant figurée par un signe conventionnel très bref qui en tînt lieu. C'est une véritable notation algébrique ou chimique, dans laquelle une lettre remplace un nom : *m*, signifiant masculin; *w*, féminin; *dt*, allemand; *rk*, romain-catholique; *gk*, grec-catholique; *sh*, serbe-croate; A, ouvrier; A*n*, illettré; *cr*, crétin; *gs*, divorcé; et ainsi de suite (1).

Je reproduis ci-dessous en vraie grandeur la carte adoptée en Autriche, et je donne à la suite la traduction de ses signes conventionnels.

I	Fm	s.P	m.	. .	. .	AG	AB	AL	ln	Al	AG	AB	AL	ln	Al	GG	GB
II	Am	Hb	w.	0 5	0 5	0	0 5	0 5			0	0 5	0 5			.	.
III	Bg	EA	.	1 6	1 6	1	1 6	1 6			1	1 6	1 6			.	.
IV	Dn	KI	St	2 7	2 7	2	2 7	2 7			2	2 7	2 7			.	.
V	l.G	Sp	Ks	3 8	3 8	3	3 8	3 8			3	3 8	3 8			.	.
VI	g.G	Vs	s.A	4 9	4 9	.	4 9	4 9			.	4 9	4 9			.	.
.	.	.	.	1	1 5	1 5	1	1 5		1 5		dt	bm	ld		rk	go AC
.	O	.	HA	2	2 6	2 6	2	2 6		2 6		pl	rt	vh		gk	ao HC
ZA	Bl	l.s	HM	3	3 7	3 7	3	3 7		3 7		sl	sk	w		ak	Mn an
DA	Tb	l.	GA	4	4 8	4 8	4	4 8		4 8		it	rm	gs		alt	un Hh
.	Ir	An	GM	5	S. B.	A. T.	5	S. B		A. T		mg	fr	gt		is	lp sB
.	Cr	.	.	.	. .	. O	D	FS. FB		FA. FT		.	.	.		cl	mh .

(1) En disposant d'un alphabet de lettres italiques et d'un alphabet de lettres capitales, et en associant ces lettres de diverses façons, on arrive, rien qu'avec des groupes d'une et de deux lettres, à 2704 arrangements et à 1378 combinaisons, c'est-à-dire à beaucoup plus qu'il n'en fallait pour les compartiments de la fiche.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Catégorie des communes.

I.	—	Habitant d'une commune de moins de 500 âmes.	
II.	—	—	de 500 à 1000 âmes.
III.	—	—	de 2000 à 5000 —
IV.	—	—	de 5000 à 10000 —
V.	—	—	de 10000 à 20000 —
VI.	—	—	de plus de 20000 —

Situation dans la famille et sexe.

Fm	Membre de la famille.	Kl	Habitant d'un couvent.
Am	Sous-locataire.	Sp	— d'un hôpital.
Bg	Sous-locataire pour un lit.	Vs	— d'un hospice.
Dn	Domestique.	St	— d'une prison.
l.G	Serviteur agricole.	Ks	— d'une caserne.
g.G	Ouvrier industriel.	s.A	Habitant d'un autre établissement collectif.
s.P	Autres personnes vivant ensemble.		
Hb	Voyageur dans un hôtel ou habitant d'un garni.	m	Sexe masculin.
		w	Sexe féminin.
EA	Élève dans une maison d'enseignement.		

Année de la naissance.

0-9	Dizaines de l'année.	0-9	Unités de l'année (1).

Lieu de naissance.

AG	Né dans la commune du recensement.	Al	Né à l'étranger.
AB	— le district —	0-3	Centaines } du numéro d'ordre du dis-
AL	— la province —	0-9	Dizaines } trict ou du pays de nais-
In	— l'État.	0-9	Unités } sance (2).

Résidence (Zustandigkeit).

AG; — AB; — AL; — In; — Al; — 0-3; — 0-9; — 0-9. (Même signification conventionnelle que pour le lieu de naissance.)

GG	Résidence dans la commune de naissance.	GB	Résidence dans le district.

(1) Pour les recensés nés en 1890, on se borne à percer le zéro de droite. Pour les recensés très rares nés à la fin du siècle dernier, par exemple en 1797, on fore le 9 à la colonne des dizaines et le 7 à celle des unités.

(2) Chaque district dans le royaume, ou chaque pays étranger, est désigné par un numéro d'ordre qui appartient à une série de 0 à 399. Trois trous correspondant à trois chiffres (centaines, dizaines, unités) suffisent donc à préciser cette définition géographique.

La même solution est adoptée pour les désignations analogues, telles que les professions principales et accessoires, dont chacune est représentée par son numéro d'ordre inscrit en regard de sa désignation dans un catalogue. On transforme ainsi les noms en nombres, puis en chiffres, enfin en trous que lira la machine.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Religion (1).

rk	Romain-catholique.	un	Unitaire.
gk	Grec-catholique.	lp	Lippovanien (?) (2).
ak	Arménien-catholique.	mh	Mahométan.
alt	Vieux-catholique.	AC	Protestant (confession d'Augsbourg).
is	Israélite.	HC	— (confession suisse).
cl	Sans confession religieuse.	an	Anglican.
go	Grec oriental.	Hh	*Herrnüther* (?) (2).
ao	Arménien-oriental.	sB	Autres confessions.
Mn	Memnoniste (?) (2).		

État civil.

ld	Célibataire.	gs	Séparé de corps.
vh	Marié.	gt	Divorcé.
w	Veuf.		

Langue parlée.

dt	Allemand.	bm	Bohémien-Moraque-Slovaque.
pl	Polonais.	rt	Rutène.
sl	Slovène.	sk	Serbe-Croate.
it	Italien-Latin.	rm	Roumain.
mg	Hongrois.	fr	Étrangère (3).

Profession principale.

1 à 5	Classe (4).	D	Domestique.
1 à 8	Groupe (4).	FS	Membre de la famille d'un indépendant.
1 à 8	Titre (4).	FB	— — d'un employé.
S	Indépendant.	FA	— — d'un ouvrier.
B	Employé.	FT	— — d'un journalier.
A	Ouvrier.		
T	Journalier.		

Profession accessoire.

1 à 5	Classe (4).	B	Employé.
1 à 8	Groupe (4).	A	Ouvrier.
1 à 8	Titre (4).	T	Journalier.
S	Indépendant.	O	Sans profession accessoire.

Possession d'immeubles.

HA	Propriétaire unique d'une maison.	GA	Propriétaire unique d'un terrain.
HM	Copropriétaire d'une maison.	GM	Copropriétaire d'un terrain.

(1) La partie supérieure de la fiche se lit de gauche à droite; la partie inférieure, de droite à gauche.

(2) Nous traduisons littéralement, mais nous confessons notre ignorance au sujet des religions « Lippovanienne, Memnoniste et *Herrnhüter* ».

(3) La langue française n'a pas de notation spéciale et se confond, avec toutes les langues sans désignation, dans la notation *fr*.

(4) Voir la note (2) de la page précédente.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Degré d'instruction.

Is	Sait lire et écrire.	An	Ne sait ni lire, ni écrire.
I	Sait seulement lire.		

Infirmités.

O	Sans infirmités.	Ir	Fou.
Bl	Aveugle.	Cr	Crétin.
Tb	Sourd-muet.		

Présence.

ZA	Présence accidentelle.	DA	Demeure permanente.

En outre, la fiche reçoit au composteur deux nombres qui ne doivent pas être perforés, savoir : à droite, un numéro d'ordre qui désigne la commune d'après son rang dans un dictionnaire alphabétique; à gauche, un numéro matricule désignant le recensé dans la commune. Les fiches sont classées par paquets communaux.

Ces fiches étant ainsi disposées et imprimées, il s'agit maintenant d'y percer des trous correspondant aux données qui définissent chacun des individus recensés.

Pour faciliter cette transcription, on commence à traduire en chiffres conventionnels sur la feuille de ménage les indications littérales qu'elle contient. Puis on livre cette feuille ainsi traduite aux employés préposés à la perforation des cartes. Ils l'opèrent à l'aide d'une sorte de pantographe, qui porte à l'une de ses articulations un style et à l'autre un poinçon. Il leur suffit de promener le style successivement sur ceux des compartiments d'une carte-type à grande échelle, qui correspondent aux données de la fiche individuelle; en même temps, le poinçon s'arrête sur chacun des compartiments homologues de la carte en préparation et y perce un trou de 5 millimètres. Tout cela s'effectue, au bout d'une certaine période d'apprentissage, en moins de temps qu'on n'en met à le dire.

La carte étant ainsi perforée, les trous dont elle est percée définissent exactement l'individu auquel s'applique la fiche.

Toutes les réponses du recensé se trouvant transcrites dans une langue précise que comprend la machine, on peut maintenant livrer les cartes à cet appareil, qui va se charger, l'électricité aidant, de les classer, de les dénombrer, de les manipuler en tous sens au gré du statisticien.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

III

Qu'on se figure un plateau mobile et un plateau fixe : le plateau fixe, percé d'autant de trous qu'il y a de compartiments dans la carte, c'est-à-dire de 240 trous exactement placés au centre de ces compartiments ; sous le plateau et correspondant à l'axe de chacun de ces trous, un tube vertical à moitié rempli de mercure ; enfin tous ces tubes, mis en relation par des circuits électriques avec un nombre égal de compteurs disposés dans un grand tableau.

Quant au plateau mobile, il comprend, en regard des trous du plateau fixe, de petits ressorts à boudin terminés par une aiguille.

On place la carte perforée sur le plateau fixe, et l'on abaisse le plateau mobile. Partout où les aiguilles rencontreront le carton plein, comme en *a a*, elles seront refoulées contre le plateau supérieur en comprimant leur ressort. Partout, au contraire, où la carte est perforée, comme en *p p*, l'aiguille, après avoir traversé à la fois la carte et le plateau, s'enfonce dans le mercure du tube inférieur et elle établit ainsi un courant qui fait marcher d'un cran l'aiguille du compteur correspondant à ce tube.

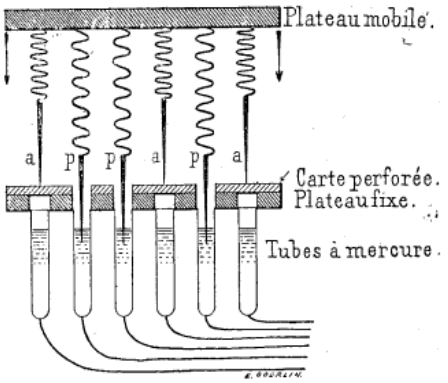


Fig. 1. — Schema de la machine électrique à recensement.

Un seul coup de balancier suffit pour enregistrer toutes les données de la fiche et les additionner sur leurs compteurs respectifs.

Nous ne sommes pasencore au bout des combinaisons que permet le système.

Si l'on veut trier toutes les cartes présentant la même donnée, par exemple, celles de tous les illettrés, pour les soumettre à une analyse spéciale, on n'a pas à en faire péniblement le triage à la main. Ici encore l'électricité va simplifier l'opération.

A côté de la machine à compter se trouve un casier à bottes profondes (*sorting box*), dont chacune est fermée par un couvercle léger. Ce couvercle est mis en communication électrique avec le tube, qui, sur le plateau fixe, correspond aux illettrés, et il se soulève automatiquement quand l'aiguille de la machine à compter s'engage dans ce tube à travers un trou de la carte.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'employé voit alors tout son casier fermé, sauf une boîte largement ouverte, dans laquelle il n'a qu'à placer la carte ainsi triée automatiquement.

On peut compliquer le triage, en le faisant porter, non plus sur une donnée simple comme la précédente, mais sur une combinaison complexe de plusieurs données. Par exemple, veut-on agir sur toutes les cartes des célibataires du sexe masculin, exerçant la profession de charpentier et appartenant à la religion catholique? Le *sorting box* s'y prête parfaitement. Il suffit pour cela de commander électriquement le couvercle d'une des boîtes, non plus par un seul tube, comme tout à l'heure, mais par l'ensemble des tubes qui définissent la catégorie qu'on veut isoler pour l'étudier à part. Le couvercle ne se soulèvera que pour les cartes présentant tous les trous qui caractérisent cette combinaison.

Telle est la machine de recensement, autant qu'on peut la faire comprendre par une description sommaire, sans dessin précis et à l'aide d'un grossier schéma. Elle est certes très ingénieuse et constitue, même après les arithmomètres, les planimètres, les intégraphes, un progrès remarquable dans l'application de la mécanique à la statistique. Néanmoins, il ne semble pas qu'elle ait dit son dernier mot. En effet, tous les déplacements des cartes, tant pour les livrer au compteur, au *sorting box*, que pour les empiler, s'effectuent à la main. Or il suffit d'évoquer par la pensée les merveilles d'ingéniosité des machines à fabriquer les enveloppes et les cigarettes, à plier les tablettes de chocolat... pour être convaincu que la machine à recenser pourra et devra recevoir dans ce sens de notables améliorations. Mais il ne faut pas oublier qu'elle date d'hier seulement. Aussi, sans préjudice des progrès certains que l'avenir lui réserve, peut-on déclarer à bon droit qu'elle mérite dès aujourd'hui l'attention et la reconnaissance des statisticiens.

IV

Maintenant que j'ai essayé d'expliquer le principe des opérations, on peut aisément s'en imaginer l'ensemble.

Toutes les feuilles de ménage, directement parvenues au bureau central, sont confiées à des employés spéciaux qui les complètent par leur traduction en signes conventionnels. Après une revision de ce travail, elles passent aux employés qui perforent les cartes, puis à d'autres qui contrôlent cette perforation.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Une fois perforées, les cartes sont livrées à la machine et au *sorting box*, qui les comptent et les appareillent par séries.

Une même carte subit les manipulations successives qu'il plaît au chef de service de lui assigner.

Ainsi l'on peut d'abord : avec les compteurs, dénombrer les recensés d'après le lieu de naissance, la situation de propriétaire ou non, les infirmités; puis, avec le *sorting box*, constituer des paquets correspondant aux deux sexes et aux dizaines d'âge. Chacun de ces paquets peut lui-même être soumis aux compteurs, qui donneront sa décomposition numérique au point de vue de l'état civil, de la culture intellectuelle et de la situation d'ouvriers et de patrons. Ils peuvent ensuite être classés par le *sorting box* en divers paquets par profession.

Enfin, dans un dernier passage, chacun de ces paquets déjà classés par âge, par sexe et par profession, peut l'être par état civil, par situation d'ouvriers, de patrons ou de domestiques.

On voit que le directeur du recensement dispose librement de ses combinaisons, qu'il peut varier à l'infini. Il est maître d'interroger ses cartes sous tel aspect que bon lui semble et de grouper leurs réponses à son gré.

Ce système comporte d'ailleurs des vérifications précises et qui permettent de contrôler à chaque instant l'exactitude des résultats :

1° A chaque passage de la carte sous les mâchoires de la machine, un timbre avertit par sa sonnerie l'employé que l'enregistrement a eu lieu;

2° Un compteur spécial donne le total des cartes manipulées par la machine, et ce total doit toujours être égal à celui des totaux inscrits aux compteurs partiels;

3° Si, par erreur, on plaçait sur le plateau fixe une carte non perforée, la machine refuserait l'enregistrement et le timbre préviendrait l'employé par son mutisme;

4° Tous les cartons d'un même paquet fournis par une boîte du *sorting box* doivent présenter au moins un trou identique; par suite, le paquet tout entier doit pouvoir être enfilé par une tige métallique de 3 à 4 millimètres. Si une carte étrangère à la série s'est égarée dans ce paquet, cette épreuve la dénonce immédiatement.

Dans le recensement autrichien, tel que nous l'avons vu opérer, chaque carte repasse en moyenne quatre fois sous la machine, ce qui, pour 24 millions de cartes, représente 96 millions de passages.

Le personnel est formé de 380 employés, dont les uns, les contrôleurs,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sont payés à la journée, les autres l'étant à la tâche, à raison du millier de cartes manipulées.

Les employés arrivent en moyenne à percer une centaine de cartes à l'heure et à en compter à la machine un millier. Mais cette vitesse est doublée pour les opérateurs très habiles et on espère qu'avec le temps la moyenne pourra être augmentée d'un tiers à moitié.

Les erreurs qui atteignaient au début jusqu'à 3 p. 100 sont tombées à 1 p. 100. Quand elles dépassent cette limite, les employés reçoivent d'abord des avertissements ; si leur rendement ne s'améliore pas, ils sont renvoyés.

Le service est actuellement installé, à titre provisoire, dans un bâtiment confortable ; mais il doit être définitivement aménagé dans un superbe édifice dont les projets sont approuvés et vont être incessamment mis à exécution. En Autriche, comme en Allemagne et en Italie, la statistique est appréciée à sa valeur et traitée avec l'ampleur nécessaire à sa pleine efficacité. On la stérilise en partie en lui marchandant les dotations ; mais elle rend avec usure en services éclatants les sacrifices qu'on fait pour elle.

V

Il serait téméraire et prématuré, avant que l'expérience se soit prolongée davantage, de vouloir émettre dès aujourd'hui un jugement définitif sur cet outillage mécanique appliqué aux recensements.

Il présente l'incontestable avantage d'accélérer les opérations et de se prêter à d'innombrables combinaisons, dont on n'aurait même pas eu l'idée dans le système purement manuel. En outre, il permet la suppression des fiches individuelles, rédigées soit par les recensés eux-mêmes, soit par les municipalités.

En regard de ces avantages considérables, on doit placer la dépense de ces machines, qui coûtent de 25 000 à 30 000 francs comme achat et 5 000 francs comme loyer annuel. Si l'on veut que la durée du dépouillement ne dépasse pas deux années, on doit compter sur une machine environ par deux millions d'habitants. Pour un pays comme la France, il faudrait une vingtaine de ces machines, ce qui entraînerait 5 à 600 000 francs d'achat ou 200 000 fr. de location.

Ce système a en outre le tort de donner plus de renseignements qu'on n'en peut publier. Si l'on tenait à les utiliser tous, un seul recensement fournirait de quoi remplir une grande bibliothèque. On est donc obligé d'en garder la plus grande partie à l'état de documents manuscrits et de se borner

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à publier les chiffres globaux ou récapitulatifs afférents à de vastes circonscriptions, sinon même au pays tout entier (1).

Enfin, et cette considération est à son actif, une telle organisation n'est possible qu'avec la centralisation du dépouillement. Elle ne pourrait donc s'importer chez nous que moyennant une transformation préalable de notre système. Basé, comme on le sait, sur la préparation locale et successive des relevés partiels, d'abord dans la commune, puis au chef-lieu du département, ce système est condamné par l'expérience et les pays où la statistique est en honneur l'ont tour à tour abandonné. L'honorable M. Bouffet, qui était alors directeur des affaires départementales et communales de France, a déclaré au Congrès de l'Institut international de statistique qui s'est tenu à Vienne en octobre 1891 (il est vrai en son nom propre, mais avec l'autorité qui s'attachait à sa situation et à sa personne), que notre système était défectueux, qu'il mettait en jeu trop de concours inexpérimentés et hétérogènes, et que mieux valait livrer immédiatement les données élémentaires et primordiales au centre, en les puisant directement à la source, plutôt que de les exposer aux chances périlleuses des manipulations intermédiaires qu'elles subissent aujourd'hui dans des bureaux mal outillés au point de vue statistique, trop souvent sans compétence et sans zèle, toujours sans unité de vues.

Si le succès de la machine que nous venons de décrire imposait le recensement mécanique à tous les pays, elle nous doterait par surcroît d'une organisation plus forte et plus centralisée de la statistique. Ce serait un nouveau service qu'elle nous rendrait et ce nous est une raison de plus pour suivre avec un vif intérêt l'application de cet ingénieux système en Autriche et aux États-Unis.

ARTS ÉCONOMIQUES

COMPTE RENDU DU CONCOURS OUVERT PAR L' « ASSOCIATION DES INDUSTRIELS DE FRANCE CONTRE LES ACCIDENTS DU TRAVAIL », POUR LA CRÉATION D'UN TYPE DE « LUNETTES D'ATELIER », PAR M. HENRI MAMY, DIRECTEUR DE CETTE ASSOCIATION.

L'industrie présente un certain nombre de travaux dans lesquels les yeux des ouvriers peuvent être atteints plus ou moins gravement. Tantôt il se produit des

(1) Certaines grandes villes se sont abouchées avec le bureau central et ont obtenu la publication de leur recensement de détail, sous réserve de contribuer à la dépense.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

projections violentes de parcelles métalliques ou pierreuses, de gouttelettes de métal en fusion; c'est le cas pour les burineurs, les meuleurs, tourneurs, casseurs de pierres, fondeurs, etc.; tantôt des affections inflammatoires, résultent du service des fours et appareils de la métallurgie, de la verrerie, où les yeux de l'ouvrier sont soumis au rayonnement intense de la flamme, des parois rougies, des masses incandescentes.

Dans tous ces travaux, il est indispensable, pour éviter les lésions des organes de la vue, d'employer des dispositifs protecteurs, masques ou lunettes.

Les masques ont une destination spéciale. On les emploie lorsqu'il convient de protéger non seulement les yeux, mais le visage tout entier, soit contre une atmosphère de poussières irritantes et nocives, soit contre un rayonnement trop ardent ou contre des projections de particules brûlantes, de gouttes de métal fondu, de liquides corrosifs.

Lorsque les yeux seuls sont intéressés, on a recours aux lunettes proprement dites.

Leur utilité ne saurait être contestée : de nombreux et graves accidents sont venus frapper les ouvriers qui s'étaient refusés à en faire usage ; la perte d'un œil, quelquefois des deux yeux, en a été trop souvent la conséquence.

Et pourtant, malgré ces terribles exemples, on constate que les ouvriers se refusent très souvent à employer les lunettes qui sont mises à leur disposition pour les travaux dangereux ; ils ont une grande répugnance à en faire usage et ne s'en servent que contraints et forcés.

A quoi tient cette répugnance, et pourquoi les ouvriers préfèrent-ils s'exposer à un grave danger, qu'ils ne peuvent pas méconnaître, plutôt que d'utiliser les organes protecteurs qu'on leur donne ?

Peut-être, chez certains d'entre eux, y a-t-il un sentiment d'amour-propre déplacé qui les pousse à ne pas avoir l'air de craindre le danger ; mais chez la plupart c'est à un autre motif qu'il faut attribuer cette hésitation et cette imprudence.

C'est que le type de lunettes généralement employé, celui qui est d'un usage courant dans les ateliers, ne répond pas du tout aux exigences du travail industriel. Il constitue pour les ouvriers une gêne, une incommodité telles qu'ils préfèrent ne pas s'en servir.

S'appliquant mal sur le contour des yeux, il produit un malaise, parfois très sensible. Il échauffe les yeux et les fait souffrir ; enfin les verres se brouillent très vite et ne permettent plus de voir suffisamment au travers.

L'« Association des Industriels de France contre les accidents du travail » a eu bien des fois l'occasion, dans les visites d'usines faites par ses Ingénieurs-Inspecteurs, de constater ces inconvénients et de regretter qu'il n'existât pas un bon type de Lunettes d'atelier, assez commode et pratique pour qu'on pût décider les ouvriers à s'en servir.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Elle a eu la pensée, sur l'initiative d'un membre de son Comité exécutif, membre également du conseil de la Société d'encouragement, M. Édouard Simon, d'ouvrir un concours public pour provoquer la création de ce type si désirable et de récompenser par des prix les candidats classés aux premiers rangs.

Ce concours, ouvert l'an dernier, s'est terminé le 31 octobre 1892. Les conditions imposées aux concurrents étaient les suivantes :

Extrait du programme du Concours :

« Ces lunettes devront remplir les conditions suivantes :

1° Être à la fois légères et solides, d'un port facile et commode ;

2° Être d'un prix peu élevé ;

3° Garantir efficacement les yeux contre les projections directes ou latérales de particules métalliques ou pierreuses ou de gouttelettes en fusion ;

4° Ne pas produire l'échauffement des yeux ;

5° Ne pas gêner la vision de l'ouvrier. »

Une Commission spéciale, qui comprenait plusieurs membres du conseil de la Société d'encouragement, MM. Cheysson, Grüner, Simon, était chargée de l'examen et du classement des types proposés.

Plus de 30 modèles lui ont été soumis.

Afin de porter un jugement aussi éclairé que possible, la Commission a décidé d'ajouter à ses observations et à ses appréciations personnelles les indications de la pratique. Elle a donc, après un premier examen des types qui lui étaient soumis, opéré une sélection portant sur 13 d'entre eux. Ces 13 types ont été mis en essai pendant 15 jours dans différents ateliers, et la Commission a reçu communication des résultats de ces essais.

C'est alors que de l'ensemble des expériences faites et des observations échangées se sont dégagées les conclusions ci-après :

Les lunettes soumises à l'examen de la Commission peuvent se répartir dans les 4 classes suivantes :

1° Lunettes avec verres et monture en cuir ;

2° Lunettes avec verres et grillage métallique ;

3° Lunettes entièrement métalliques ;

4° Lunettes du type Simmelbauer.

1° *Lunettes avec verres et monture en cuir.* — Ce type de lunettes offre un inconvénient sérieux, l'un des plus graves que l'on reproche généralement à ces organes : il échauffe rapidement et sensiblement les yeux de l'ouvrier. Ceux-ci, en effet, sont enfermés dans une capacité close, où ne se produit aucun renouvellement d'air, et ils en souffrent bien réellement.

Aussi faut-il réserver ces types spéciaux pour les cas où les yeux doivent être soustraits au contact de poussières impalpables ou très ténues, qui pourraient

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les enflammer et déterminer des ophtalmies. On est obligé alors d'enfermer les yeux dans une enceinte hermétiquement close et de se résigner à subir leur échauffement, pour éviter un mal plus grand encore.

Dans tous les cas, pour réduire cet échauffement au minimum, il convient de placer les verres à une certaine distance des yeux, de manière à créer une chambre d'air le plus vaste possible.

2° *Lunettes avec verres et grillage métallique.* — Des types assez nombreux de ce système ont pris part au concours. Au point de vue de l'échauffement des yeux, ils présentent une réelle supériorité sur la classe précédente, bien qu'ils soient loin de donner complète satisfaction à cet égard. Malgré la présence du

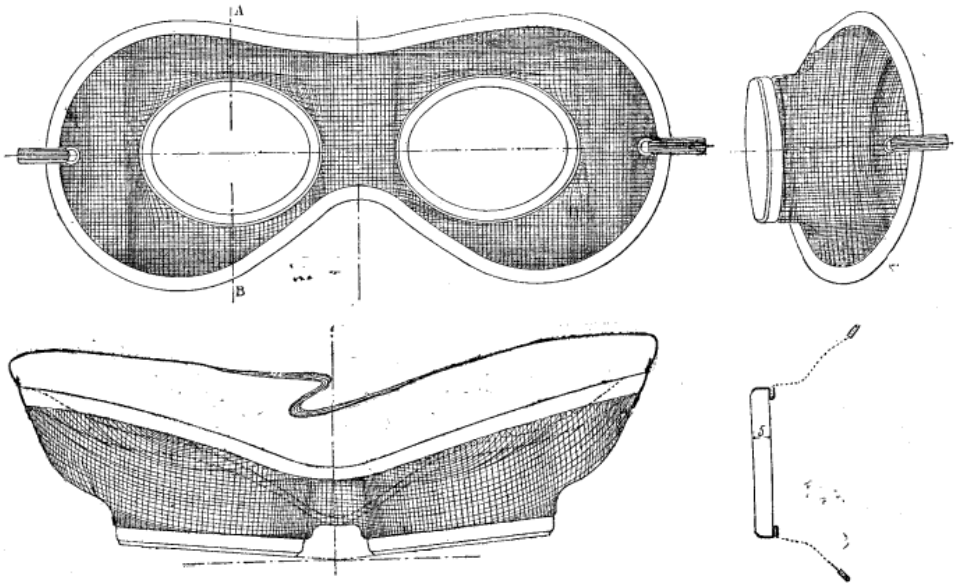


Fig. 1. — Lunettes de la Société des lunetiers.

grillage métallique, ils échauffent la vue d'une manière assez sensible. Ils limitent beaucoup trop le champ visuel, en raison du peu d'étendue des verres. Enfin, la monture s'applique mal sur le visage et constitue une gêne et une incommodité.

C'est à cette classe qu'appartiennent la plupart des lunettes mises actuellement en service dans nos ateliers et pour lesquelles les ouvriers témoignent une répulsion si marquée.

Une exception doit être faite, cependant, pour le type n° 5, présenté par la « Société des Lunetiers » (Fig. 1).

Les verres sont grands, le grillage métallique est large et assez bombé, ce qui donne une chambre d'air suffisante pour ne pas échauffer les yeux.

Le champ de vision est suffisant aussi, et les ouvriers myopes ou presbytes

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

peuvent porter leur lorgnon sous ces lunettes, ce qui est un avantage important pour eux. Ce type a paru commode aux ouvriers qui en ont fait l'essai. Si on peut lui reprocher peut-être d'être un peu lourd, puisqu'il pèse 64 grammes avec des verres de 2 millimètres d'épaisseur, en revanche son prix est peu élevé et facilite son emploi dans la pratique.

3° *Lunettes entièrement métalliques.* — Les lunettes entièrement constituées par un grillage métallique à mailles plus ou moins serrées sont celles dont la Commission d'examen a reçu le plus grand nombre d'exemplaires.

Toutes ces lunettes appartiennent à 3 formes principales : dans la première, chacun des yeux est protégé par une enveloppe spéciale ; dans la seconde, la lunette présente une surface régulière sur toute son étendue et une seule courbure ; dans la troisième, enfin, en face de chacun des yeux se trouve un bombement demi-sphérique plus ou moins grand, destiné à servir de logement au globe oculaire.

Ce dernier type présente souvent l'inconvénient que les bords inférieurs de la partie bombée sont rencontrés par les cils, ce qui est une gêne pour les ouvriers. Dans les types à courbure régulière, cet inconvénient est évité.

La dimension des treillis de ces lunettes métalliques varie avec leur destination.

Pour les travaux qui demandent une application assez sérieuse, où la vue doit être nette pour suivre facilement les détails du travail, mais où, en même temps, l'ouvrier est exposé à recevoir la projection de poussières dures ou de fines particules, on est obligé d'employer un treillis à mailles serrées.

C'est le cas des mouleurs, ajusteurs, burineurs.

Or, pour tous ces travaux, les lunettes entièrement métalliques présentent un double inconvénient :

1° Elles déterminent toutes, au bout d'un temps variable, un trouble de la vue, une sorte de brouillard dû à la présence de la toile métallique ; cet effet est d'autant plus sensible que le treillis est plus serré ;

2° Elles ne protègent pas les yeux d'une manière suffisante : dans plusieurs cas, des parcelles métalliques ont traversé le treillis de la lunette et blessé les yeux de l'ouvrier.

Lorsqu'il s'agit de travaux qui exigent une application moindre et où les particules projetées sont de dimensions relativement plus fortes, ce qui arrive, par exemple, pour les ébarbeurs, les casseurs de pierres, on peut faire usage de lunettes à mailles plus larges, et l'effet de brouillard est alors sensiblement atténué. Il semble que ce soit plutôt pour ce genre de travaux que les lunettes entièrement métalliques puissent s'employer, et, dans cet ordre d'idées, *les deux types spéciaux pour cantonniers* présentés par la Société des Lunetiers de Paris, dont les poids sont respectivement de 19 et 20 grammes et dont les prix sont très peu élevés, paraissent convenir au rôle qui leur est destiné.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

4° *Lunettes du type Simmelbauer*. — Mais, parmi toutes les lunettes soumises au concours, le type qui a réuni l'unanimité des suffrages, en raison de sa construction bien comprise et de son appropriation judicieuse, est celui qui a été présenté par *M. Simmelbauer*, de Montigny-les-Metz, et qui fonctionne déjà dans un certain nombre d'ateliers où il a donné d'excellents résultats.

Ces lunettes sont à monture en fer-blanc et portent, un peu en saillie, de

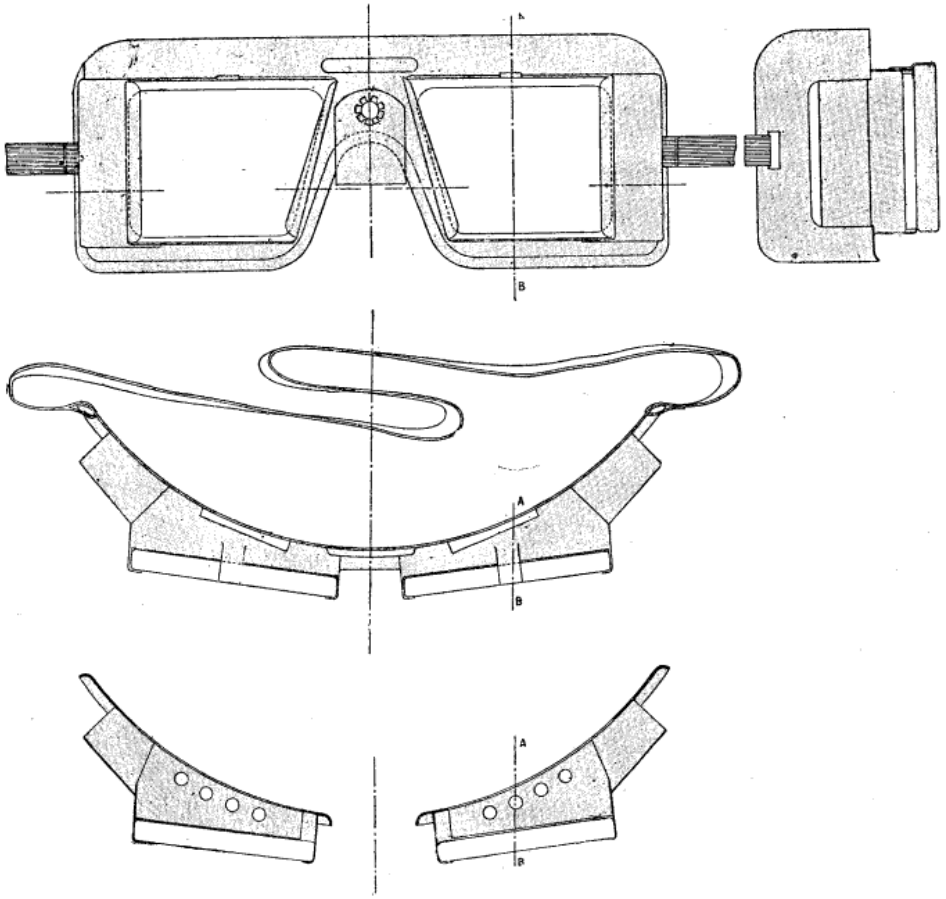


Fig. 2. — Lunettes Simmelbauer.

larges verres trapézoïdaux dont l'épaisseur peut varier de 2 à 6 millimètres (Fig. 2).

La circulation de l'air autour des yeux est assurée d'une manière efficace, par deux larges conduits rectangulaires disposés latéralement et par plusieurs ouvertures ménagées en haut et en bas sur la monture. On évite ainsi l'échauffement et le gonflement des yeux.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les verres, logés dans des rainures de la monture et maintenus par un simple crochet en tôle, peuvent s'enlever très facilement et se remplacer à volonté.

La forme de la monture est bien comprise; elle s'emboîte bien sur le front et sur le nez ; elle repose sur ce dernier par un cuir doux qui ne le blesse pas. Ces lunettes sont d'un port facile et commode. Par suite de la dimension des verres, le champ visuel est suffisamment étendu.

Tous les ouvriers qui en ont fait l'essai ont été unanimes à reconnaître qu'elles sont de beaucoup préférables à celles qui sont en usage jusqu'à présent. Le seul reproche qu'on leur ait fait est d'être un peu lourdes, lorsqu'on emploie des verres épais. La monture seule pèse de 38 à 40 grammes.

Avec les verres, on atteint les poids suivants : avec des verres de 2 millimètres, 57 grammes ; avec des verres de 3 millimètres, 64 grammes ; avec des verres de 5 millimètres, 80 grammes.

On pourrait, abstraction faite du prix, les alléger en remplaçant la monture en tôle par une monture en aluminium, métal dont le prix s'est considérablement abaissé dans ces dernières années.

Quelques ébarbeurs de fonderie leur ont aussi adressé un autre reproche : une partie de la poussière produite par le dessablage se dépose le long de la monture frontale et cause une certaine gêne. Il serait facile d'éviter cet inconvénient, au moyen d'un petit boudin de caoutchouc fixé à la monture et qui s'appliquerait exactement sur le front.

On peut dire que, légèrement allégées, ces lunettes seraient excellentes.

Leur prix varie de 15 à 17 francs la douzaine, suivant l'épaisseur des verres.

Lunettes pour travaux au feu. — Lorsqu'il s'agit de lunettes destinées aux ouvriers qui doivent travailler au feu ou en présence de masses incandescentes, il faut tenir compte à la fois de la construction des lunettes et de la couleur du verre employé.

Au point de vue de la construction, les lunettes du type Simmelbauer sont encore les meilleures.

Elles protègent efficacement l'ouvrier contre les projections et les radiations directes ou latérales.

En ce qui concerne la couleur du verre, c'est une question d'optique, indépendante de la forme même des lunettes employées et du choix du meilleur type de celles-ci. Cependant, bien que ce soit un problème annexe, il offre une réelle importance et mérite de faire l'objet d'une étude spéciale, que l' « Association des Industriels de France contre les accidents du travail » se propose d'entreprendre.

En résumé, la Commission a jugé que, de tous les types soumis à son examen, celui de M. Simmelbauer, avec monture métallique et verres trapézoïdaux, est préférable à tous les autres et qu'il constitue un type presque parfait de lunettes d'atelier. C'est à lui qu'elle a décerné le premier prix.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Elle a reconnu, d'autre part, les efforts importants faits par la « Société des Lunetiers » pour créer une série de types de lunettes pouvant répondre, dans leur ensemble, à tous les cas qui se présentent dans la pratique. Certains de ces types, tout en lui paraissant inférieurs à celui de M. Simmelbauer, ont donné cependant des résultats satisfaisants dans certains cas spéciaux, et la Commission a décerné le second prix à la « Société des Lunetiers ».

Ce concours a marqué certainement un pas en avant dans la question de la protection des ouvriers employés aux travaux industriels, en révélant un type commode et pratique dont le personnel hésite beaucoup moins à se servir que par le passé.

C'est par ce motif qu'il a paru utile d'en consigner ici les résultats et d'y joindre les dessins des principaux modèles de lunettes auxquels il a été fait allusion au cours de ce compte rendu.

SÉANCES DU CONSEIL D'ADMINISTRATION

PROCÈS-VERBAUX

Séance du 10 *mars* 1893.

Présidence de *M. Tisserand*, Président.

M. Solon, bibliothécaire en chef de la ville de Lille, demande l'envoi du *Bulletin* de la Société depuis 1887 en échange de la collection des travaux et mémoires de la Faculté de Lille. (*Bulletin.*)

M. Petitpont, vice-président du syndicat général de l'Industrie des cuirs et peaux de la France, signale les services rendus par *M. Joseph Gervais*, directeur de la maroquinerie de Choisy-le-Roy. (Arts chimiques.)

M. Bernard Moizard, à Étampes. — Utilisation de la chaleur de l'eau de certains puits artésiens pour produire une force mécanique. (Arts mécaniques.)

M. Louis Lockert demande l'échange du Bulletin de la Société avec ses publications, *le Technologiste* et *le Blé*. (Bulletin.)

M. Duchesne, rue Saint-Louis, 39. — Obturateur photographique. (Beaux-Arts).

M. Murgue, ingénieur de la Société des Houillères de Bessèges. — Atlas annexé à son mémoire sur les pertes de charges dans le parcours de l'air dans les galeries de mines. (Arts mécaniques, Concours.)

M. Gaston Tissandier, rue de Châteaudun, 50, fait hommage de la collection des 40 volumes de sa publication le journal *la Nature*. (Arts économiques.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MM. Dia et Germain, rue Clauzel, 15. — Coffre de sûreté pour prévenir les catastrophes occasionnées par les explosifs. (Arts économiques.)

MM. Fanchon et Artus, éditeurs, rue Grenelle, 25, font hommage du 1er volume du *Traité des chemins de fer* (Infrastructure), par *M. Auguste Moreau.* (Bibliothèque.)

M. Ambayrac, à Mirabel (Tarn-et-Garonne). — Spécimens d'enveloppes-pli-postal de sûreté. (Arts économiques.)

Les ouvrages suivants sont signalés dans la correspondance imprimée :

Proceedings of the royal Society of Edinburgh, session 1890-91, vol. XVIII.

Transactions of the royal Society of Edinburgh, vol. XXXVI.

La Mesure et le Rôle du calcaire dans les terres arables, conférence par *M. A. Bernard.*

Collection Léauté. — Traité pratique de calorimétrie chimique, par *Berthelot. L'Art de déchiffrer les dépêches secrètes*, par *de Viaris.*

Comité Nicolas Leblanc. Rapport sur les comptes de la souscription Nicolas Leblanc, présenté par *M. Arthur Petit.*

Bulletin de la Société d'économie politique, année 1892.

Traité scientifique et industriel de la ramie, par *Félicien Michotte*, ingénieur, ouvrage couronné par la Société nationale d'agriculture.

La Ramie, conférence faite à la Société centrale du travail professionnel, par *Félicien Michotte.*

Le Ramiste, manuel-guide de la multiplication et de la culture de la ramie daus les régions méditerranéennes, par *Lazare Guiquet.*

The World's Congress auxiliary of the World's Columbian Exposition. Department of science and philosophy.

NOMINATION DE MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ. — Sont nommés membres de la Société :

MM. Simon et fils, constructeur-mécanicien à Cherbourg, présenté par *M. Aimé Girard.*

MM. Jourde et *Tocquet*, fabricant de matières premières pour la chapellerie, à Paris, présenté par *MM. Aimé Girard* et de *Luynes.*

RAPPORTS. — *Unification des filetages. M. Gustave Richard* présente, au nom de la Commission du filetage, un rapport sur l'unification du filetage et des jauges.

A la suite de la communication faite dans la séance du 23 octobre 1891 par M. Sauvage, nommé depuis membre du Conseil, sur l'intérêt qu'il y aurait pour l'industrie française à réaliser l'unification des filetages de la mécanique générale, l'examen de ce mémoire fut envoyé au Comité des arts mécaniques qui désigna une commission à l'effet de rechercher les moyens propres à amener cette unification.

Comme résultat de ses travaux, cette Commission présente au Conseil un rapport des plus complets, rédigé d'accord avec elle par M. Sauvage, renfermant

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

une discussion approfondie des différents systèmes de filetage actuellement en usage en France et à l'étranger, et proposant, comme devant être adopté très avantageusement par tous les constructeurs de machines, un système de filetage uniforme, satisfaisant à des conditions fondamentales déterminées.

Le Conseil décide que le rapport de la Commission sur l'unification des filetages sera imprimé dans le Bulletin et, en outre, tiré à 5000 exemplaires, pour être distribués.

Il prend la même décision à l'égard du rapport présenté par cette même Commission sur l'*unification des jauges* de la tréfilerie. Ce rapport propose de renoncer à toutes les jauges actuelles, purement arbitraires, et aux fils fabriqués d'après leurs notations, et de se borner, à l'avenir, à des fils et à des jauges dont les diamètres et les graduations soient des nombres entiers de dixièmes de millimètre, ou de décimes, suivant le terme adopté dans les ateliers.

Ces conclusions sont adoptées.

COMMUNICATIONS. — *Machine électrique à recensement.* — *M. Cheysson*, membre du Conseil, décrit la *Machine à recensement*, système Hollenitlz, qui a été adoptée aux États-Unis à la suite d'un concours pour le census de 1890, et qui l'a été ensuite pour le census autrichien de 1891.

M. le Président remercie *M. Cheysson* de sa très intéressante communication et le prie d'en faire une rédaction pour le *Bulletin*.

Séance du 24 mars 1893

Présidence de *M. Tisserand*, Président.

M. Nourry, rue Haxo, 137. — Porte-drapeau pouvant être fixé aux balcons, aux stores, etc. (Arts économiques.)

M. Foussard, rue du Château, 20, à Vaugirard. — Bandage pneumatique increvable pour roues de vélocipèdes. (Arts mécaniques.)

M. Dondaine, rue de la Montagne-Sainte-Geneviève, 66, à Mâcon. — Projet de vélocipède portant cinq personnes. (Arts mécaniques.)

M. Tissier, rue Le Verrier, 23. — Invention concernant le vélocipède. (Arts mécaniques.)

M. Augustin Charray, horloger, 20, rue Farinette, à Marseille. — Machine électrique pour l'éclairage. (Arts économiques.)

M. de Bonneville, à Saint-Étienne. — Seconde note en réponse à la communication de M. Emilio Damour, relative aux appareils Siemens. (Arts chimiques.) (Voir p. 288.)

M. le Secrétaire fait part de la mort de M. Charles Lorilleux, lauréat et membre de la Société; il signale les services que cet industriel a rendus dans la fabrication des encres d'imprimerie.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Hœrner et Cie, rue du Faubourg-Poissonnière, 70. — Échantillons de couleur métallique pour les objets en fer non polis et d'eau corrosive pour nettoyer les vieilles peintures. (Arts chimiques.)

MM. Jourde, Tocquet et Lussigny. — Nouveau procédé de secretage, sans acide ni mercure, des poils destinés à la fabrication des feutres. (Arts chimiques.)

M. Delaurier, rue Daguerre, 77. — Appareil simplifié pour la clarification, l'épuration et l'aération des eaux impures. (Arts économiques.)

M. Maignen, avenue de l'Opéra, 5. — Inventions d'un filtre et d'un procédé chimique et bactériologique de l'épuration des eaux calcaires. (Concours pour le prix Melsens. Arts économiques.)

M. Simon, membre du Conseil, fait hommage à la Société des ouvrages suivants : *Le travail national*, année 1892. — *Exposition universelle de* 1889. — *Comité départemental du Rhône. — Rapports, notes et documents sur la section d'économie sociale et d'assistance. — Traité des dérivés de la houille applicables à la production des matières colorantes*, par *MM. Charles Girard* et *G. de Laire*. (Bibliothèque.)

M. Collignon, secrétaire de la Société, fait hommage d'une brochure qu'il vient de publier intitulée : *Remarques sur le choc direct de deux corps élastiques, Problèmes sur les corps flottants.* — Communications faites au congrès de Pau, 1892, tenu par l'Association française pour l'avancement des sciences. (Bibliothèque.)

Les ouvrages suivants sont signalés dans la correspondance imprimée.

Note sur l'arrêt de la Cour de Paris du 9 février en ce qui concerne M. Eiffel.

Encyclopédie Leauté. — Distribution de la vapeur, épures de régulateurs, courbes d'indicateurs, tracé des diagrammes, par *M. Madamet*, ingénieur de la marine en retraite.

Le lait, par *P. Langlois*, chef du laboratoire de physiologie à la Faculté de médecine.

Notice sur les travaux d'amélioration de l'embouchure du Danube et du bras de Soulina, 1857-1891, par *Voisin-Bey*, inspecteur général des ponts et chaussées en retraite, membre du Conseil de la Société.

The Present position of raller flour milling, par *H. Simon*.

Digest of the evidence taken before Group A of the Royal Commission on labour, vol. II. Ces deux ouvrages sont offerts par M. Chapman, correspondant de la Société.

The Journal of the Iron and Steel Institute, année 1892.

Rapports. — *Travaux de M. Roberts Austen.* — *M. Le Chatelier* présente un rapport sur les travaux du professeur *Roberts Austen*, chimiste à la Monnaie royale, professeur à l'École des mines de Londres.

Les travaux de M. Roberts Austen sur les alliages peuvent se classer en deux groupes distincts; les uns relatifs aux métaux précieux, or et argent, se rattachent

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à ses occupations de chimiste à la Monnaie royale de Londres; les autres, relatifs au fer, se rattachent à la mission qui lui a été confiée par le comité de recherches de l'Institute of mechanical Engineers. Malgré la diversité des métaux étudiés, l'ensemble de ces recherches présente la plus grande unité; elles ont toujours été conduites avec la même méthode scientifique.

Le Comité des Arts chimiques propose d'adresser des félicitations à M. Roberts Austen pour ses importants travaux sur les alliages métalliques, et d'insérer le présent rapport dans le *Bulletin* de la Société.

Ces conclusions sont adoptées.

Communications. — *M. de Luynes*, membre du conseil, fait les deux présentations suivantes :

Photographie sur tissus. — *M. Auguste Villain*, chimiste teinturier à Aubervilliers, entretient la Société des procédés qu'il emploie pour obtenir des impressions photographiques sur tissus. Il rappelle les recherches de MM. Kopp Philippe Willis, Green, Cross et Bewan, et les applications faites par ces chimistes des bichromates alcalins, des chromates de cuivre et d'aniline, de la solution d'aniline dans la benzine, de la primuline diazotée. Pour obtenir leurs épreuves, le procédé qui a donné les meilleurs résultats à M. Villain, consiste à sensibiliser le tissu avec le mélange suivant :

Eau	1000	grammes
Bichromate de potasse	35	—
Bichromate d'ammoniaque	15	—
Métavanadate d'ammoniaque	5	—

Les tissus imprégnés de cette solution sont séchés dans l'obscurité à basse température et exposés à la lumière derrière un négatif. Ils sont ensuite lavés à fond. Dans cet état, ils ont fixé assez de mordant pour teindre l'épreuve dans des bains montés avec les couleurs artificielles les plus variées. M. Villain dépose sur le bureau de la Société une série d'épreuves teintes obtenues suivant les indications précédentes.

Décoration de la porcelaine. — *M. Edouard Peyrusson*, de Limoges, présente à la Société une série d'objets en porcelaine dure, décorés au moyen de ses nouvelles couleurs au grand feu. Ces couleurs sont caractérisées par leur résistance à une température que les couleurs ordinaires ne peuvent supporter sans être détruites. Leur mode d'emploi est d'ailleurs le même que celui des couleurs de moufle. Elles cuisent au grand feu de four, dans le four même où a lieu la cuisson de la couverte, qu'elles pénètrent, et dont elles possèdent le glacé et la dureté. Ces couleurs offrent donc à l'usage une résistance qu'on ne trouve pas dans les couleurs de moufle, et ont sur ces dernières l'avantage de pouvoir s'appliquer d'une manière plus générale à la décoration des objets destinés aux usages domestiques.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Peyrusson rappelle les travaux importants exécutés avant lui par MM. Salvétat et Halot. Mais il fait observer que les couleurs au grand feu obtenues par eux étaient généralement posées sur le dégourdi, et que leur palette était peu riche et d'un aspect sombre. Les spécimens qu'il montre à la Société présentent des rouges, jaunes, bleus, violets, verts, bruns réussis; ce qui prouve qu'il possède déjà une palette assez bien assortie : les frais de double cuisson ne s'élèvent pas à plus de 1 fr. 50 à 2 francs par douzaine d'assiettes, ce qui n'a rien d'exagéré en présence des avantages obtenus.

M. le Président remercie *M. de Luynes* de ces deux intéressantes communications, qui sont renvoyées au Comité des Arts chimiques.

Pyrodiamant. — M. Manuel Périer fait les deux communications suivantes. Le pyrodiamant est un appareil de laboratoire qui sert à la coupe du verre. Il est de petites dimensions; il se compose d'un pied en fonte, sur lequel est installé une tournette, et d'un pyropinceau, outil de sa création, dont les artistes pyrograveurs se servent pour ombrer. Le pyropinceau, dont l'orifice aplati est protégé par un buttoir, repose dans un support à genouillère glissant sur une tige verticale fixée dans le socle de l'appareil.

Une lampe à alcool, un saturateur à essence et une soufflerie Richardson, servant à produire et à maintenir l'incandescence, complètent l'appareil.

Le pyrodiamant, suivant le degré de son incandescence, coupe le verre en produisant une fente qui suit lentement sa pointe comme elle suit l'extrémité d'un charbon de Berzelius, ou bien il opère comme les chalumeaux en usage dans les verreries, c'est-à-dire qu'il chauffe vivement le verre suivant une ligne étroite que l'on n'a plus qu'à toucher avec un corps froid pour déterminer la rupture.

Muni d'une soufflerie automatique, le pyrodiamant peut servir industriellement ; mais il est surtout destiné aux laboratoires.

Les objets qui ne peuvent être coupés sur la tournette sont fixés et calés sur un morceau de vitre à l'aide d'un peu de cire à modeler. On les fait ensuite glisser sur la table, en les appuyant légèrement contre le buttoir qui les tient à une distance constante de la pointe incandescente.

L'instrument imaginé par M. Manuel Périer permet d'exécuter la coupe des objets en verre de toutes formes dans des conditions d'épaisseur et de direction très variées. La section produite par le pyrodiamant peut être perpendiculaire à sa surface ou fortement inclinée. Cette inclinaison permet de faire sortir très facilement une rondelle de verre, quelle que soit l'épaisseur de la plaque dans laquelle on l'a découpée. Parmi les curieux spécimens, montrés à la séance, figurent des rondelles tronconiques découpées dans une glace de 10 millimètres.

Saturateur à surfaces d'évaporation multiples. — Ce saturateur d'un très petit volume permet d'obtenir instantanément une forte saturation de l'air qui le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

traverse. Il renferme à cet effet une large mèche plate tendue sur une armure polyédrique en fil de laiton,

Les cloisons verticales formées par la mèche reposent sur un fond de feutre et atteignent presque le plafond du récipient.

Un bouchon à vis surmonte le saturateur. Il est muni de deux robinets ; le premier, dit régulateur, sert à doser le mélange de l'air pur et de l'air carburé ; le second, dit de retenue, assure le débit normal de la soufflerie.

M. Manuel Périer a démontré les avantages de son nouveau saturateur, en l'appliquant à l'entretien des chalumeaux et des fers à souder à essence minérale brevetés en 1884 par M. Breuzin.

La flamme de ces chalumeaux est, comme on le sait, formée d'une flamme centrale et de petites flammes latérales, et consomme de ce fait beaucoup d'hydrocarbure. Ils ont été cependant entretenus avec égalité et sans effort avec ce saturateur. M. Manuel Périer prie la Société d'Encouragement d'agréer à nouveau ses vifs remerciements pour l'appui qu'il a toujours rencontré auprès d'elle.

M. le Président remercie *M. Manuel Périer* de ces intéressantes communications qui sont renvoyées au Comité des Arts économiques.

Fours Siemens

M. R. de Bonneville, ingénieur à Saint-Étienne, adresse la réponse suivante à la communication faite par M. Emilio Damour, ingénieur des Verreries de Follembray, dans la séance du 22 juillet 1892.

A Monsieur Tisserand, président de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale.

« Monsieur,

« On me communique le Bulletin de la Société d'Encouragement (séance du 22 juillet 1892), et j'y lis une note de M. Émilio Damour, sur les fours Siemens nouvelle disposition.

« Cette note me paraît renfermer quelques phrases, où la pensée de M. Frédérick Siemens n'est point interprétée avec une exactitude suffisante.

« Je vous serais obligé de vouloir bien recueillir mes rectifications, si toutefois elles vous semblent fondées.

« M. Frédérick Siemens ne parle pas de réaliser, en pratique, une économie de combustible de 50 p. 100 par le fait seul de la transformation de l'acide carbonique en oxyde de carbone.

« A la page 2 du mémoire lu par M. Stead à la Société *Iron and steel Institute*, et à la page 4 du mémoire publié en français, l'auteur fait un raisonnement théorique sur la réaction :

$$C + CO^2 = 2\,CO$$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« Il suppose le gazogène rempli de coke, et pourrait tout aussi bien le supposer rempli de carbone pur. Il dit que l'acide carbonique surchauffé traversant le coke incandescent, peut diminuer de moitié la consommation de carbone solide, pour produire deux équivalents d'oxyde de carbone.

« Mais, à la page 20 du mémoire anglais (page 13 du mémoire français), M. Head s'exprime ainsi : « En résumé, si l'on introduit l'acide carbonique à « haute température sous un gazogène alimenté avec du charbon, on économise « la moitié du carbone fixe, ou un tiers du poids du combustible consommé. »

« Il me semble bien hardi de conclure que la nouvelle découverte de M. Siemens est sans valeur, même sans valeur théorique, et d'affirmer que la découverte de la régénération du carbone est sans intérêt.

« Je ne veux pas discuter les calculs de M. Émilio Damour.

« M. Ackermann, M. Naumurn et M. le professeur Hempel ont de leur côté publié des calculs favorables au four Siemens nouvelle disposition.

« 1° Voir le journal de l'*Iron and steel Institute*, meeting de Londres; mai 1890.

« 2° Voir le journal l'*Ancre de Saint-Dizier*, numéro du 10 janvier 1893.

« 3° Voir le compte rendu de la Société pour l'avancement de l'industrie. Mémoire du professeur Hempel, recteur de l'École supérieure technique de Dresde. (Imprimerie Lonhard Siméon. Berlin, 1891.)

« Nous croyons que les calculs théoriques reposent sur des bases discutables, qui, à l'heure actuelle, ne sont point universellement admises.

« M. Siemens et ses collaborateurs sont bien loin de rester étrangers aux études théoriques, mais ils voudraient n'aborder la discussion théorique du four nouvelle disposition que lorsque les savants seront d'accord sur les bases du calcul, c'est-à-dire sur les températures exactes des fours, sur les capacités calorifiques des gaz à ces températures, lorsqu'elles seront déterminées.

« En attendant, nous cherchons à prouver l'économie réalisée par le nouveau four, à l'aide de très nombreuses expériences et de la pratique industrielle.

« Si des pesées rigoureuses démontrent qu'un four nouveau système consomme, pendant une marche de plusieurs mois, moins de 100 kilos de houille par tonne de lingots d'acier froid chauffés, alors que les fours à grille en consomment plus de 250 pour des lingots semblables, il faut bien admettre qu'on a réalisé dans le chauffage une économie de plus des trois cinquièmes. Je citerai des faits :

A. — 1° Four Siemens (nouvelle disposition). Aciéries d'Écosse. Wischaw. Lingots et blooms d'acier basique chauffés pendant le mois d'octobre 1890.	1895t 762k
Houille consommée pendant le même temps.	181 150
Houille consommée par tonne d'acier chauffé.	96
Houille consommée dans la même usine, par tonne d'acier semblable chauffé dans des fours à grille.	250

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

A. — 2° Four Siemens. Nouvelle disposition. Forges et laminoirs de fer en Belgique. Moyenne de houille consommée par 1 000 kilos de paquets chauffés pendant un mois.	158 700
Moyenne de houille consommée par 1 000 kilos de paquets semblables, chauffés dans des fours à grille.	450 000

« A la suite des fours à grille sont placées des chaudières, qui vaporisent $2^{kil},850$ d'eau par kilogramme de houille brûlée.

« Une bonne chaudière, à chauffage direct, vaporise 8 kilos d'eau pour 1 kilo de houille brûlée.

« On peut donc admettre que la quantité de charbon utilisée avec les fours à grille, pour la production de la vapeur est :

$$450 \times \frac{2,850}{8} = 160$$

« Si de la quantité totale de houille, 450 kilos, employée dans le four à réchauffer, on déduit 160 kilos pour la production de la vapeur, il reste pour le seul chauffage des paquets :

$$450 - 160 = 290 \text{ kilos.}$$

« Or le four (nouvelle disposition) ne consomme que $158^{kil},700$. Il en résulte une économie de :

$$290^{kil} - 158^{kil},700 = 131^{kil},300; \qquad \text{(soit 45 p. 100)}$$

« Donc, si l'on tient compte de la quantité de vapeur que peut produire un four à grille, en utilisant les flammes perdues, on trouve que le four Siemens nouvelle disposition réalise une économie de 45 p. 100.

« Un industriel adoptera d'abord le four Siemens nouvelle disposition, parce que ce four lui procure un bénéfice certain; cela ne l'empêchera pas de rechercher ensuite les causes théoriques qui produisent ce bénéfice.

« Un four nouvelle disposition, à sole basique, a produit de l'acier doux par coulées de 7 à 8 tonnes, avec une consommation de houille de moins de 300 kilos par tonne d'acier. — Un four à gaz ancien système qui fait des coulées de 10 tonnes consomme au moins 500 kilos de même houille par tonne d'acier. — Le nouveau four a donc réalisé une économie de 40 p. 100.

« B. — Four Siemens (nouvelle disposition) pour produire l'acier sur sole basique.

Lingots produits en 14 coulées.	$101^t\,768^k$
Houille consommée dans les gazogènes et sous la chaudière destinée à produire les jets de vapeur.	29 301
Houille consommée par 1 000 kilos de lingots produits.	287 700

« Avec les fers à souder Siemens nouvelle disposition, le déchet de feu diminue de 5 p. 100. Pour un four traitant 20 tonnes de fer par 24 heures, l'économie réalisée à la fin de l'année sera de 300 tonnes de fer brut, soit 30 000 francs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« C. — Fours Siemens nouvelle disposition pour rechauffer les paquets de fer en Belgique. Perte au feu, moyenne constatée pendant un mois de marche en chauffant des paquets dans un four Siemens, nouvelle disposition : 9,1 p. 100. Perte au feu moyenne constatée dans la même usine pendant un mois de marche en chauffant des paquets semblables au four à grille : 14,0 p. 100.

« Nous n'avions jamais dit que toute l'économie réalisée par le four Siemens nouvelle disposition est due à la régénération de l'acide carbonique. Certainement il y a d'autres causes d'économie. Ainsi les gaz ne sont pas refroidis à leur sortie du gazogène; il n'y a pas de pertes par suite du dépôt de goudron ou de suie ; mais la régénération de l'acide carbonique est *loin d'être nulle*. Ce fait est démontré par des analyses de gaz qu'ont publiées des contradicteurs et des concurrents de M. Siemens. Nous citerons en France, en Angleterre, en Belgique, plusieurs usines qui, après avoir construit, il y a deux ans, un premier four nouvelle disposition, construisent aujourd'hui un cinquième, un sixième four de ce système et tendent à remplacer leurs anciens fours.

« Est-il une meilleure preuve pour démontrer qu'en divers pays le nouveau four a été reconnu avantageux et économique?

« D. — Nombre de fours métallurgiques Siemens nouvelle disposition construits et en construction dans divers pays :

	Fours construits.	Fours en construction.
Angleterre.	34	6
France.	10	3
Belgique.	9	4
Autres pays	10	3
	63	16
TOTAL.	79	

« Nous ne cherchons point à soulever des discussions, mais à donner dans les usines des preuves irréfutables aux industriels.

« Nous désirons que la théorie puisse bientôt expliquer les faits constatés par la pratique. »

BIBLIOGRAPHIE

JOURNAUX ET REVUES

Comptes rendus de l'Académie des Sciences. — 6 *mars* 1893, n° 10. — Sur la préparation de l'albumine dans l'industrie, par *A. Ditte*.

13 *mars*, n° 11. — Sur un four électrique, par *Henri Moissan* et *Jules Violle*. — Procédé d'échauffement intense et rapide, au moyen du courant électrique, par *Lagrange* et *Homo*. — Dosage de mercure dans les solutions étendues de sublimé; par *Léo Vignon*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

20 *mars*, n° 12. — Creuset électrique de laboratoire, avec aimant directeur, par *E. Ducret* et *Lejeune*. — Amélioration de la culture de la pomme de terre industrielle et fourragère, en France, par *Aimé Girard*.

27 *mars*, n° 13. — Sur les indications du niveau de l'eau dans les chaudières à vapeur par le tube en verre, et leur influence sur les explosions. — Sur la distillation de mélanges d'eau et d'alcool, par *E. Sorel*. — Méthode générale pour le calcul des poids atomiques d'après les données de l'analyse chimique, par *G. Hinrichs*.

10 *avril*, n° 15. — Machines dynamo-électriques à excitation composée, par *Paul Homo*.

Annales des Mines. — *Février* 1893. — Pertes de charge dans les conduites d'eau d'après la formule de M. Flamant, par *Ed. Sauvage*.

Mémoires de la Société des Ingénieurs civils. — *Janvier* 1893. — Note sur une locomotive électrique, par *J.-J. Keilmann*. — Étude sur les régulateurs de vitesse, par *Ch. Compère*. — Calcul rigoureux des charpentes sur colonnes à bases encastrées, par *L. Langlois*. — Nouvelles formules générales de déformation pour le calcul des poutres en treillis, à brides parallèles, par *L. Langlois*.

Février. — Le surchauffeur Schurœrer, par *Aug. Doumerc*. — De la vélocipédie et des progrès que le bandage pneumatique lui a permis de réaliser, par *Aug. Michelin*. — Le problème de la direction des ballons, par *R. Soreau*.

Mars. — Les appareils mécaniques propres à combattre les maladies cryptogamiques de la vigne, par *A. Cornaille*. — Note sur les greniers à silos, par *A. Cornaille*.

Revue générale des chemins de fer. — *Mars* 1893. — De l'emploi de l'acier pour la construction des foyers de locomotives (rapport de mission en Amérique), par *E. Chabal*.

Comité des Forges de France. — 20 *mars* 1893. — Proposition de loi sur les Sociétés. — Proposition de loi relative aux habitations ouvrières. — 25 *mars*. — Propositions de loi sur les syndicats professionnels.

Le Génie civil. — 11 *mars* 1893, n° 19. — Utilisation des sous-produits de distillerie, par *Heinrich Chéret*.

18 *mars*, n° 20. — Canon de côte pneumatique à obus à dynamite, par *Villeminot*. — Chemin de fer à crémaillère d'Aix-les-Bains au Revard, par *G. Féolde*. — L'étude graphique de la régularisation du mouvement dans les machines. Note sur les recherches de M. Léauté, par *A. Gouilly*.

25 *mars*, n° 21. — Chemin de fer à crémaillère d'Aix-les-Bains au Revard, par *G. Féolde*.

1er *avril*, n° 22. — Résultats obtenus par l'emploi des températures extrêmes. — Fabrication économique de l'acide sulfurique par le procédé *E.-J. Barbier*.

Le Gérant : J.-H. Ginestou.

Paris. — Typographie Chamerot et Renouard, 19, rue des Saints-Pères. — 29955.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

92e ANNÉE. Quatrième Série, Tome VIII. MAI 1893.

BULLETIN

DE

LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

ARTS MÉCANIQUES

RAPPORT, *fait par* M. ED. SAUVAGE, *au nom du Comité des Arts mécaniques, sur la* COMMUNICATION DE M. FÉRAUD RELATIVE AU MODE DE SUSPENSION DES VÉHICULES.

M. L. Féraud, ingénieur à la Cie des Chemins de fer de l'Ouest, a imaginé, pour les menottes des ressorts à lames, une disposition, qui a été l'objet de notes à la Société des Ingénieurs Civils (*Mémoires de la Société,* 1888, 1er sem., pp. 735 et 757, 2e sem., pp. 12, 27 et 190; 1890, 2e sem., p. 735), d'une communication à l'Académie des Sciences, le 13 juillet 1891, et de remarques par M. Stiévart dans la *Revue universelle des Mines*, en janvier 1893.

Les ressorts à lames des véhicules de chemins de fer, tels qu'ils sont généralement montés en Europe, reposent par leur milieu sur la boîte où tourne l'essieu et supportent le châssis par leurs deux extrémités. Le châssis peut simplement être posé sur ces deux extrémités, ou y être rattaché par des tiges de suspension. Sur les locomotives, ces tiges sont d'habitude assez longues et restent à peu près verticales quelle que soit la flexion du ressort; les boîtes de l'essieu jouent entre des glissières verticales qui l'entraînent ou sont entraînées, si l'essieu est moteur.

La boîte, en touchant la glissière, peut transmettre des trépidations au véhicule; aussi évite-t-on ce contact dans le matériel à voyageurs, en inclinant les tiges ou menottes qui rattachent les extrémités du ressort au châssis; ces tiges inclinées entraînent l'essieu qui ne touche plus la plaque de garde,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

simple organe de sécurité. Ces menottes sont habituellement dirigées vers l'extérieur des ressorts (fig. 1); M. Féraud les dispose en sens inverse (fig. 2).

L'obliquité des menottes modifie la flexion du ressort sous l'effet d'un poids suspendu 2P. Quand les extrémités en sont chargées directement, sans menottes, chacune supporte le poids P, et la flèche primitive du ressort diminue d'une quantité proportionnelle à P.

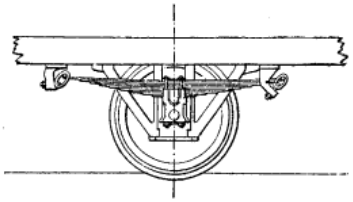


Fig. 1 et 2.

Appliquons le poids P = AC à l'articulation inférieure A d'une menotte (fig. 3 et 4); le point A étant libre de se déplacer suivant la verticale, AC se décompose en une tension AD suivant la menotte et une pression horizontale DC contre son support. La tension AD est transmise à l'extrémité B du ressort, qu'elle fait fléchir : on peut supposer, sans grande erreur, le système des forces, qui se développent dans le ressort, remplacé par une pression verticale P en B (proportionnelle à la flexion du ressort depuis sa position initiale, où il ne supporte aucune charge), et une force dirigée

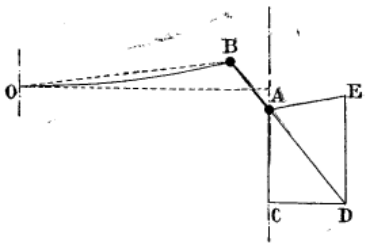


Fig. 3.

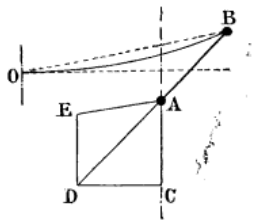


Fig. 4.

suivant OB, O étant le milieu de la face supérieure de la maîtresse lame.

Il faut remarquer que la courbure du ressort en service est faible et que la droite OB s'écarte peu de la maîtresse feuille.

En menant AE parallèle à OB, on détermine en ED et AE les deux composantes ainsi définies. On voit que, tant que le ressort n'est pas arrivé à l'aplatissement, avec les menottes ordinaires ou extérieures (fig. 3), la force verticale P′ = ED, proportionnelle à la flexion du ressort, est plus grande que le poids suspendu P = AC; P′ est au contraire plus petit que P avec la disposition des menottes intérieures appliquée par M. Féraud (fig. 4).

Quand le ressort est assez chargé pour être complètement redressé, OB est horizontal et P′ devient égal à P, quelle que soit l'inclinaison des menottes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La charge augmentant encore, le ressort se courbe au delà de l'horizontale; l'inclinaison de AE, parallèle à OB, change de sens; la différence de P′ et de P change de sens. On peut vérifier par expérience la flexion d'un ressort tiré par des menottes obliques : c'est ce qu'a fait M. Féraud,

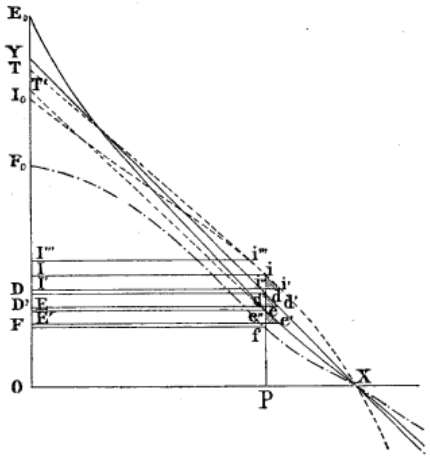


Fig. 5.

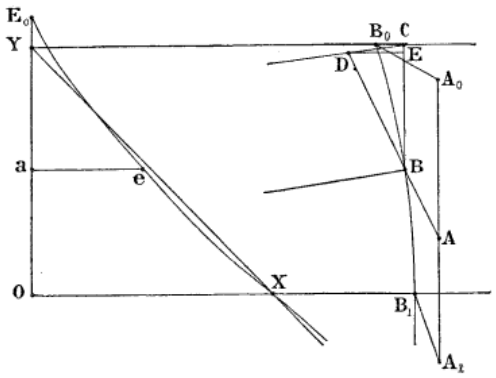


Fig. 6.

et il annonce que la variation du poids 2P pressant le ressort et de sa réaction 2P′ est bien conforme à la théorie que nous venons d'indiquer.

Pour étudier l'effet, sur les véhicules, de l'inclinaison diverse des menottes, nous représenterons, sur une épure, les diverses valeurs d'une charge suspendue variable et les positions qu'elle occupe, le centre du ressort (ou l'essieu) étant supposé immobile. Nous porterons ces déplacements en ordonnées, à partir de la position correspondant à l'aplatissement total du ressort, et nous prendrons des abscisses égales aux charges suspendues. Si celles-ci posent directement sur le ressort, l'ordonnée est égale à la flèche du ressort, et l'abscisse à sa flexion à partir de la position où il n'est pas chargé : la ligne droite XY (fig. 5) représente la relation simple des poids suspendus et de leur position par rapport à l'essieu.

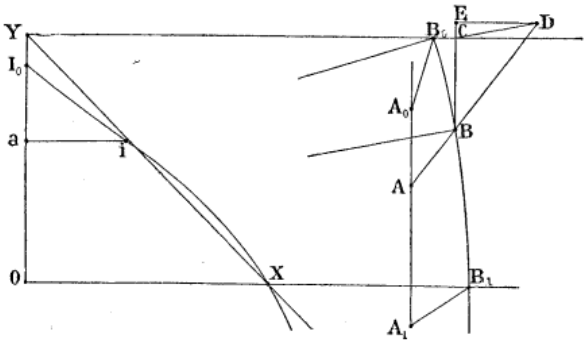


Fig. 7.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Quand on fait usage de menottes, la même charge $2P = OX$ produit le redressement du ressort, les menottes étant en $A_1 B_1$ (fig. 6 et 7) : l'abscisse OX correspond à $y = 0$. On trace immédiatement l'ordonnée $OE_0 = A A_0$ qui correspond à une charge nulle ($x = 0$) (fig. 6) et $OI_0 = A_1 A_0$ (fig. 7). Pour construire un point quelconque de la courbe, nous modifions légèrement le tracé des fig. 3 et 4 : prenons (fig. 6 et 7) une ordonnée $Oa = A_1 A$: la force verticale P′ appliquée en B à l'extrémité du ressort est proportionnelle à sa flexion, c'est-à-dire à BC; formons le triangle BDC, dont le côté BD est le prolongement de la menotte et le côté CD est parallèle à la droite qui joint B au milieu de la maîtresse lame : BD représente la tension de la menotte, et sa projection BE le poids suspendu P : nous la portons en abscisse suivant *ae* (fig. 6) et *ai* (fig. 7). Nous tracerons ainsi par points les courbes E_0X (fig. 6) et I_0X (fig. 7) qu'on peut prolonger au delà de X, en prenant le point A en dessous de A_1.

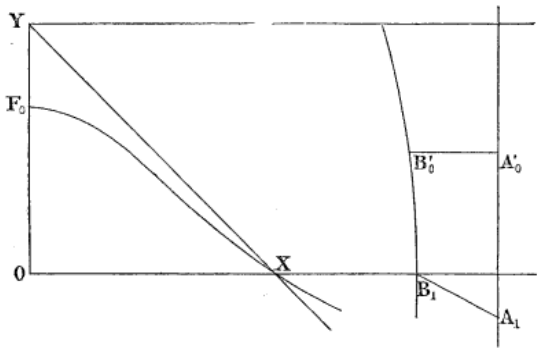


Fig. 8.

Il peut arriver (fig. 8) que les menottes extérieures soient trop courtes pour suivre le ressort jusqu'à sa détente complète; lorsque le poids suspendu s'annule, la menotte devient horizontale en $A'_0 B'_0$, et le ressort est monté avec une bande initiale. Cette circonstance réduit la course totale de la charge suspendue, supposée variable, et modifie notablement l'allure de la courbe dans sa partie supérieure.

Pour étudier l'effet des diverses positions des menottes, réunissons nos courbes sur la fig. 5 : YX est la droite des ressorts sans menottes, I_0X la courbe des menottes intérieures, E_0X et F_0X celles des menottes extérieures, suivant qu'elles laissent ou ne laissent pas le ressort se débander entièrement.

Nous voyons d'abord les positions différentes OD-OI-OE-OF (comptées à partir de celle qui correspond à l'aplatissement complet du ressort) d'une même charge suspendue Op.

La charge conservant une valeur déterminée Op, l'épure nous montre encore l'action du ressort pour un déplacement relatif du châssis et de l'essieu, d'une amplitude déterminée, produit par une inégalité de la voie ; car

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

elle nous donne la force verticale exercée par le ressort sur la masse suspendue pour une position quelconque de cette masse. Soit DD′ l'amplitude du déplacement pour une suspension sans menottes : cette force verticale varie de Dd à D′d', et le travail correspondant est représenté par l'aire Ddd' D′ : si l'on déduit le travail de la pesanteur représenté par le rectangle Ddd'' D′, il reste l'aire représentée par le triangle curviligne, couvert de hachures, $dd'd''$, qui est le travail correspondant au déplacement du véhicule. Ce travail est restitué par la détente du ressort, puis la charge dépasse sa position d'équilibre et prend un mouvement oscillatoire.

Avec des menottes, pour un même déplacement II′ = DD′ = EE′ on aura de même les travaux différents $ii'i''$ et $ee'e''$. Il est avantageux que ce travail, qui s'oppose au déplacement relatif nécessaire des deux organes, soit faible. En prenant la question avec la généralité mathématique, on voit que, suivant la valeur de la charge Op, l'une ou l'autre disposition aura l'avantage sous ce rapport. Mais toutes les fois que la charge s'approche de celle qui produit l'aplatissement ou la dépasse, on voit immédiatement par la direction des courbes que l'avantage est aux menottes intérieures.

L'épure donne de même la durée de l'oscillation de la masse suspendue écartée de sa position d'équilibre : en assimilant à une droite l'arc de courbe tel que $i'i'''$ qui correspond à l'oscillation (fig. 5), on voit que la masse $\frac{Op}{g}$ est soumise à l'action d'une force verticale (telle que $i''i'$) proportionnelle à son écart à partir de la position moyenne i : c'est la loi d'oscillation d'un pendule.

Pour le ressort sans menottes, Phillips a démontré, et on voit facilement sur l'épure, en comparant la variation de la force au chemin parcouru par la masse oscillante, que la durée de l'oscillation est celle d'un pendule dont la longueur égale la flexion du ressort, YD. Pour le ressort avec menottes, la longueur du pendule ayant même durée d'oscillation sera la longueur IT ou ET′, déterminée par l'intersection avec l'axe des y de la tangente en i ou en e à la courbe.

Dans la région voisine de l'aplatissement, les menottes intérieures donneront la plus longue période d'oscillation, ce qui améliore la suspension du véhicule.

M. Féraud a vérifié ce point par l'expérience, en faisant osciller une masse fixée au milieu d'une lame élastique montée sur des menottes, qu'on peut à volonté rendre extérieures et intérieures. La loi du mouvement est

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bien la même que si le centre du ressort était immobile et la masse partagée en deux parties égales fixées aux attaches de menottes guidées verticalement, mais l'expérience est plus simple.

M. Féraud indique quelques avantages accessoires de la modification qu'il a réalisée : c'est ainsi que le montage des menottes extérieures entraîne certaines difficultés, qui disparaissent avec les menottes intérieures; le rapprochement des supports des menottes et du centre du ressort permet, sur certains véhicules très courts, d'amener le milieu du ressort plus près de l'extrémité du châssis et par suite d'écarter davantage les essieux (fig. 9). Les menottes intérieures, embrassant les extrémités du ressort, peuvent en maintenir les lames en cas de rupture.

Pour comparer complètement les deux systèmes, il faut remarquer que les

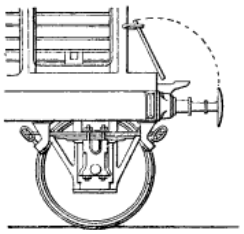


Fig. 9.

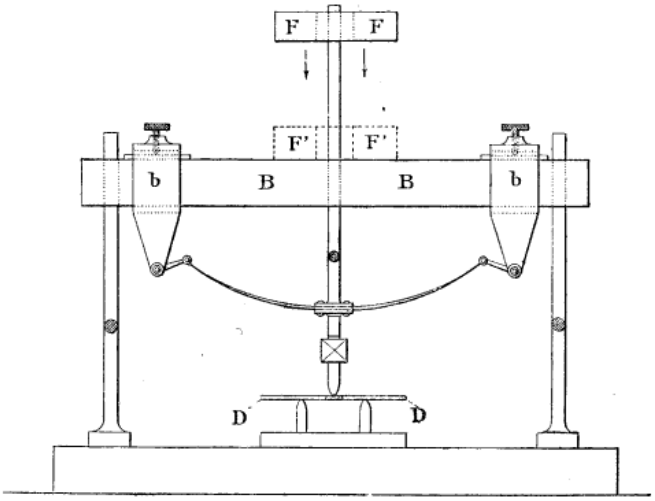


Fig. 10.

menottes intérieures, vu le sens de la composante dirigée à peu près suivant la maîtresse lame, soumettent cette lame à une compression, tandis que les menottes extérieures exercent une traction. Il est difficile de prévoir quel peut être l'effet du changement de sens de cet effort.

M. Féraud a fait quelques expériences sur les chocs produits contre des ressorts diversement montés. L'appareil représenté fig. 10 permet, en déplaçant les supports *b*, *b*, d'incliner les menottes dans un sens ou dans l'autre : une masse F, par sa chute, vient choquer la pièce B, qui transmet le choc à une lame de plomb DD, posée sur couteaux, par l'intermédiaire du ressort. La lame de plomb est plus ou moins pliée par le choc. Le pli obtenu avec les menottes extérieures est beaucoup plus fort que si elles sont intérieures.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'appareil a été ensuite modifié : la traverse BB (fig. 11) est soulevée de quelques centimètres sur les guides *aa*; une rondelle R, fixée sur la tige C, empêche la détente du ressort pendant cette levée. On laisse tomber d'une faible hauteur le système sur une lame mince de cuivre qui remplace le plomb; le pli de la lame est plus prononcé avec les menottes extérieures.

Ces expériences, où le ressort travaille comme appareil de choc, ne donnent cependant pas d'indication sur l'action que peuvent avoir sur les rails les ressorts de suspension. En effet le ressort, dans ces expériences, reçoit le choc d'une masse possédant une quantité déterminée de force vive, qui est transformée partiellement en travail de flexion du ressort et partiellement en déformation de la lame en plomb ou en cuivre : la disposition qui déforme le moins la lame indique un plus grand travail absorbé par le ressort, ce qui conviendait pour un appareil de choc mais non pour un appareil de suspension, qui doit permettre les déformations et non les gêner.

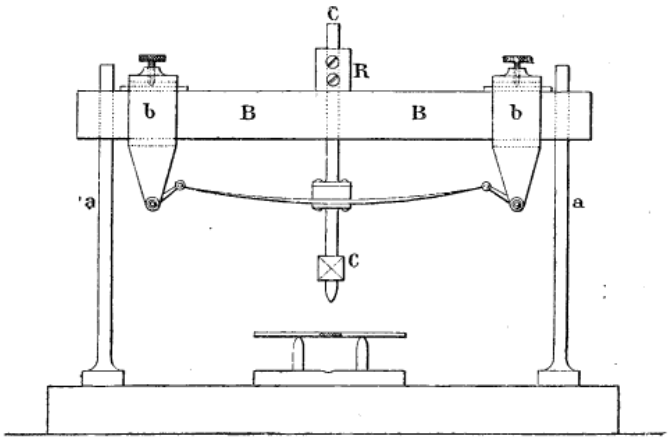


Fig. 11.

Mais il ne faudrait pas tirer de ces essais la conclusion inverse de celle de M. Féraud, car, dans les expériences, le ressort partait de la même position initiale, quelle que fût la position des menottes, tandis que la flexion statique du ressort de suspension, sous la même charge, est différente. En outre, dans certains essais, la flexion était telle que les menottes extérieures venaient se placer dans le prolongement des feuilles, ce qui annihile l'action élastique.

Nous ne croyons pas opportun de discuter plus longuement ces expériences, qui ne semblent utiles qu'en vue d'une application des menottes aux ressorts de choc ou de traction.

Grâce à l'obligeance de M. Clérault, ingénieur en chef du Matériel et de la Traction à la Cie de l'Ouest, de M. Coüard, ingénieur de la Voie à la Cie de Paris-Lyon-Méditerranée et des agents de leurs services, des expériences

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ont été exécutées sur des véhicules munis des deux types de menottes : les roues des véhicules tombaient, après avoir franchi un petit obstacle fixé sur le rail, et les appareils enregistreurs Coüard, placés sous le rail, en indiquaient les déflexions. Malheureusement ces expériences n'ont donné aucun résultat précis, à cause des abaissements considérables de l'ensemble de la voie sous le poids des véhicules, abaissements qui masquaient l'excès de flexion du rail qui pouvait être dû au choc.

En résumé, les menottes intérieures peuvent améliorer la suspension des véhicules, en réduisant le travail nécessaire pour le déplacement relatif du châssis et de l'essieu, et en augmentant la durée de l'oscillation du châssis, lorsque le ressort travaille près de l'aplatissement ou du moins s'il a une flexion suffisante. L'épure que nous avons indiquée permet d'apprécier aisément l'effet d'une disposition quelconque des menottes pour toutes les charges.

M. Féraud annonce qu'on peut, grâce à la disposition qu'il a imaginée, substituer à un ressort donné avec menottes extérieures, un ressort moins long, et par suite moins lourd et moins coûteux : il suffit de conserver au travail de déplacement et, par suite, à la durée d'oscillation, les mêmes valeurs. Cette déduction paraît légitime, à la condition toutefois que ces effets des menottes se conservent lorsque le véhicule est peu chargé. On voit en effet sur l'épure de la fig. 5 qu'avec de faibles charges les menottes intérieures deviennent moins bonnes que des menottes extérieures assez longues (courbes I_0X et E_0X).

Plusieurs voitures à voyageurs ont été munies de menottes intérieures, notamment sur les réseaux de l'Ouest et d'Orléans. Il est difficile, en voyageant dans ces véhicules et dans les véhicules analogues montés sur menottes ordinaires, d'apprécier la différence des suspensions, au moins en quelques voyages ; un service prolongé permettra sans doute de recueillir d'utiles observations à cet égard, et d'apprécier les circonstances spéciales qui peuvent résulter de la disposition des menottes.

Votre Comité vous propose de remercier M. Féraud de son intéressante communication et d'insérer au *Bulletin* le présent rapport avec les figures qui l'accompagnent.

Signé : Ed. Sauvage, *rapporteur.*

Approuvé en séance le 14 *avril* 1893.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS MÉCANIQUES

De l'effet des menottes des ressorts de suspension, par M. Mestre, ingénieur adjoint des études du matériel de la compagnie de l'Est.

Dans son mémoire sur les ressorts, Phillips s'exprime ainsi au commencement du chapitre premier :

« Les ressorts sont reliés aux châssis des voitures, wagons et machines de différentes manières. Je ne me suis pas occupé de ces différents supports; j'ai étudié le ressort considéré isolément et indépendamment de la manière dont les efforts qu'il a à supporter lui sont transmis. »

Notre but est précisément d'examiner l'influence de ces supports.

Soit une masse $\frac{2P}{g}$ suspendue sur un ressort de flexibilité $i = \frac{1}{k}$ par l'intermédiaire d'un mécanisme de transmission quelconque. Désignons par f_0 la flèche du ressort lorsqu'il est sans charge, par f la flèche à un instant quelconque, par y_0 et y les valeurs correspondantes de l'ordonnée verticale de la masse suspendue, comptées de bas en haut, à partir d'un point fixe. La masse du ressort étant supposée négligeable devant $\frac{2P}{g}$, la masse suspendue est en équilibre dynamique sous l'action de sa force d'inertie, de son poids et de la force F que lui transmet le mécanisme qui la relie au ressort. L'équation de son mouvement est donc :

$$F - 2P = \frac{2P}{g}\frac{d^2y}{dt^2}, \tag{1}$$

équation qui permet d'étudier complètement, lorsqu'on connaît F, l'action du ressort. La 1re intégrale de cette équation exprime que la somme algébrique du travail de la pesanteur, du travail cédé à la masse suspendue par le ressort et de la demi-force vive de cette masse est constante. La 2e intégrale donne l'équation du mouvement de la masse (si l'on en connaît les circonstances initiales) et notamment l'amplitude et la durée de l'oscillation.

Désignons par y'_0 l'ordonnée du véhicule dans la position d'équilibre statique, c'est-à-dire lorsque $F - 2P = 0$, et supposons le véhicule dérangé de cette position d'équilibre. Si ses oscillations sont infiniment petites, la force de rappel qui tend à le ramener vers sa position d'équilibre aura pour expression :

$$F - 2P = (y - y'_0)\left(\frac{dF}{dy}\right)_{y'_0}, \tag{2}$$

c'est-à-dire qu'elle est proportionnelle à l'écart $y - y'_0$ supposé infiniment petit

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et à la valeur de $\frac{dF}{dy}$ pour $y = y'_0$ (c'est-à-dire pour $F = 2P$). Si l'écart $y - y'_0$ est seulement très petit, cette expression ne sera plus qu'approximative; elle revient à substituer à la courbe F, en fonction de y, la tangente au point d'abscisse y_0'.

Les modifications apportées au mécanisme réunissant le ressort et le véhicule ne changeront que le facteur $\left(\frac{dF}{dy}\right)_{y'_0}$, qu'il suffira d'étudier pour connaître l'influence de ce mécanisme.

Mais quel que soit ce mécanisme, la force verticale F est égale à la dérivée par rapport à y du travail cédé au véhicule par le ressort et par suite à la dérivée changée de signe du travail T emmagasiné par le ressort :

$$F = -\frac{dT}{dy}, \tag{3}$$

et par suite :

$$F - 2P = (y - y'_0)\left(\frac{d^2T}{dy^2}\right)_{y'_0}. \tag{4}$$

Or Phillips a démontré que si la masse repose directement sur le ressort, c'est-à-dire si le ressort est soumis à des forces égales appliquées à chacune de ses extrémités parallèlement à la flèche, le travail T a pour expression :

$$T = k\int_{f_0}^{f}(f_0 - f)\,df = -k.\frac{(f_0 - f)^2}{2}. \tag{5}$$

Dans le cas d'un mécanisme interposé entre la masse suspendue et le ressort, les forces appliquées à chacune de ses extrémités seront obliques à la flèche; on pourra toujours les décomposer en une force dirigée suivant la droite qui joint l'extrémité du ressort à son milieu et une force verticale. Le travail de la 1re composante sera négligeable devant le travail de la 2e si ces deux composantes sont du même ordre de grandeur.

En d'autres termes, le ressort ne peut emmagasiner une quantité sensible de travail que pour des déplacements parallèles à la flèche et nous admettrons qu'on a toujours approximativement :

$$T = -k\frac{(f_0 - f)^2}{2},$$

par suite :

$$F = k.\frac{d}{dy}\left[\frac{(f_0 - f)^2}{2}\right] \tag{6}$$

$$F - 2P = (y - y'_0)\,k\,\frac{d^2}{dy^2}\left[\frac{(f_0 - f)^2}{2}\right]_{y'_0}. \tag{7}$$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La force verticale exercée sur le ressort, proportionnelle à la fatigue (au milieu de la maîtresse lame), sera toujours :

$$2\,P_1 = k(f_0 - f). \tag{8}$$

Dans le cas où la masse est suspendue au ressort par des menottes constamment verticales :

$$f_0 - f = y_0 - y$$
$$\frac{df}{dy} = 1$$
$$\frac{d^2}{dy^2}\frac{(f_0-f)^2}{2} = 1.$$

Dans le cas d'un mécanisme quelconque, les choses se passent donc, au point de vue du mouvement oscillatoire imprimé à la masse suspendue, comme si les menottes étaient verticales et que le ressort eût une flexibilité fictive :

$$i' = \frac{i}{\frac{d^2}{dy^2}\left[\frac{(f_0-f)^2}{2}\right]_{y_0'}}.$$

Nous voyons donc que pour étudier l'influence d'un mécanisme quelconque il suffira de tracer les courbes ayant pour abscisses X les déplacements y du véhicule et pour ordonnées :

1° Une courbe d'ordonnée $Y_1 = f_0 - f$ proportionnelle à la force verticale pesant sur le ressort et à sa fatigue.

Dans le cas des menottes verticales cette courbe Y_1 sera une droite coupant l'axe des abscisses au point $X = y_0$.

Dans le cas d'un mécanisme quelconque cette courbe fera connaître, outre la fatigue du ressort pour une position quelconque, le déplacement relatif du véhicule et du ressort.

2° Une courbe d'ordonnée $Y = \frac{(f_0-f)^2}{2}$ proportionnelle au travail emmagasiné par le ressort.

Ce sera une parabole ayant son sommet au point d'abscisse y_0 dans le cas des menottes verticales.

3° Une courbe d'ordonnée $Y' = \frac{dY}{dX} = -(f_0 - f)\frac{df}{dy}$ qu'on obtiendra en dérivant la courbe précédente et dont l'ordonnée est proportionnelle à l'effort F exercé sur le véhicule.

Dans le cas des menottes verticales la courbe Y′ se confondra avec Y_1.

4° Une courbe d'ordonnée $Y'' = \frac{dY'}{dX} = \frac{df^2}{dy^2} - (f_0 - f)\frac{d^2f}{dy^2}$ qu'on obtiendra en dérivant la courbe Y′.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans le cas des menottes verticales, la courbe Y'' sera une droite parallèle à l'axe des abscisses, d'ordonnée égale à l'unité.

La dérivation graphique étant une opération délicate, on peut chercher à l'éviter en traçant directement la courbe $Y' = -(f_0 - f)\frac{df}{dy}$.

Soit AB la menotte de longueur l' dont l'extrémité A fixée au ressort décrit la courbe $\rho = \frac{l \sin \omega}{\omega}$ ($2\ l$ longueur de la maîtresse lame) et dont l'autre extrémité B fixée au véhicule décrit la droite $x = a$. (Pl. 89, fig. 1.)

Menons en A et B les normales AC, BC aux trajectoires de ces points qui se coupent au centre instantané de rotation C.

Pour un déplacement élémentaire on aura :

$$\frac{AA'}{BB'} = \frac{AC}{BC}$$

d'où :

$$\frac{df}{dy} = \frac{CD}{CB} = \frac{AD}{BE}$$

L'équation de la trajectoire du point A étant connue, on pourra calculer le rapport $\frac{CD}{CB}$ en fonction de ω, ainsi que $f = l\frac{\sin^2 \omega}{\omega}$ et par suite :

$$Y = -(f_0 - f)\frac{df}{dy}.$$

Nous ne nous arrêterons pas à ce calcul lorsque ω est fini. Mais si ω est infiniment petit, c'est-à-dire si le ressort est infiniment voisin de l'aplatissement, on a très simplement :

$$\frac{df}{dy} = \frac{1}{1 - \frac{(l-a)}{bl} f}$$

en appelant : $b = \sqrt{l^2 - (l-a)^2}$

Pour $\omega = 0$ on a donc avec menottes verticales ou obliques :

$$\frac{df}{dy} = 1, \quad (f_0 - f)\frac{df}{dy} = f_0 - f$$

L'ordonnée de la courbe Y'' peut être calculée aussi pour $\omega = 0$.

On a en effet :

$$Y'' = \left(\frac{df}{dy}\right)^2 - (f_0 - f)\frac{d^2 f}{dy^2}$$

$$Y_0'' = 1 - f_0 \left(\frac{d^2 f}{dy^2}\right)_0$$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Mais quand ω est infiniment petit :

$$\frac{d^2f}{dy^2} = \frac{1}{\left(1 - \frac{(l-a)}{bl} f\right)^2} \times \frac{l-a}{bl} \times \frac{df}{dy}.$$

Pour $\omega = 0$:

$$\left(\frac{d^2f}{dy^2}\right)_0 = \frac{l-a}{bl}$$

et

$$Y''_0 = 1 - \frac{(l-a)}{bl} f_0,$$

la flexibilité fictive i'_0 (pour $\omega = 0$) sera égale à i multipliée par :

$$\frac{1}{Y''_0} = \frac{1}{1 - \frac{(l-a)}{bl} f_0}.$$

Si les menottes sont extérieures, $a > l$, la flexibilité fictive est plus petite que la flexibilité réelle.

C'est le contraire qui a lieu si $a < l$, c'est-à-dire si les menottes sont intérieures.

Dans la planche ci-annexée (pl. 89), nous avons supposé un même ressort dont la maîtresse lame a une longueur $2\ l = 2^m$, la flèche de fabrication $f_0 = 0^m,200$ supportant une même charge mobile :

1° Suivant deux droites placées à une distance $a = 1^m,043$ du milieu du ressort, par des menottes extérieures de longueur $l' = 0^m,075$ (courbes .....).

2° Par des menottes assez longues pour être constamment verticales (courbes ———).

3° Suivant deux droites placées à une distance $a = 0^m,935$ par des menottes intérieures de longueur $l' = 0^m,100$ (courbes —.—.—.—).

On a commencé par tracer la courbe (fig. 2) :

$$\rho = \frac{l \sin \omega}{\omega}$$

décrite par l'extrémité du ressort.

Cela permet d'obtenir, dans chaque cas, les valeurs simultanées de f et y.

On peut, par suite, construire immédiatement les courbes des fatigues Y_1 et les courbes de travail Y.

En dérivant celle-ci une première fois, puis une seconde, on obtient les courbes Y′ des efforts exercés sur la masse suspendue et les courbes Y″ dont l'ordonnée représente l'inverse du coefficient qui multiplie la flexibilité du ressort pour donner sa flexibilité fictive.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On voit que dans le cas des menottes extérieures, si le poids du véhicule croît à partir de 0, la flexibilité fictive est d'abord plus grande que la flexibilité réelle; elle diminue quand le poids 2 P augmente, elle est sensiblement égale à i pour une charge égale aux 2/3 de celle qui produit l'aplatissement, elle est de 0,877 i pour l'aplatissement, elle continue à diminuer si la charge augmente, c'est-à-dire si le ressort travaille à contre-flèche.

Dans le cas des menottes intérieures la flexibilité fictive d'abord plus petite que i va en croissant quand la charge augmente, est égale à i pour une charge égale aux 2/3 de la charge d'aplatissement, est égale à 1,206 i lors de l'aplatissement et continue à croître quand le ressort travaille à contre-flèche.

Pour un même poids de véhicule la fatigue du ressort est toujours plus grande avec des menottes extérieures qu'avec des menottes verticales; c'est l'inverse qui a lieu avec des menottes intérieures. L'égalité de fatigue se produit lors de l'aplatissement du ressort, quelle que soit l'obliquité des menottes.

Enfin le déplacement relatif du châssis par rapport au ressort indique en faveur des menottes intérieures une légère augmentation du jeu utile entre le dessous du châssis de la voiture et le dessus des boîtes à graisse.

Nous donnons ci-dessous les valeurs du rapport du poids de la masse suspendue à la charge d'aplatissement pour quelques-unes des voitures de la Compagnie des chemins de fer de l'Est.

Type de la voiture.	Voiture vide.	Voiture complète.
Ire Cl. à couloir.	0,75	0,85
Ire Cl. à 3 compartiments	0,76	0,88
Ire Cl. à 4 compartiments	0,80	0,95
IIe Cl. à 5 compartiments.	0,57	0,74
IIIe Cl. à 6 compartiments	0,54	0,75

Si la place ne faisait défaut, il serait logique lorsqu'on emploie les menottes extérieures de choisir la flèche de fabrication de manière à faire travailler le ressort assez loin de l'aplatissement, même quand la voiture est complète.

Au contraire, avec les menottes intérieures, il y aurait intérêt à faire travailler le ressort à contre-flèche.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS CHIMIQUES.

RAPPORT *fait par* M. Z. ROUSSIN, *au nom du Comité des Arts chimiques, sur un* MÉMOIRE DE M. BUISINE RELATIF A L'ÉPURATION DES EAUX D'ÉGOUT PAR LES SELS FERRIQUES.

Les grandes agglomérations urbaines tendent à consommer, pour tous les besoins de la vie, des quantités d'eau de plus en plus considérables, lesquelles, après avoir accompli leurs fonctions multiples, deviennent rapidement un embarras et un danger.

Plusieurs solutions et des systèmes divers ont été proposés ou essayés pour répondre aux deux désidérata suivants : 1° évacuer les eaux contaminées dans le plus bref délai possible, sans inconvénient pour les cours d'eau voisins et sans danger pour les populations en aval ; 2° utiliser pour l'agriculture les matières fertilisantes que renferment les eaux d'égout.

Sans rappeler ici les nombreuses tentatives qui ont été faites pour résoudre ce difficile problème et sans apprécier la valeur relative des systèmes proposés, il appartient assurément à la Société d'Encouragement d'accueillir tout essai entrepris dans la voie de cette importante question. A ce titre, le travail que M. Buisine a présenté à la Société, dans sa séance générale du 23 décembre 1892, a paru mériter une attention spéciale. Le Comité des Arts chimiques, auquel il a été renvoyé, m'a chargé de vous en rendre un compte sommaire.

M. Buisine critique le procédé d'épuration des eaux d'égout par l'action combinée du sol et de la végétation, ce système exigeant de très grandes superficies de terrains très perméables et situés à une altitude convenable, deux conditions qui ne se rencontrent pas partout. L'épuration des eaux d'égout à l'aide du sulfate ferrique lui paraît de beaucoup préférable, depuis que l'industrie, fabriquant ce composé au moyen des résidus de pyrites grillées, peut le livrer au commerce au prix très réduit de 4 francs les 100 kilogrammes.

A la suite d'essais inaugurés par lui et poursuivis durant cinq semaines sur les eaux d'égout de Roubaix et de Tourcoing, à raison d'environ 20 000 mètres cubes par vingt-quatre heures, et aussi après une expérience faite sur les eaux d'égout de la ville de Paris, M. Buisine estime : 1° que la dépense faite pour l'épuration complète d'un mètre cube d'eau d'égout ne

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dépasserait pas un demi-centime, soit le quart de ce que coûtait le sulfate d'alumine employé par M. Durand-Claye ; 2° que l'opération est extrêmement simple, l'épuration complète et le dépôt rapidement rassemblé. Les eaux décantées sont, paraît-il, parfaitement claires, incolores, neutres, absolument désinfectées et devenues imputrescibles. Les boues provenant de la précipitation de l'oxyde ferrique renferment une assez grande proportion de matières azotées et pourraient être utilisées avantageusement en agriculture.

L'auteur ne présente pas son travail comme un projet achevé d'épuration des eaux d'égout ; il a simplement voulu appeler l'attention des hygiénistes et des ingénieurs sur une méthode déjà ancienne d'épuration chimique que l'abaissement considérable du prix du sulfate ferrique peut rendre aujourd'hui très abordable.

Le Comité des Arts chimiques est d'avis que le travail de M. Buisine présente un réel intérêt et fournit à la solution pratique de l'épuration des eaux d'égout des expériences nouvelles et précises. En conséquence, il a l'honneur de vous proposer d'adresser des remerciements à l'auteur de cette communication et d'insérer son mémoire dans le Bulletin de la Société.

Signé : Z. Roussin, *rapporteur*.

Approuvé en séance le 24 février 1893.

ARTS CHIMIQUES.

ÉPURATION DES EAUX PAR LES SELS FERRIQUES, PAR A. ET J. BUISINE.

Messieurs,

Dans cette communication sur l'épuration des eaux par les sels ferriques, je vous parlerai de l'épuration des eaux d'égout.

J'ai pensé que ce côté de la question serait pour vous particulièrement intéressant.

La nécessité d'épurer les eaux d'égout est maintenant parfaitement reconnue.

Il est évident qu'il n'est plus possible, sans danger pour l'hygiène publique, de continuer à jeter directement dans les rivières le produit des égouts.

Ceci étant admis, comment peut-on arriver au résultat ?

Parmi les procédés qui ont été proposés pour l'épuration des eaux d'égout, celui qui a été adopté pour la ville de Paris est le système de l'épuration par le sol.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En principe, c'est le procédé le plus rationnel.

Le grand avantage qu'il présente est de permettre de rendre directement au sol, sur lequel elles agissent comme matières fertilisantes, toutes les matières organiques rejetées par les villes dans les égouts.

Mais le procédé est-il réellement efficace ?

Ne présente-t-il aucun inconvénient dans son application ?

Ce sont des points que je ne veux pas discuter ; je n'ai pas les éléments pour le faire.

Le système présente cependant un grand inconvénient, qui arrive à l'esprit au premier examen.

Il exige, en effet, de vastes superficies de terrains, et de terrains d'une nature spéciale, meubles, poreux, perméables, qu'on ne rencontre pas partout.

Dans le Nord de la France, par exemple, où le sol est argileux, imperméable, ce procédé est impraticable.

Il est reconnu que, sur un hectare d'un terrain répondant aux conditions indiquées, on ne pourrait faire arriver que 40 000 mètres cubes d'eau par an.

Or, actuellement, la ville de Paris déverse en Seine environ 440 000 mètres cubes d'eau par vingt-quatre heures.

Il faudra donc au minimum 3 650 hectares pour le traitement des eaux d'égout de la ville de Paris.

On a trouvé, il est vrai, aux environs de Paris des terrains convenables et en quantité suffisante ; mais faut-il ajouter que l'acquisition de ces terrains exigera déjà un gros capital ?

Est-il nécessaire aussi de faire ressortir ce que sera cette exploitation quand on traitera la totalité des eaux d'égout de Paris ?

Figurez-vous 4 000 hectares environ constamment irrigués, et toutes les conduites et accessoires nécessaires !

On connaît d'autres procédés plus pratiques à première vue.

Bien appliqués, ils présentent en outre les avantages du système de l'épuration par le sol ; entre autres celui de pouvoir se débarrasser, en les utilisant comme engrais, des produits qui contaminent les eaux.

Ce sont les procédés chimiques.

Il existe, en effet, certains réactifs, et, en particulier, certains sels métalliques qui ont la propriété de précipiter plus ou moins complètement les matières étrangères contenues dans les eaux.

Ajoutés en petite quantité à une eau contaminée, ces sels produisent un précipité qui entraîne la majeure partie des impuretés et, après dépôt, l'eau décantée peut être rejetée sans inconvénient dans les rivières.

Les résidus de cette épuration, qui renferment toutes les matières azotées de l'eau, peuvent être utilisés en agriculture.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Parmi les sels qui possèdent cette propriété au plus haut degré, je vous citerai le sulfate d'alumine et les sels ferriques.

Le sulfate d'alumine a été expérimenté en 1868 par M. Durand-Claye, sur les eaux d'égout de la ville de Paris.

Ce sel a donné d'excellents résultats.

« Il fournit, dit M. Durand-Claye, une clarification rapide et pratique. L'eau s'écoulait des bassins parfaitement claire ; sa transparence était suffisante pour qu'on put lire des caractères ordinaires d'imprimerie derrière une épaisseur d'eau de 10 centimètres ; les poissons vivaient parfaitement dans l'eau ainsi épurée. »

Des essais du même genre ont été faits en Angleterre avec le sulfate d'alumine et avec les sels ferriques et ont donné le même résultat.

Pourquoi donc, après ces essais encourageants, a-t-on abandonné l'emploi des procédés chimiques ?

Cela tient uniquement au prix du réactif, au coût élevé de l'épuration ainsi obtenue.

Ainsi M. Durand-Claye employait du sulfate d'alumine, qui revenait rendu à l'usine à 11 francs les 100 kilogrammes, et il fallait 200 grammes de ce réactif par mètre cube d'eau d'égout ; le prix du réactif seulement dépassait donc 0 fr. 02 par mètre cube.

C'était beaucoup trop !

Or, le sulfate d'alumine, fabriqué par l'action de l'acide sulfurique sur les argiles, deux produits peu coûteux, paraissait devoir rester le meilleur marché. On n'espérait, par conséquent, aucun progrès dans cette voie de l'épuration chimique.

Les sels ferriques, dont l'action est au moins aussi efficace que celle des sels d'alumine, étaient, à cette époque, plus coûteux encore que le sulfate d'alumine.

Mais on est parvenu depuis à produire les sels ferriques très économiquement au moyen des résidus de pyrite.

On peut les obtenir ainsi à un prix de revient bien inférieur à celui du sulfate d'alumine.

Le prix de revient du sulfate ferrique fabriqué par ce procédé n'atteint pas 4 francs les 100 kilogrammes.

Dans ces conditions, il nous a paru intéressant de rechercher si maintenant, pour l'épuration des eaux d'égout, le sulfate ferrique ne pouvait pas lutter avantageusement avec le procédé d'épuration par le sol.

Nous avons fait à ce sujet une série d'expériences, dont une surtout très importante sur les eaux d'égout des villes de Roubaix et de Tourcoing.

Nous avons étudié ce réactif à différents points de vue :

Au point de vue du degré d'épuration obtenue ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Au point de vue du prx de revient de l'épuration ;

Au point de vue de l'écoulement, de l'utilisation et de la valeur des résidus.

Avant de vous donner les résultats de ces expériences, je crois devoir vous dire en quelques mots quelle est l'action des sels ferriques sur les eaux impures.

Ajoutés en petite quantité aux eaux contaminées, les sels ferriques sont décomposés par les sels alcalins et alcalino-terreux qu'elles renferment toujours.

L'oxyde ferrique ainsi précipité entraîne avec lui la totalité des matières en suspension : les matières grasses provenant des savons, qu'il décompose ; les matières albuminoïdes, avec lesquelles l'oxyde ferrique forme une combinaison ; les matières colorantes, avec lesquelles il forme des laques ; les principes odorants et entre autres les sulfures solubles, qu'il fixe à l'état de sulfure de fer insoluble.

Le précipité ainsi formé, abondant, lourd, se rassemble rapidement, de sorte que la décantation se fait sans difficulté.

L'eau décantée est par suite rejetée, parfaitement claire, incolore, neutre, complètement désinfectée et imputrescible.

Elle ne renferme plus qu'une faible portion des matières organiques contenues primitivement en dissolution.

Des eaux ainsi épurées, conservées pendant plusieurs mois en flacons bouchés, sont restées tout à fait limpides, n'ont pris aucune odeur et n'ont pas donné la réaction des sulfures.

J'appelle encore votre attention sur le fait suivant, qui, selon moi, a une grande importance :

On reproche surtout, et avec raison, aux eaux d'égout d'apporter dans les rivières des germes dangereux pour la santé publique.

L'épuration de ces eaux par les sels ferriques peut-elle éliminer ces organismes ?

Nous avons fait à ce sujet une série de déterminations qui nous ont montré que les microbes eux-mêmes sont entraînés avec le précipité dans une forte proportion.

L'oxyde ferrique précipité, qui est gélatineux, forme avec les matières organiques une sorte de laque qui entraîne les particules les plus ténues ; il en résulte en un mot une sorte de collage de la liqueur.

On élimine ainsi de 60 à 90 p. 100 des bactéries contenues dans l'eau.

On enlève surtout les bactéries liquéfiantes et fluorescentes, c'est-à-dire celles qui sont réputées les plus dangereuses.

Il nous paraît difficile d'arriver à un meilleur résultat d'une façon pratique et économique en opérant sur de grands volumes d'eau.

Obtient-on de meilleurs résultats par l'irrigation ?

J'arrive maintenant à une expérience importante, sur laquelle je vous demande la permission de m'étendre un peu, car elle va vous permettre d'apprécier le procédé.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nous avons eu la bonne fortune de pouvoir essayer l'action du sulfate ferrique en grand sur les eaux d'égout dans une des rares usines qui existent en France pour l'épuration de ces eaux.

MM. les ingénieurs des ponts et chaussées du département du Nord ont bien voulu mettre à notre disposition l'établissement de Grimompont, qu'ils ont construit pour l'épuration des eaux d'égout des villes de Roubaix et de Tourcoing.

Ces expériences ont été poursuivies, sans arrêt jour et nuit, pendant cinq semaines, à raison de 20 000 mètres cubes par vingt-quatre heures.

Les établissements Kuhlmann nous ont fourni pour cet essai 250 000 kilogrammes de sulfate ferrique.

Les égouts des villes de Roubaix et de Tourcoing reçoivent, outre les eaux ménagères, toutes les eaux résiduaires des nombreux établissements industriels de ce centre manufacturier; celles qui contribuent surtout à la contamination sont les eaux de lavage des laines, des teintureries, etc.

Le produit de ces égouts tombe dans un petit ruisseau, l'Espierre, qui passe la frontière et va se jeter en Belgique dans l'Escaut.

L'eau de l'Espierre, dont le débit est d'environ 40 000 mètres cubes par jour, est extrêmement chargée en matières étrangères; elle renferme quelquefois jusqu'à 10 kilogrammes de résidu sec par mètre cube.

Elle est noire, boueuse, fétide, riche en matière grasse, et en particulier celles enlevées à la laine brute.

C'est pour donner satisfaction aux plaintes justifiées de nos voisins les Belges, dont les eaux de l'Espierre venaient empoisonner un de leurs grands fleuves, que les villes de Roubaix et de Tourcoing ont dû établir l'usine d'épuration de Grimompont.

La composition extrêmement complexe des eaux de l'Espierre rend leur épuration très difficile.

Jusqu'ici on avait employé à l'usine de Grimompont le procédé à la chaux. Mais l'emploi de ce réactif présentait de grands inconvénients, et l'épuration était très imparfaite.

Le sulfate ferrique donne à tous les points de vue de meilleurs résultats.

L'essai de longue durée, qui a été fait à l'usine de Grimompont, a montré que le procédé, tout en donnant une eau parfaitement épurée, était très pratique, très simple, et ne présentait aucun inconvénient dans son emploi en grand.

En un mot, l'expérience a été très concluante et a donné entière satisfaction.

L'opération est très simple.

L'eau à épurer est additionnée, en quantité convenable, d'une solution de sulfate ferrique; les débits sont mesurés par des déversoirs.

Le mélange est pris par des pompes centrifuges et refoulé dans de vastes bassins de décantation, où le précipité formé se rassemble à la partie inférieure,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tandis que l'eau, parfaitement claire, prise à la partie supérieure, s'écoule d'une façon continue.

Le tableau ci-dessous montre les résultats obtenus :

Eau de l'Espierre.

	ÉCHANTILLON PRIS A 8 H. 30 DU MATIN.		ÉCHANTILLON PRIS A 3 H. DU SOIR.	
	Eau brute.	Eau épurée avec 1 kilog. de sulfate ferrique par m. c.	Eau brute.	Eau épurée avec 0 k. 450 de sulfate ferrique par m. c.
	Grammes.	Grammes.	Grammes.	Grammes.
Résidu par litre.	5,75	2,10	3,20	1,06
Résidu minéral par litre.	1,95	1,80	1,60	0,91
Matières grasses par litre.	2,08	0	0,72	0
Matières organiques en solution évaluées en acide oxalique cristallisé par litre	1,35	0,22	1,10	0,12
Poids du précipité sec obtenu par l'épuration, par litre.	»	4,29	»	1,90

On élimine donc ainsi la totalité des matières en suspension et les 9 dixièmes environ de matières organiques dissoutes.

L'eau est rejetée parfaitement claire, incolore, neutre, imputrescible.

Les résidus obtenus dans l'épuration sont volumineux et abondants.

Ils se rassemblent, dans les bassins, sous forme d'une boue épaisse.

Quand les bassins sont pleins de boue, on les met hors de service et on les vide.

L'opération se fait sans difficulté; ces boues étant fluides (elles renferment environ 90 p. 100 d'eau) elles peuvent être enlevées au moyen de pompes.

Elles sont essorées dans des bassins creusés dans le sol, ou au moyen d'appareils mécaniques, tels que filtres-presses.

On obtient ainsi un produit solide, facilement transportable à 40 p. 100 d'eau environ.

1 mètre cube d'eau fournit de 2 à 5 kilog. de résidu à l'état sec.

Ces boues, qui renferment des produits utilisables, peuvent être écoulées complètement, ce qui est indispensable pour permettre un fonctionnement régulier et continu.

Elles contiennent, en effet, des matières grasses et des matières azotées qu'on peut séparer par un traitement convenable et écouler dans le commerce.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Voici la composition moyenne de ces boues d'épuration de l'eau de l'Espierre, après dessiccation obtenue à l'usine de Grimompont :

Composition des boues d'épuration des eaux de l'Espierre.

Eau	20,90 p. 100
Résidu minéral (sable, argile, peroxyde de fer)	30,63 —
Matières grasses	30,00 —
Matières organiques azotées	18,47 —
	100,00 —

En traitant ce produit par le sulfure de carbone, on enlève la matière grasse et il reste une poudrette azotée, à 3 p. 100 d'azote environ, que nous pensons pouvoir écouler en agriculture.

Quant à la graisse ainsi obtenue, il est à remarquer que sa composition est assez différente de celle des graisses extraites directement des eaux de lavage des laines qui ont peu de valeur.

Elle renferme, en effet, outre la graisse de la laine, la matière grasse des savons et les graisses ménagères, qui l'améliorent sensiblement, et il est facile d'en tirer parti.

Nous en avons fait traiter une certaine quantité dans une grande stéarinerie du Nord.

Il suffit de la soumettre à une saponification sulfurique, puis à une distillation dans la vapeur d'eau surchauffée pour obtenir une série de produits qui peuvent être utilisés, en partie en stéarinerie, en partie en savonnerie, en partie comme huile de graissage.

Ce ne sont encore pas des produits de première qualité, mais leur écoulement peut être assuré à un prix rémunérateur.

La quantité de sulfate ferrique nécessaire pour épurer l'eau de l'Espierre varie de 400 gr. à un kilog. au maximum par mètre cube; ce qui met le prix de l'épuration entre 2 et 4 centimes le mètre cube.

Mais il ne faut pas perdre de vue que les eaux de l'Espierre sont des eaux exceptionnellement chargées, et il faut tenir compte que la vente de la poudrette azotée et des graisses couvrira une partie et peut-être même la totalité des frais de l'épuration.

Il résulte de cette expérience que par le sulfate ferrique il est possible d'épurer convenablement, et d'une façon continue, de grands volumes d'eau d'égout même très impures, sans entraîner à des dépenses considérables.

L'opération est très pratique, ne présente aucun inconvénient. Les résidus qu'elle fournit peuvent être écoulés d'une façon continue et sont susceptibles d'être mis en valeur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

A tous les égards, ce procédé présente de sérieux avantages.

Les eaux de l'Espierre étant d'une composition toute spéciale, nous avons cru devoir étudier l'action du sulfate ferrique sur les eaux d'égout proprement dites.

Je vous citerai seulement les résultats obtenus avec l'eau d'égout de la ville de Paris.

Ici je ne puis vous donner qu'une expérience de laboratoire, mais nous pourrons néanmoins en tirer quelques conclusions.

Grâce à la complaisance de M. Charles Girard, directeur du Laboratoire municipal, nous avons pu obtenir un échantillon de ces eaux.

Cet échantillon a été pris le 24 novembre dernier, vers neuf heures du matin, dans l'égout collecteur de la rive droite, à environ 300 mètres avant l'arrivée en Seine.

Il n'avait pas plu depuis au moins trois jours.

L'eau des égouts de Paris tient en suspension un abondant dépôt assez lourd, formé de matières terreuses et de matières organiques.

Ce dépôt se rassemble facilement, et pourrait être séparé, en grande partie et sans difficulté, dans un bassin de décantation.

On recueille ainsi par mètre cube $1^{kil},053$ de produit renfermant 1,08 p. 100 d'azote.

Il nous a fallu, pour épurer cet échantillon d'eau, 100 gr. de sulfate ferrique par mètre cube.

Le précipité formé est volumineux ; il se dépose rapidement et l'eau décantée est claire, limpide, sans odeur.

L'épuration est aussi complète qu'on peut le désirer : c'est ce que montre l'analyse.

Avant l'épuration, l'eau renferme en dissolution $0^{gr},600$ de matières organiques par litre, et après l'action du réactif, seulement $0^{gr},065$.

On élimine donc environ les 9 dixièmes de matières organiques en dissolution et la totalité des matières en suspension.

Il faut ajouter que ces résultats ont été obtenus avec de l'eau vieille, déjà fermentée ; elle avait traîné plusieurs jours en route : ce sont de mauvaises conditions.

On a toujours de meilleurs résultats avec les eaux fraîches traitées immédiatement.

Le précipité formé par le sulfate ferrique pèse, après dessiccation, $0^{kil},318^{gr}$ par mètre cube et renferme 2,18 p. 100 d'azote.

Si nous prenons ces résultats comme base et comme volume 400 000 mètres cubes d'eau à épurer par jour, l'épuration fournirait :

422 000 kilog. de boues naturelles riches et 127 000 kilog. de boues

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ferriques par jour, soit un total de 550000 kilog. de résidu sec par vingt-quatre heures.

C'est ce que l'on jette actuellement tous les jours dans la Seine.

En comptant ces boues avec 50 p. 100 d'eau environ, on arrive au chiffre de 1 million de kilog. de boues à éliminer par jour, ce qui se ferait cependant sans peine par bateaux.

Ces produits renferment, on l'a vu, de l'azote, la quantité énorme de 8 à 10 000 kilog. par jour, ce qui leur donne une certaine valeur.

Grâce à cette circonstance, on est assuré de s'en débarrasser; on trouverait facilement preneur, peut-être à un prix très faible il est vrai, mais qui diminuerait d'autant les frais de l'épuration.

Ces résidus d'épuration par le sulfate ferrique renferment, en effet, environ 1,5 p. 100 d'azote.

Le procédé serait ici plus simple qu'à l'Espierre, en ce sens que les boues ne renfermant que des traces de matières grasses, le traitement par le sulfure de carbone serait inutile.

Voyons maintenant quel serait le prix du traitement.

Le réactif coûterait un peu moins d'un demi-centime par mètre cube, soit le quart de ce que coûtait le sulfate d'alumine employé par M. Durand-Claye.

J'estime qu'il faudrait au maximum 6 à 700 000 francs de sulfate ferrique par an. C'est évidemment une grosse dépense, mais il est certain que la ville de Paris devra, en tous cas, faire de gros sacrifices pour arriver à un résultat.

Du reste, que coûtera le procédé par l'irrigation?

L'achat des immenses terrains nécessaires pour l'application de ce système et les travaux importants qu'il exigera représentent un gros capital, dont l'intérêt dépassera probablement 700 000 francs.

Le procédé par le sulfate ferrique, tout en donnant entière satisfaction au point de vue de l'épuration, ne demanderait pas une installation aussi vaste, et son fonctionnement serait plus pratique.

Il faudrait évidemment une usine avec des bassins de décantation relativement vastes, mais je vous rappelle qu'on peut épurer par jour, à Roubaix, 40 000 mètres cubes d'une eau beaucoup plus chargée.

Est-il impossible de construire à Paris une usine dix fois plus grande ou deux usines seulement cinq fois plus grandes, l'une pour le collecteur de la rive droite, l'autre sur la rive gauche?

Je ne le crois pas.

Du reste, Messieurs, je n'ai pas la prétention de vous apporter un projet d'épuration des eaux de Paris par le sulfate ferrique.

J'ai voulu simplement attirer votre attention sur un progrès important qui vient d'être réalisé dans l'épuration des eaux par les procédés chimiques. Ces

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

procédés avaient été complètement abandonnés, à cause de leur prix élevé.

Je pense qu'il y a lieu d'y revenir, au moins de les essayer à nouveau.

J'ai la conviction que le sulfate ferrique, par la modicité de son prix, est appelé à rendre les plus grands services, pour l'épuration des eaux.

Les résultats remarquables qu'il a fournis à l'usine de Grimompont sur les eaux d'égout des villes de Roubaix et de Tourcoing ne laissent aucun doute à cet égard.

ARTS CHIMIQUES

RAPPORT *fait par* M. DE LUYNES, *au nom du Comité des Arts chimiques sur les* COULEURS VITRIFIABLES AU GRAND FEU DE FOUR *de* M. ÉDOUARD PEYRUSSON, *de Limoges*.

Messieurs, vous avez chargé votre Comité des Arts chimiques de vous rendre compte des résultats obtenus par M. Édouard Peyrusson dans la fabrication de couleurs et émaux de grand feu de four destinés à la décoration de la porcelaine dure.

Les couleurs vitrifiables se composent de deux parties : un composé métallique qui donne la couleur, et un flux vitreux ou fondant qui détermine son adhérence à l'excipient en lui donnant le glacé nécessaire.

Les couleurs employées pour décorer la porcelaine, sous le nom de couleurs de moufle tendres, sont très fusibles : elles cuisent à basse température et sont seulement fixées sur la couverte à la surface de laquelle elles forment une sorte de relief. Elles ont une dureté beaucoup plus faible que celle de la couverte ; aussi sont-elles surtout employées à la décoration des objets de fantaisie plutôt qu'à celle des produits destinés aux usages domestiques.

Des tentatives très intéressantes ont été faites pour obtenir des couleurs cuisant à une température plus élevée, et présentant plus de résistance à l'usure. Il faut citer le bleu de Sèvres, les recherches importantes de M. Halot sur les couleurs au grand feu sous couverte, et sur un rose à base de manganèse dont il a tiré grand parti. Mais on n'était arrivé à obtenir qu'un nombre très restreint de couleurs d'une tonalité un peu sombre. En effet, les oxydes colorants qui entrent dans la composition des couleurs vitrifiables se détruisent à une température élevée et toute coloration disparaît.

M. Peyrusson s'est proposé d'obtenir des couleurs et émaux capables

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de s'appliquer sur la porcelaine dure cuite et de s'y fixer par une seconde cuisson dans le four, de la même façon, à la différence de température près, que les couleurs tendres de moufle. Il a donc cherché à préparer le composé colorant et le fondant qui constituent la couleur, dans des conditions permettant à celle-là de résister à la haute température qu'elle devait subir.

La base de ses fondants est la couverte même de la porcelaine, c'est-à-dire la pegmatite additionnée de quartz. Mais de même que cette couverte destinée à la porcelaine est modifiée par addition de quartz au gré de chaque fabricant, M. Peyrusson corrige les propriétés de la couverte qu'il emploie en la mélangeant avec des bases terreuses telles que la chaux, la glucine, etc.

Quant aux produits colorants, on peut dire qu'ils ont eu pour point de départ des composés analogues au rubis artificiel qui conserve sa teinte rouge à la haute température à laquelle il se produit. M. Peyrusson emploie surtout des combinaisons à base de chrome, de tungstène, de titane, etc.

Ces couleurs broyées sont employées au pinceau à la manière ordinaire et les pièces qu'elles recouvrent sont placées dans le four à côté même de la porcelaine qui va subir sa première cuisson.

Les objets présentés à la Société par M. Peyrusson montrent une série de couleurs riches et variées qui prouvent qu'il possède une palette déjà bien assortie. Il faut surtout citer le rouge, le brun de diverses nuances, le vert émeraude, le jaune, le bleu déjà obtenu avant lui et d'autres nuances composées. Toutes ces couleurs sont bien glacées, et font corps avec la couverte, comme cela se produit pour les couleurs de porcelaine tendre. Elles possèdent la même dureté et par suite la même solidité que la couverte elle-même.

M. Peyrusson s'est livré à la recherche des couleurs et émaux de grand feu depuis près de vingt-cinq ans. Il a présenté aux différentes expositions ses résultats au fur et à mesure qu'il les obtenait, ses produits ont toujours été très remarqués et lui ont valu la médaille d'or à l'Exposition des Arts décoratifs en 1884, la médaille d'argent à l'Exposition universelle de 1889. Le prix de revient de ces couleurs est un peu supérieur à celui des couleurs tendres ; l'augmentation est de 1 fr. 50 environ pour une douzaine d'assiettes ; ce qui est peu de chose en regard des avantages obtenus. Aussi l'usage de ces couleurs est-il entré dans la pratique. Plusieurs fabriques de Limoges les emploient et annoncent même la vente des objets décorés par les nouveaux précédés et couleurs de M. Peyrusson. Votre Comité des Arts

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

chimiques vous propose, Messieurs, d'adresser des félicitations à M. Peyrusson, de le remercier de son intéressante présentation et de voter l'insertion du présent rapport au *Bulletin*.

Signé : DE LUYNES, *rapporteur*,

Approuvé en séance le 14 *avril* 1893.

ARTS ÉCONOMIQUES

RAPPORT *fait par* M. C. BARDY, *au nom au Comité des arts économiques, sur le* RÉCHAUD A ALCOOL *de* M. ALLAIN.

L'emploi de l'alcool pour le chauffage domestique a pris depuis quelques années une extension considérable. L'alcool dénaturé livré au commerce est un combustible d'un usage extrêmement commode qui, malgré son prix relativement élevé, trouve sa place dans presque tous les ménages; malheureusement les substances dénaturantes, très volatiles, qu'on est forcé d'y ajouter pour obtenir la modération des taxes frappant l'alcool de consommation, ont pour résultat de provoquer souvent de petites explosions dans les lampes où l'on brûle l'alcool au moment de leur allumage. Lorsque ces accidents se produisent sur des récipients de forte contenance, ils peuvent déterminer des projections de liquide et occasionner des accidents.

Pour que l'emploi de l'alcool dénaturé prenne toute son extension dans les applications domestiques, il est de toute nécessité de perfectionner les lampes, d'une part pour leur assurer un fonctionnement exempt de tout danger et, d'autre part, pour arriver à faire produire à l'alcool le maximum de chaleur qu'il est susceptible de fournir.

La lampe imaginée par M. Allain donne une solution assez intéressante du problème.

Les modifications apportées par l'inventeur portent à la fois sur le mode d'emmagasinage du liquide et sur le dispositif nécessaire pour en opérer la combustion.

M. Allain, mettant à profit la faculté d'imbibition extrêmement grande que possède la ouate cardée, a rempli complètement de cette substance le récipient destiné à contenir l'alcool, en sorte que, lorsqu'on vient à en opérer le remplissage, le coton absorbe la totalité du liquide et que la lampe peut être ensuite renversée dans toutes les positions sans que l'alcool puisse

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

s'échapper. C'est là un premier avantage; mais l'emploi de la ouate a un autre but, encore plus utile : comme elle occupe toujours la totalité de la capacité du récipient, il ne peut plus se produire, au fur et à mesure de la combustion, de chambre vide dans laquelle viennent s'accumuler les vapeurs des corps très volatils employés pour la dénaturation, lesquels, mélangés avec l'air rentré pendant la combustion, forment très souvent des mélanges détonants. Il n'y a donc plus de possibilité d'explosions lors de l'allumage ultérieur.

Ces résultats sont obtenus sans que les dimensions de la lampe soient sensiblement augmentées en raison même de la faculté d'imbibition de la ouate.

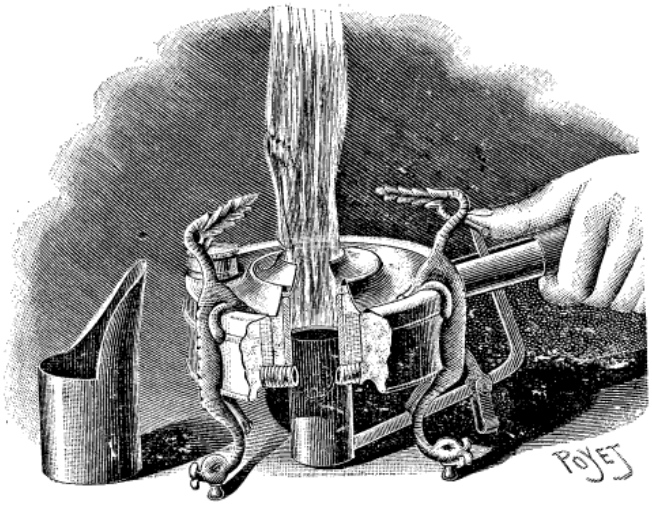


Fig. 1.

La seconde modification relative à la construction du brûleur est aussi très ingénieuse.

Au centre du réchaud se trouve pratiqué un orifice circulaire destiné à recevoir la mèche. Celle-ci est constituée par un carton d'amiante roulé sur lui-même de manière à produire un tube du diamètre de l'orifice dans lequel il se trouve inséré, c'est la mèche proprement dite. Elle n'est pas en contact immédiat avec le coton imbibé d'alcool, elle s'en trouve séparée par un matelas d'amiante en poudre contenu dans une toile métallique à larges mailles, roulé autour du carton d'amiante. Cette poudre d'amiante, facilement traversée par l'alcool, assure à toutes les parties du cylindre en carton, constituant la mèche, une alimentation régulière et par sa mauvaise conductibilité s'oppose à ce qu'une vaporisation trop énergique puisse se produire sur un point quelconque de sa surface.

A l'intérieur du cylindre d'amiante glisse verticalement un tube métallique pouvant, suivant la position qu'il occupe, obturer plus ou moins la surface de la mèche et régler par suite l'intensité de la flamme.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ce régulateur est manœuvré par un levier coudé dont la poignée traverse le manche du réchaud en y prenant son point d'appui. Il aboutit sous le pouce de la personne qui tient l'appareil.

En abaissant le levier, on fait glisser le tube et on découvre la mèche, en le relevant, au contraire, on relève le cylindre métallique et on diminue la hauteur de la flamme. En fin de course, le tube métallique vient s'appliquer sur l'orifice supérieur de l'ouverture pratiquée dans le réchaud, intercepte toute communication avec l'air, en sorte que la lampe s'éteint sans qu'on ait besoin de souffler la flamme.

Dans cette position du levier, la lampe se trouve également suffisamment obturée pour que l'évaporation du liquide ne puisse se produire rapidement; elle n'a donc pas besoin de bouchon de fermeture.

La construction adoptée par M. Allain donne à la flamme une forme

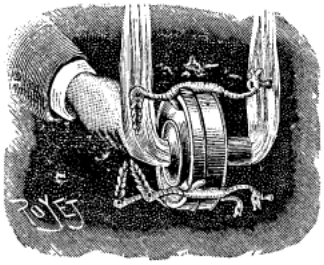


Fig. 2.

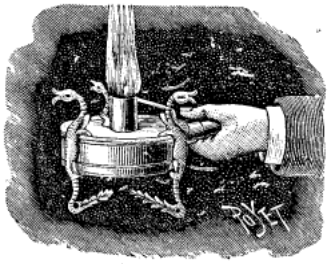


Fig. 3.

annulaire éminemment propre à assurer une combustion rapide et complète de l'alcool. Aussi, grâce au courant d'air central, peut-on obtenir une utilisation très rationnelle du liquide et produire une flamme très chaude.

Comme la totalité du liquide est toujours absorbée par la ouate, la lampe peut fonctionner dans toutes les positions sans qu'aucun renversement de liquide puisse s'opérer, c'est là un des plus sérieux avantages du brûleur Allain.

Le remplissage de la lampe s'opère par un orifice fermé par un bouchon à vis. Une spirale en fer, contournée autour du cylindre en poudre d'amiante, permet au liquide de se répandre dans la masse du coton, afin d'être rapidement absorbé. Une mesure jointe à l'appareil permet de ne verser que la quantité d'alcool nécessaire au remplissage,

La construction de cette lampe est rationnelle, son mécanisme est rustique et peu sujet au dérangement, il n'est pas susceptible d'être détérioré par le fonctionnement, et sa simplicité est assez grande pour que la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nouvelle lampe puisse être économiquement construite. Dans ces conditions la lampe Allain semble devoir trouver facilement sa place dans les ménages où elle rendra d'utiles services.

Votre Comité des Arts économiques vous propose, en conséquence, d'adresser des remerciements à M. Allain pour son intéressante communication et de voter l'insertion du présent rapport au *Bulletin* avec les dessins nécessaires pour en rendre la construction et le mode de fonctionnement bien compréhensibles.

Signé : C. Bardy, *rapporteur.*

Approuvé en séance, le 10 *février* 1893.

ARTS MÉCANIQUES

EXPÉRIENCES SUR LA TRANSMISSION DE LA CHALEUR AU TRAVERS DES PLAQUES TUBULAIRES DES CHAUDIÈRES A VAPEUR, PAR SIR A.-J. DURSTON, INGÉNIEUR EN CHEF DE LA MARINE ANGLAISE (1).

La question de l'application du vent forcé aux chaudières marines est, comme on le sait, à l'ordre du jour, et des plus importantes; car, si les principes et les avantages généraux de cette application sont, dès aujourd'hui, bien établis, elle n'en présente pas moins certaines difficultés de détail dont les solutions sont encore très discutées, notamment en ce qui concerne l'usure et les fuites des plaques tubulaires et des tubes. Aussi croyons-nous utile de présenter aux lec-

(1) Documents à consulter sur le vent forcé et les fuites tubulaires.

Vent forcé. — Howden, Brevets anglais 2789 de 1882 et 8 de 1883. — Mémoires lus aux *Naval Architects*, en mars 1884 et 1886. — *Engineering*, 8 mars 1891, p. 551; installation du *City of Paris*.

Engineering, 2 juillet 1886, p. 18; 18 nov., 2 et 23 déc. 1892, p. 635, 12 704 et 795; 19 et 26 mai 1893, p. 677, 699 et 754.

The Engineer, 17 janvier, 4 avril, 10 oct., 7 nov., 5 déc. 1890, p. 53, 281, 295, 379, 460; 6 fév. 1891. p. 104; 12 fév. 92, p. 135; 7 fév., 31 mars 1883, p. 146 et 266.

Société des Ingénieurs civils; mars 1890, *Note sur le tirage forcé*, par Demoulin.

Génie civil, 5 sept. 1885, p. 297.

Inst. of Naval Architects, mars 1888 : Mémoire de Fothergill.

North East Coast. Inst. of. Engineers and Shipbuilders, février 1888, mars 1886 : Mémoires de Spence Patterson et Sandison.

Meldrum, *the Engineer*, 27 juin 90, p. 505.

Ferrules, fuites tubulaires, *Engineering*, 20 mai, 2, 16 et 23 déc. 92, p. 625, 705; 760 et 795; 24 fév., 24 mars, 14 avril et 26 mai 1893, p. 225, 344, 440 et 749.

Ferrules, Abercrombie, *Engineering*, 24 mars 93, p. 344. — Benbow, id., 11 nov. 92, p. 613. Cabena, id., 4 nov, 1892, p. 581. — Cowper, id., 23 déc. 92, 6 janv. 1893, p. 795 et 23. — Hovig, *the Engineer*, 22 juillet 1892, p. 68. — Humphry et Amirauté, id., 8 juillet 92, p. 37. — Watt, *Engineering*, 31 mars 1893, p. 391. — Wilson, id., 10 mars 1393, p. 283.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

teurs du *Bulletin* un compte rendu détaillé du remarquable mémoire que M. Durston a lu tout récemment sur ce sujet à l'Institution des *Naval Architects* d'Angleterre (1).

Ce mémoire peut se diviser en deux parties.

La première partie, purement expérimentale et des plus importantes, viendra s'ajouter utilement aux travaux analogues déjà publiés dans notre *Bulletin*, notamment à ceux de MM. Hirsh, Yarrow (2) et Kirtk (3).

La seconde partie, rend compte des nombreux essais exécutés par l'amirauté pour empêcher les fuites aux plaques tubulaires, et conclut à ce que la virole protectrice adoptée par l'amirauté aurait presque complètement résolu la question. Cette conclusion a, comme on le verra d'après la discussion qui a suivi le mémoire de M. Durston, paru beaucoup trop optimiste à la plupart de ses auditeurs, et nous pensons aussi que la pratique ne s'est pas suffisamment prolongée sur ce point.

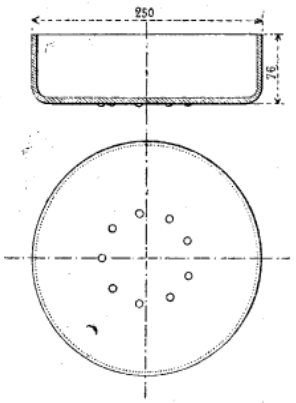


Fig. 1.

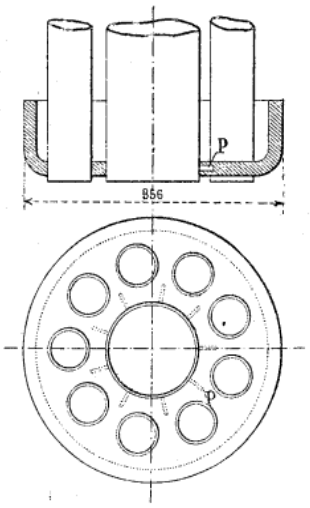


Fig. 2.

Les recherches de M. Durston ont été poursuivies pendant ces dernières années à Davenport, et elles se poursuivent encore aujourd'hui. La première série de ces expériences, commencée, en 1890, a porté sur les principaux points suivants :

1° *Détermination de la température du côté chauffé d'une plaque transmettant de la chaleur à de l'eau bouillante.*

On chauffait (fig. 1) avec une flamme de Bunsen, à la température de 800 degrés environ, une marmite en tôle de 250 millimètres de diamètre, 76 millimètres de profondeur sur 6 millimètres d'épaisseur, à moitié pleine d'eau, et ayant son fond garni de bouchons fondants entre des températures variant de 104 à 121 degrés.

Après un certain temps d'ébullition, les plombs à 116 degrés étaient fondus, et

(1) « Some Experiment of the Transmission of Heat, through Tubeplates. » *Engineering*, 31 mars 1993, p. 373 et 394.

(2) *Bulletin* d'août 1891, p. 427.

(3) *Engineering*, 15 juillet 1892.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ceux à 118 degrés à peine ramollis. On en concluait que la température du côté chauffé de la tôle atteignait environ 116 degrés.

On étendit ensuite à l'intérieur de la marmite, sur une épaisseur d'environ $0^{mm},7$, une couche de graisse prélevée dans une chaudière marine nouvelle : et cela suffit pour que la température de la paroi chauffée s'élevât à 166 degrés, ou montât de 50 degrés. Ce résultat fut confirmé par de nombreuses expériences.

2° *Détermination de la température au milieu de l'épaisseur d'une tôle semblable à une plaque tubulaire chauffée au vent forcé.*

On soumit à un feu de forge de 1100 degrés environ une plaque de tôle d'acier de 20 millimètres d'épaisseur, emboutie et remplie d'eau, avec bouts de tubes d'acier disposés comme l'indique la figure 2, et mandrinés comme d'habitude.

L'expérience durait environ une demi-heure, en renouvelant l'eau à mesure qu'elle se vaporisait. Le fond de la tôle était garni au milieu de son épaisseur de plombs p de 5^{mm}, de diamètre. Ceux à 145 degrés fondaient, ceux à 170 ne changeaient pas. On en conclut que la température au milieu de l'épaisseur de cette tôle variait de 145 à 170 degrés, c'est-à-dire, qu'elle était toujours supérieure à celle de la face chauffée de l'expérience précédente, avec une flamme à 800 degrés seulement.

3° *Détermination de la température de la plaque tubulaire à laquelle il commence à se produire une surchauffe nuisible, c'est-à-dire, telle qu'elle fasse fuir les tubes.*

On construit pour cette détermination la petite chaudière représentée par la figure 3, avec 24 tubes de 63 millimètres de diamètre et une plaque tubulaire en acier de 10 millimètres d'épaisseur. Il y avait 8 tubes en laiton, 7 en acier, 9 en fer, disposés par groupes de trois : un de chaque métal, de manière à égaliser autant que possible leurs conditions. On mit dans la chaudière un volume d'eau tel, qu'après une vaporisation complète, la pression y atteignit 7 atmosphères, avec soupape de sûreté empêchant la vapeur surchauffée de dépasser cette pression.

On plaça la chaudière verticalement sur un feu de forge, et on chauffa continuellement jusqu'à ce que la plaque tubulaire fût portée au rouge vers 750 degrés, sous la pression de 7 atmosphères. Après refroidissement, tous les tubes fuyaient sans exception de manière qu'il fut impossible de tenir la pression.

On répéta l'expérience en insérant dans la plaque des plombs p, fusibles à 330 degrés, et en enlevant la chaudière dès leur fusion : après quoi, la chaudière supportait sans fuites une pression d'eau de 14 kilos. Avec des bouchons en zinc, et sous une pression de $5^{kil},6$, les tubes de fer subirent parfaitement, après refroidissement, la pression d'eau de 14 atmosphères; ceux d'acier et de laiton donnant lieu à des fuites légères. On en conclut que les plaques tubulaires peuvent être surchauffées jusqu'à la température de fusion du zinc (390°) sans fuites appréciables aux tubes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

4° *Détermination de la perte du rendement de la surface de chauffe due à un léger dépôt de graisse.*

On coupa en deux un tube prélevé sur une chaudière marine nouvelle, et on l'engagea dans l'appareil représenté en figures 4 et 5.

Cet appareil consiste en un bac rectangulaire rempli d'eau, avec garnitures B, pour recevoir les tubes *t*, chauffés à l'intérieur par un brûleur de Bunsen horizontal C. Les expériences démontrèrent que la mince couche de graisse déposée sur les tubes pendant l'essai du navire abaissait de 8 à 15 p. 100 — en moyenne de 11 p. 100 — l'efficacité ou la conductibilité de leur surface de chauffe.

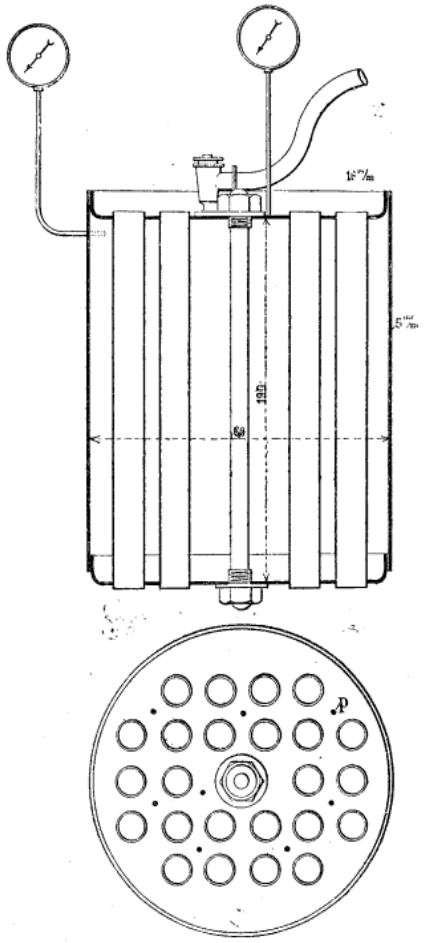


Fig. 3.

En 1892, on reprit sur une plus grande échelle, et comme il suit, quelques-unes des expériences précédentes.

5° *Température des tubes pendant l'ébullition de l'eau à l'air libre.*

Avec une marmite plus grande que celle de la figure 1, — diamètre 0^{m},60, profondeur 65 millimètres, épaisseur 6 millimètres (fig. 6) placée sur un feu de forge violent, on obtient, pour la température de la face chauffée, suivant la pureté de l'eau, les résultats suivants :

	Températures de la face chauffée.	Températures du feu.
Eau pure	138°	1190°
— avec 5 p. 100 de pétrole	155	1270
— — 2,5 p. 100 de paraffine	165	1150
— — 2,5 p. 100 d'essence de méthyle	150	1360
— — une couche de graisse de 1^{mm},5 sur le fond (1).	plus de 280	1360

6° *Température des tubes sous diverses conditions, avec de l'eau bouillant à une température supérieure à* 100°.

(1) Cette température varie beaucoup avec l'épaisseur du dépôt et la nature de la graisse.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On se servit, pour ces expériences, de la chaudière fermée représentée en fig. 7. Les principaux résultats furent les suivants :

	Températures de la face chauffée.	Températures de l'eau.	Différences.
(*a*) *Avec de l'eau pure.*			
Sur un brûleur de Bunsen.	220°	184°	36°
Sur un feu de forge violent.	220	174	46
(*b*) *Avec une couche de graisse.*			
Sur feu de forge : couche de 2mm,5	265	182	83
Id. avec graisse plus sèche ou terreuse.	285	177	108
Id. avec graisse sur le fond et les côtés (1). . .	320	27	293

7° *Allure des tubes de différents métaux.*

Des expériences répétées comme au n° 3, avec l'appareil fig. 3 et une plaque de 16 millimètres d'épaisseur, ont confirmé la supériorité des tubes de fer et

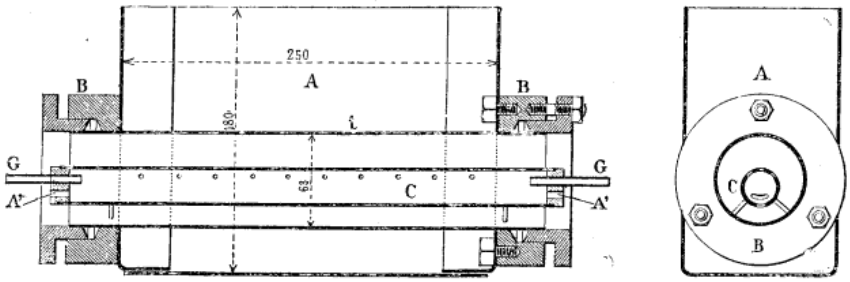


Fig. 4 et 5.

A, bac rempli d'eau, avec garnitures BB, recevant un tube de chaudière *t*, chauffé à l'intérieur par un brûleur de Bunsen, avec admission de gaz en GG et d'air en AA'.

d'acier sur ceux en laiton et, en cuivre, qui ne peuvent supporter même la température de fusion du zinc, d'environ 325°.

8° *Influence de la pression sur la différence entre la température de l'eau et celle de la face chauffée des tôles.*

Des expériences exécutées avec l'appareil représenté en fig. 7 ont démontré que la température de l'eau aux pressions élevées n'augmente pas sensiblement cette différence.

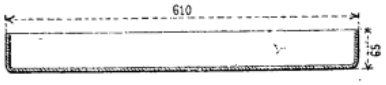


Fig. 6.

9° *Expériences pour déterminer la température au milieu de l'épaisseur d'une plaque tubulaire dans une chaudière expérimentale à cendrier fermé, sous une pression d'air modérée.*

La chaudière qui servit à ces expériences est représentée par la fig. 8. La pla-

(1) Couche de 1mm,2 d'épaisseur jusqu'à 25 millimètres du niveau de l'eau. La température de 320° fut atteinte en trois minutes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que tubulaire est boulonnée de façon qu'on puisse la changer facilement. On avait disposé radialement, et au milieu de l'épaisseur de la plaque, dans chacun des cinq trous des tubes n° 10, 14, 28, 45 et 59 (fig. 10), quatre témoins en plomb A (fig. 12) fondant aux températures indiquées (fig. 14).

On fit d'abord un essai de deux heures avec cendrier fermé, dans les conditions suivantes.

	Moyennes.	Maximum.
Pression de la vapeur	10^{k},15	10,50
— de l'air au cendrier	7^{mm},6	12^{mm},5
Températures (1) au foyer	1560°	1690
— au milieu des tubes	835	975
— à la boîte à fumée	755	865
Charbon par heure et par mètre carré de grille	146^{kil}	
Eau vaporisée par mètre carré de tube et de plaque tubulaire	22^{kil},50	

Ainsi qu'on le voit, la température ne dépassa pas 1560° au foyer, et, dans la vapeur, tous les témoins de 180 à 255° furent fondus; ceux de 280° et au-dessus ne furent pas atteints. Deux, à 270 et 275°, commencèrent à fondre tout auprès des tubes. Il semble donc que la température au milieu de l'épaisseur de la plaque n'a pas dépassé 280°, et qu'elle ait atteint 275° à quelques jonctions des tubes.

10° *Continuation des expériences précédentes avec vent forcé et cendrier fermé.*

Avec la chaudière disposée comme précédemment, les flammes sortaient du foyer à chaque chargement, à moins que l'on n'arrêtât le vent; pour éviter cet inconvénient et augmenter le vent, on reprit les expériences avec cette même chaudière enfermée dans une chambre étanche et soufflée par un ventilateur plus puissant.

On ajouta aux témoins précédents des plombs fusibles B, disposés, comme en fig. 13, à la surface de la plaque tubulaire.

On exécuta dans ces conditions quatre séries d'expériences, dont les résultats moyens ont été les suivants :

N° des expériences	1	2	3	4
Durée	5^{h}	5	5	3^{h},5/6
Pression de la vapeur	10^{k},15	10	10	10,12
— du vent au cendrier	75^{mm}	75^{mm} (2)	75	73
Charbon par mètre carré de grille et par heure	439^{k}	490	412	
Eau vaporisée par heure et par mètre carré de tubes de plaques tubulaires	62^{k}	64	55	58
Températures au foyer	1500°	1360	1690	1750
Pétrole employé			4^{k}	2^{k},25
— en tant p. 100 de l'eau			0,07	0,05

(1) Mesurées au moyen du pyromètre Le Chatelier.
(2) Pendant les deux premières heures, puis 90 millimètres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pendant le premier essai de cinq heures, avec une pression d'air de 75mm, tous les plombs de face, jusqu'à 370°, furent fondus. Quatre de ces témoins, en antimoine, point de fusion 570°, restèrent intacts.

Au second essai, on avait disposé les témoins de face comme en figure 14 *bis* : un d'antimoine (570°), deux de zinc (400°), et deux fondant à 365°. Les cinq d'antimoine et trois zincs résistèrent aux tubes 14, 45 et 90, et tous les autres furent fondus.

Au troisième essai, ne différant du second que par l'addition de 0,07 p. 100 de pétrole à l'eau d'alimentation, tous les plombs furent fondus sauf les cinq d'antimoine et un de zinc, au tube 45, de sorte que la plaque tubulaire a certainement dépassé la température de fusion du zinc.

Au quatrième essai, on ajouta 0,05 p. 100 de pétrole sans nettoyer la chaudière. Après 3 heures 50 minutes, les tubes cédèrent pendant qu'on nettoyait le feu. Aux tubes les plus chauds : nos 10, 14 et 28, tous les zincs étaient fondus, et même en partie l'antimoine, aux tubes 14 et 28. La température de la plaque était donc, du moins vers la fin de l'essai, voisine de 570°, point où les tubes cédèrent après avoir résisté, précédemment, à 400°. Quant aux témoins placés au milieu de l'épaisseur de la plaque, en alliages de fusions allant de 250° à celle du zinc, tous étaient fondus sauf les zincs aux tubes 14 et 28, de sorte que la température, au cœur de la plaque et auprès de ces tubes, se trouvait entre 360 et 400°.

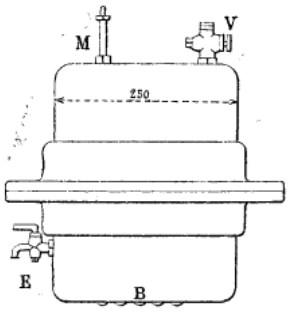


Fig. 7.

M, manomètre; V, sortie de vapeur; E, sortie d'eau; B, plombs fusibles.

11° *Comparaison entre les tubes en fer de Lowmoor et en acier en ce qui concerne les fuites.*

Des expériences exécutées comme les précédentes, avec les tubes disposés comme en fig. 11, de manière à égaliser les situations respectives du fer et de l'acier, n'ont constaté aucune supériorité en faveur des tubes en fer, et comme, d'autre part, les tubes d'acier subissent un travail de laminage plus à fond que les tubes de fer, la préférence qu'on leur accorde en général paraît parfaitement justifiée.

12° *Effets de la graisse dans les chaudières.*

A Portsmouth, l'avant des foyers d'une chaudière marine s'écrasa peu de temps après l'emploi expérimental d'une eau graisseuse. A Davenport, on constata le même phénomène sur les joints Adamson d'un foyer. La pratique journalière des chaudières marines ne fait que confirmer les dangers de la graisse, démontrée d'ailleurs surabondamment par les expériences qui précèdent.

13° *Détermination de la température en divers points le long d'un tube de chaudière marine ordinaire.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les expériences nécessaires à cette détermination furent exécutées à Keyham Yard sur une chaudière marine ordinaire, fig. 15 à 18, à deux foyers, avec 166

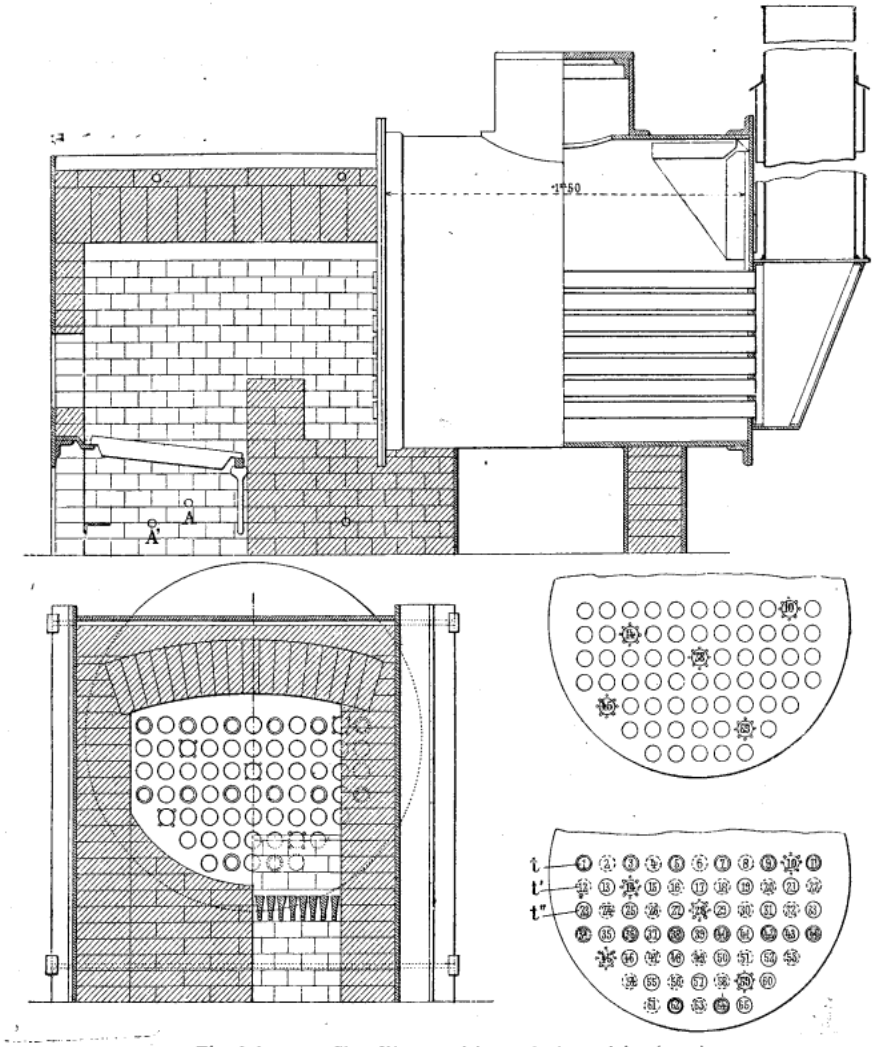


Fig. 8 à 11. — Chaudière expérimentale à cendrier fermé.

Surface de chauffe des tubes	19 mq.	80
— — — des plaques tubulaires	0	98
— — — totale	20	78
— de grille	0	580
Poids de l'eau dans la chaudière	1109 kg.	

A manomètre; A', entrée du vent; *t*, 14 tubes d'acier, entretoises; *t'*, 27 tubes de fer; *t"*, 24 tubes d'acier.

tubes à retour de flammes de 70mm de diamètre extérieur et de 2m,00 de long entre les plaques. Les températures étaient mesurées au moyen d'un pyromètre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

thermo-électrique Le Chatelier disposé comme l'indique la figure 15, dans deux tubes d'une rangée centrale au-dessus du haut d'un des foyers représentés en noir, fig. 16. On marchait en allure normale avec une dépense de 83 kil. de charbon par mètre carré de grille et par heure.

La moyenne des résultats représentée par le graphique fig. 19 a été la suivante :

Températures dans la chambre de combustion.		890
— à l'entrée du tube.		836
— à 25mm de l'entrée.		790
— — 50 — —		770
— — 75 — —		755
— — 100 — —		760
— — 125 — —		750
— — 150 — —		755
— — 175 — —		756
— — 200 — —		759
— — 355 — —		736
— — 510 — —		696
— — 810 — —		645
— — 1m,120 — —		582
— — 1m,420 — —		543
— — 1m,730 — —		495
— — 2m,030 — —		473
— dans la boîte à fumée.		413

On voit qu'environ les 2/11es de la chute totale de température, qui est de 836 — 413 = 423°, se produisent dans les 100 premiers millimètres des tubes ; après quoi, le reste de la chute se distribue à peu près uniformément le long du tube avec une transmission de chaleur appréciable même au delà de 1m,80.

Ici se termine la partie du mémoire de M. Durston consacrée aux expériences proprement dites, exécutées sur une petite échelle. La *seconde partie* est consacrée aux essais tentés à bord sur une grande échelle et en pratique, pour empêcher les fuites des tubes dans les chaudières au vent forcé, fuites qui ont occasionné de graves inconvénients dans les chaudières de l'amirauté, soit à retour de flammes, soit du type locomotive.

Les chaudières à retour de flammes ont deux, trois ou quatre foyers à chaque bout.

Sur les chaudières à deux foyers, on a essayé, mais en vain, de nombreux moyens, tels que le laminage des tubes avec un renflement près de la plaque tubulaire, leur rabattement sur la plaque, les viroles ordinaires, le raccourcissement des grilles avec un accroissement corrélatif de la pression du vent, et enfin le remplacement des tirants reliant le ciel des boîtes à feu au corps cylindrique par des poutrelles.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le moyen qui donna les meilleurs résultats fut d'enlever, d'après l'avis de M. Seaton, deux rangées verticales de tubes au-dessus du centre de chacun des foyers : on l'a appliqué à toutes les chaudières de ce type. On l'a aussi appliqué à des chaudières à 2 et à 4 foyers, mais avec bien moins de succès.

On a également essayé sans succès, sur ces chaudières à 3 et 4 foyers, le raccourcissement des

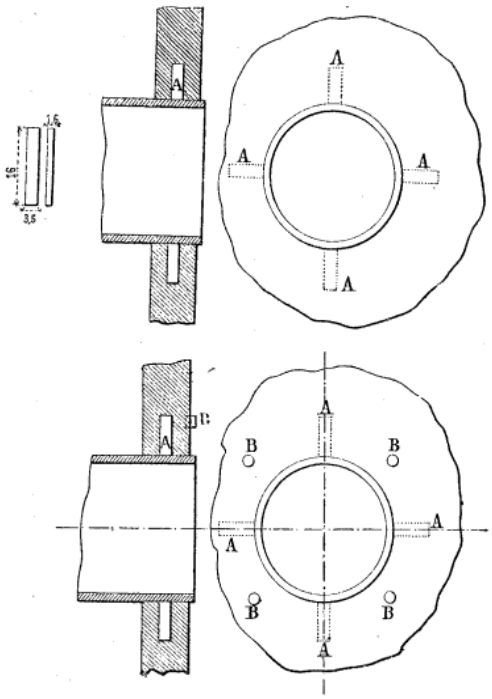


Fig. 12 et 13.

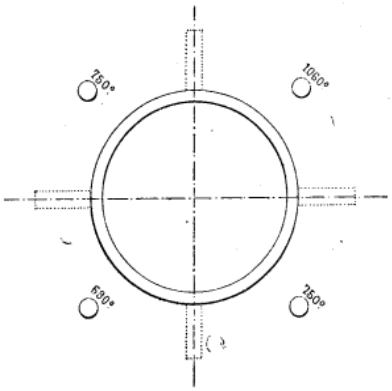


Fig. 14.

grilles et le relâchement des armatures immédiatement au-dessus et au-dessous des tubes, de manière à permettre aux plaques d'en suivre plus librement les dilatations. Il a fallu décider la remise à neuf des chaudières à 3 et à 4 foyers et à

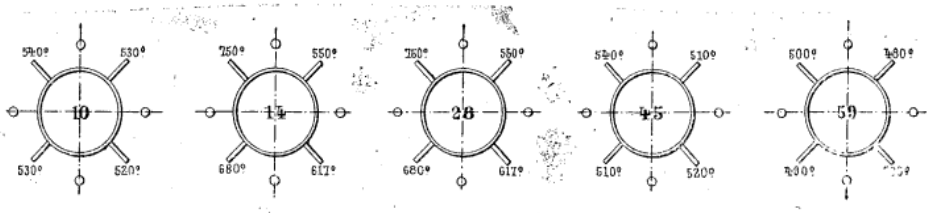


Fig. 14 *bis*.

chambre de combustion double du *Thunderer*, du *Vulcain* et de la *Dévastation*. Ces chambres sont ordinairement divisées par des cloisons en briques réfractaires en autant de compartiments que de foyers, ou que de paires de foyers adjacents pour les chaudières à huit foyers; mais, dans les chaudières du *Vulcain* et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de la *Dévastation,* on ne put, en raison de l'arrangement particulier des tubes, les diviser qu'en deux parties, une à chacune des extrémités de la chaudière.

Concurremment avec les expériences exécutées pour empêcher les fuites des plaques par une amélioration de la circulation, on essayait sur les chaudières du type locomotive des torpilleurs les moyens suivants :

1° Plâtrage de la plaque tubulaire du foyer par une composition non conductrice.

2° Sertissage des tubes avec des viroles à capuchon en terre réfractaire protégeant les bouts des tubes et la plaque tubulaire. Tant que les plâtrages et les

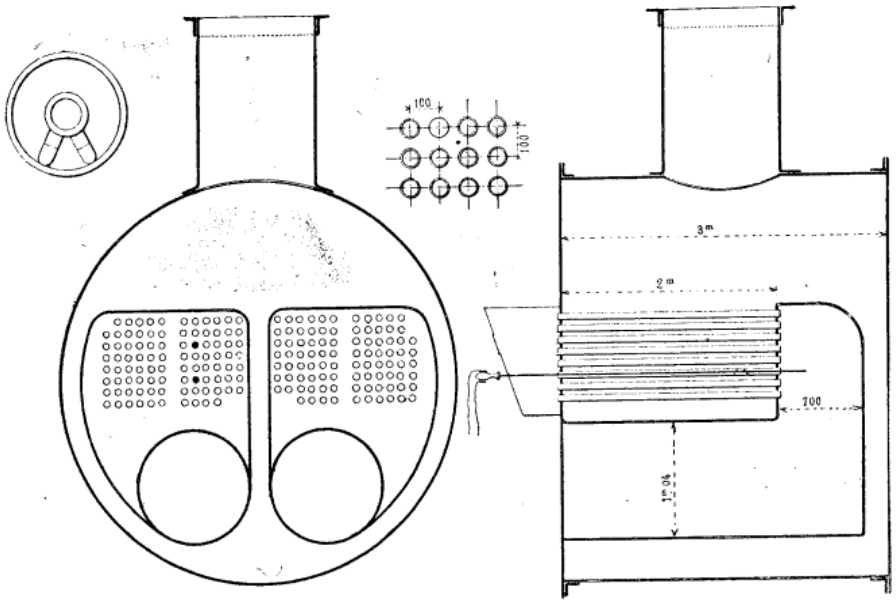


Fig. 15 à 18.

capuchons tinrent, les fuites cessèrent, ce qui démontra bien qu'elles provenaient du surchauffage des plaques ; mais ces moyens ne duraient pas.

On a proposé depuis un grand nombre de viroles pour les tubes à vent forcé.

L'une des premières, celle de MM. *Humphrys et Tennant* est vissée (fig. 23) dans le tube, et son rabattement pénètre dans une gorge annulaire de la plaque, où il se resserre par le refroidissement. Cette virole, qui présente l'avantage d'un joint à grande surface et d'un passage difficile à l'eau, a l'inconvénient d'être coûteuse et d'obliger à couper le tube pour le sortir.

Dans des essais exécutés à bord de la *Médée*, avec des viroles de Humphrys sur tubes de fer et d'acier, et avec des chaudières dont on avait déjà raccourci les grilles, divisé les chambres de combustion en autant de compartiments que de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

foyers. et enlevé les rangées de tubes verticales au-dessus des foyers, ces viroles donnèrent d'excellents résultats aux épreuves de quatre heures à vent forcé sous des pressions de vent de 70 et 75^{mm}; chacune des chaudières fournissant l'une 1 895 et l'autre 2 039 chevaux indiqués, au lieu des 2 250 chevaux spécifiés.

Quelque temps après ces essais, M. *Pick*, ingénieur de la maison Yarrow, proposa la virole représentée par la figure 21, sans bourrelets, et sertie non pas dans la plaque mais dans le tube, en pleine eau, et en laissant un espace ou jeu d'air à l'avant entre elle et le tube.

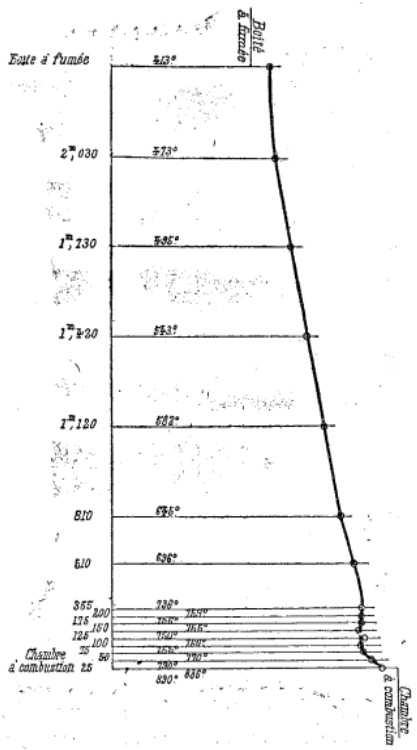


Fig. 19.

Presque en même temps, M. *Oran*, inspecteur de la marine, reconnaissant la justesse de l'idée de cette chambre d'air, me proposa, pour la réaliser, la virole représentée en figure 20, qui conservait en même temps le bourrelet protégeant la plaque circulaire contre l'action directe du feu et atténuant la production de la vapeur sur ses parois. L'expérience ne tarda pas à indiquer comme plus favorable la forme représentée en figure 22. On en fit l'essai sur les chaudières du *Baracouta* avec un plein succès. Toutes les viroles en acier forgé ou en fonte malléable tinrent parfaitement, et l'on put, après plusieurs épreuves de 4 et 8 heures au vent forcé, soumettre les chaudières à une pression d'eau de 17 atmosphères sans la moindre fuite. On obtint des résultats plus concluants encore avec les chaudières du *Thunderer*, incapables, auparavant, de marcher même au tirage naturel, et qui, avec les viroles, et après avoir subi toutes les épreuves réglementaires, exécutèrent au vent forcé, et aux 4/5es de leurs puissance maximum, le voyage de Portsmouth à Madère, aller et retour, avec un plein succès, ne perdant que 30 viroles brûlées sur 3 000.

M. Durston cite en outre les essais du *Vulcain*, avec viroles, après rétablissement des rangées verticales précédement enlevées, et qui ont parfaitement réussi sous une pression du vent de 50^{mm}, et il conclut en disant qu'à son avis, « en ce qui concerne la protection des plaques tubulaires et des bouts des tubes contre la surchauffe par défaut de circulation, température excessive dans la chambre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de combustion, ou présence de matières soit grasses soit solides, ces viroles remplissent complètement leur objet ».

Discussion.

Après avoir fait remarquer l'intérêt qu'il y aurait à poursuivre les expériences de M. Durston avec des tubes d'acier plus minces ou des plaques de cuivre beaucoup plus conductrices, qui diminueraient probablement la surchauffe des faces exposées au feu, M. Yarrow fait remarquer que les tubes en cuivre et en bronze de l'expérience fig. 2 n'auraient peut-être pas cédé s'ils avaient été, comme sur les locomotives, serrés dans des plaques de cuivre. En ce qui concerne l'essai des chaudières, M. Yarrow fait remarquer que le voyage de Madère n'a guère été effectué qu'aux 4/5es de la puissance normale des machines, et que le résultat aurait pu être tout autre à pleine puissance. D'après son expérience personnelle, en effet, dès que l'on force les feux, comme sur les torpilleurs, les viroles se brûlent ou ne tiennent pas, tombent ou s'en vont à la brosse, quand on nettoie les tubes qui se bouchent par des dépôts de charbon. Il faudrait fendre les viroles pour les rendre élastiques, ou les mandriner légèrement dans les tubes, et faire leurs bourrelets carrés, pour qu'ils puissent recouvrir et protéger la plaque tubulaire sur une plus grande étendue.

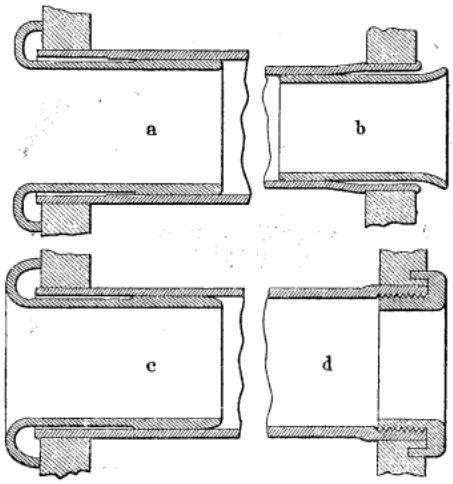


Fig. 20 à 23.

(*a*), virole de l'amirauté n° 1; (*b*), virole Peck; (*c*), virole de l'amirauté n° 2; (*d*), virole Humphrys et Tennant.

Après avoir rappelé avec éloge les expériences de M. Hirsch, M. Stromeyer fait remarquer que les fentes des tubes doivent être attribuées en partie à ce que des fers ou des aciers raccourcis à froid prennent par le recuit un allongement permanent, et inversement, et que ces phénomènes doivent se produire forcément plus ou moins par le fait du sertissage des tubes.

M. *Seaton* ne croit pas plus que M. Yarrow à l'efficacité définitive des viroles; tout le mal vient de l'épaisseur exagérée des plaques tubulaires, et l'on est tout naturellement amené à l'adoption des chaudières tubulées, ou à tubes d'eau, pour lesquelles la marine française est en avance sur la marine anglaise. Il en est de même aux États-Unis, d'après M. *Joy*, qui cite, entre autres, un navire de 7 000 chevaux pourvu de 28 chaudières Belleville timbrées à 14 atmosphères.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

D'après M. *Howden*, dont on connaît la compétence exceptionnelle en matière de vent forcé, les viroles ne sont qu'un expédient: il n'en faudrait pas avec des chaudières bien menées et bien proportionnées. Ses chaudières, qui fournissent jusqu'à 250 chevaux par heure et par mètre carré de grille, ne fuient pas, parce que la plaque tubulaire n'y est jamais brusquement refroidie par des entrées d'air du foyer; avec cette précaution, il n'y aurait rien à craindre, quelle que soit la température des plaques.

G. R.

INDUSTRIE

RAPPORT SUR LES INDUSTRIES D'ORIGINE ÉTRANGÈRE AU JAPON, PAR M. LE MINISTRE D'ANGLETERRE AU JAPON, TRADUIT DE L'ANGLAIS PAR M. LESCASSE, ARCHITECTE A YOKOHAMA, MEMBRE DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

En mai 1891, le ministre de Sa Majesté la reine d'Angleterre adressait aux différents Consulats d'Angleterre au Japon des instructions afin de fournir des rapports sur les diverses entreprises industrielles établies récemment au Japon, à l'imitation des industries étrangères, et plus spécialement sur celles dont les produits pouvaient faire concurrence aux articles importés de la Grande-Bretagne. Dans sa circulaire officielle, le ministre de Sa Majesté indiquait les lignes d'après lesquelles ces rapports devaient être établis, afin d'assurer une compilation uniforme. Vers la fin de novembre, chaque Consulat avait envoyé son rapport: M. Playfair pour Tokio, M. Layard pour Kanagawa (Yokohama), M. Lay pour Hiogo (Kobé) et Osaka, et enfin M. Forster pour Nagasaki. Hakodaté ne fut pas compris dans la liste des Consulats devant fournir un rapport, en raison du petit nombre d'industries de la nature de celles qu'on avait en vue (en exploitation dans l'île de Yéso), les rapports commerciaux annuels fournissant d'ailleurs des renseignements suffisants.

En récapitulant ces rapports, il a paru convenable de classer les industries ci-après décrites sous les titres suivants, mais il convient de remarquer que, pour les filatures de coton et les manufactures de ciment, des informations provenant d'autres sources ont été utilisées :

1° Filatures, comprenant (*a*) les filatures de coton et (*b*) les filatures de soie.

2° Manufactures de tissus, métiers à tisser.

3° Chantiers de construction de navires, y compris les docks (*bassins de radoub*) et les plans inclinés (*slips*), cales de halage.

4° Papeteries.

5° Industries diverses, comprenant : (*a*) manufactures d'allumettes; (*b*) savon-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

neries; (*c*) corderies; (*d*) manufactures de ciment; (*e*) verreries; (*f*) fours à briques; (*g*) brasseries et (*h*) tanneries.

6° Petites industries.

I. — Filatures.

a. — Filatures de coton. — Il existe 38 filatures de coton au Japon, dont neuf sont à Osaka seulement, employant plus de 386 000 broches et représentant un capital engagé de 34 millions de francs environ; avant 1880, il n'y avait qu'une filature au Japon, celle de Kagoshima; entre les années 1880 et 1885, 14 filatures ont été établies, et pendant les cinq dernières années il n'en a pas été créé moins de 23. La production totale de filés de ces établissements, en 1890, a été de 19 320 000 kilogrammes (1), correspondant à une consommation de 22 411 250 kilogrammes (2).

ANNÉES.	QUANTITÉS de FILÉS IMPORTÉS.	QUANTITÉS de FILÉS PRODUITS dans les filatures japonaises.	QUANTITÉS DE COTON BRUT IMPORTÉ.			QUANTITÉS de COTON ÉGRENÉ produit au Japon.
			ÉGRENÉ.	NON ÉGRENÉ.	TOTAUX convertis en coton égrené.	
	kilogrammes.	kilogrammes.	kilogrammes.	kilogrammes.	kilogrammes.	kilogrammes.
1886	14 919 446	2 917 547	2 812 923	1 206 591	3 215 120	20 890 500
1887	20 119 753	4 430 892	3 374 307	3 078 403	4 400 441	28 253 156
1888	28 735 770	5 879 171	7 204 148	7 379 775	9 664 073	20 890 500
1889	25 778 654	12 153 783	14 033 687	25 013 922	22 371 661	20 890 500
1890	19 212 892	19 320 035	15 800 157	15 783 840	21 061 436	20 890 500

Les filatures japonaises filent surtout des numéros inférieurs, variant du n° 11 au n° 16; l'importation des filés de Bombay a été jusqu'à présent plus affectée que celle des filés de Manchester; mais 1 ou 2 filatures ont déjà commencé à filer de

(1) Ces chiffres sont extraits d'un « pamphlet » publié, en juillet 1890, sous les auspices de l'Association des filateurs de coton. Le *Keizai Zasshi*, un journal de Tokio qui traite des questions économiques, évalue la production, en 1890, à près de 27 millions de kilogrammes, et l'évaluation donnée par le *Nippon*, journal politique de Tokio, est de 26 millions de kilogrammes.

(2) Au sujet du système de broches employées, M. Lay (consul anglais d'Osaka) dit que l'usage du système annulaire et continu, comparé à celui des mull-jenny, est dans la proportion de 2 1/2 à 1 environ, et il ajoute à cet égard : « Dans les premiers temps de cette industrie, la mull-jenny fut essayée, mais lorsque les filateurs découvrirent que le système annulaire était doué d'une plus grande capacité de production, cette dernière devint la broche favorite. La plupart des filatures emploient les deux systèmes de broches, mais celles établies plus récemment font usage du système annulaire exclusivement. » La tendance actuelle étant de produire de plus hauts numéros pour lesquels la mull-jenny convient mieux que le continu, il est douteux que cette préférence persiste longtemps.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

faibles quantités de n° 30, et chaque année voit un accroissement dans la production des numéros supérieurs.

Le tableau comparatif précédent qui donne la production et l'importation annuelles de filés et de coton brut respectivement, pour chacune des cinq années antérieures à 1891, expliquera l'accroissement actuel de l'industrie de la filature du coton, et jusqu'à quel point l'importation de ces deux articles a été affectée.

On remarquera que tandis que l'importation des filés est tombée de 28 735 770 kilogrammes en 1888 (l'année d'importation maximum), à 19 212 892 kilogrammes en 1890, la production annuelle des filés dans les filatures japonaises s'est accrue de 2 917 547 kilogrammes en 1886, à 19 320 035 kilogrammes en 1890. Semblablement l'importation du coton brut a passé de 3 215 120 kilogrammes en 1886, représentant une valeur de 3 590 000 francs (1), à 21 061 436 kilogrammes, représentant une valeur de 21 970 000 francs en 1890. D'autre part, la production du coton au Japon est stationnaire, sinon en décroissance, si les statistiques données sont exactes.

Au sujet de la quantité de coton importée au Japon, la Chine en fournit 70 p. 100, l'Inde 20 p. 100, les États-Unis d'Amérique 4 p .100 et les autres pays, parmi lesquels la Corée augmente sa part, 6 p. 100.

Quelque rapide qu'ait été le développement de l'industrie de la filature du coton au Japon, la situation des établissements est cependant loin d'être florissante. Chaque localité a la même histoire à dire de dividendes s'amoindrissant et d'actions dépréciées (car, à peu d'exceptions près, les filatures sont entre les mains de compagnies).

Les investigations faites avec soin à ce sujet établissent que bien qu'en 1889 9 filatures, sur 38, aient payé des dividendes s'élevant de 10 à 28 p. 100, dans la même année, 23 établissements ont donné de la perte, et les dividendes payés par les 6 autres sont tombés à une moyenne inférieure à 8 p. 100 ; pour le premier semestre de 1891, trois filatures seulement ont travaillé avec profit. Les actions des différentes compagnies ont baissé de la même manière ; en 1888 et 1889 elles étaient généralement cotées à une forte prime, mais, vers l'été de 1890, beaucoup tombèrent au-dessous du pair, et à présent, en aucun cas, les actions d'une compagnie n'atteignent le pair ; plusieurs, au contraire, ne valent pas plus de 50 p. 100 du taux d'émission.

Plusieurs moyens ont été proposés pour remédier à la dépression actuelle, entre autres l'abolition des droits d'entrée sur le coton brut ; mesure qui, on doit l'admettre, rencontrerait une opposition sérieuse de la part des planteurs de coton indigènes ; ceux-ci considèrent déjà comme suffisamment défavorables les conditions dans lesquelles ils ont à lutter contre les producteurs du dehors. On a

(1) On ne doit pas attacher trop d'importance aux valeurs indiquées en francs, car le change du dollar a varié chaque année ; elles sont données seulement pour faciliter les comparaisons.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

également proposé l'abolition des droits de sortie sur les filés indigènes et l'augmentation des droits d'entrée sur les filés venant de l'étranger.

Ce dernier remède paraît être celui que l'Association des filateurs de coton recommande plus particulièrement et défend en raison de l'encombrement existant déjà sur le marché japonais. A l'appui de cette assertion, les chiffres suivants étaient donnés à la conférence des filateurs de coton, en novembre 1890 :

Quantité de filés fournie annuellement, tant par la production indigène que par l'importation des filés étrangers.	70 871 000	kilos
Demande annuelle, actuellement	47 781 500	—
Quantité fournie en excès.	23 169 500	—

Il n'est pas facile de déterminer, dans des limites quelque peu précises, la consommation annuelle de filés au Japon; car, à ce sujet, même lorsque les statistiques paraissent, elles sont souvent sujettes à caution, et le développement rapide de l'industrie de la filature ainsi que les brusques effets qui en résultent sur l'importation du coton brut et des filés augmentent les difficultés d'investigation. L'exactitude des chiffres ci-dessus peut donc parfaitement être mise en doute.

On a pu voir, par un tableau précédemment donné, que la quantité totale de filés livrés par l'étranger et par les filatures japonaises a été, en 1890, de 38 532 927 kilogrammes.

Soit : Importation	19 212 892	kilos
Filatures indigènes.	19 320 035	—

L'évaluation de la production annuelle de filés à la main, au Japon, est tout à fait conjecturale ; on l'estime diversement pour les deux ou trois dernières années à 40, 50 ou 70 p. 100 de la quantité de filés produits par les filatures. Si l'on adopte la moyenne de ces évaluations, la production des filés à la main pour l'année 1890 peut être comptée de 10 500 000 kilogrammes.

La quantité totale de filés, pour l'année 1890, devient ainsi :

Importation.	19 212 892	kilogrammes
Filatures indigènes	19 320 035	—
Filage à la main	10 500 000	—
TOTAL. . . .	49 032 927	—

Soit 21 838 000 kilogrammes environ de moins que les chiffres fournis par l'Association des filateurs de coton, alors que le total ci-dessus est presque identique avec l'évaluation de la demande annuelle établie par la même association.

Si l'on compare ces chiffres avec ceux des quantités approvisionnées de coton brut données dans le tableau déjà cité (et bien que le coton soit employé à d'autres usages qu'à la production des filés), on reconnaîtra une certaine concordance.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

D'après ce tableau, l'approvisionnement total de coton brut en 1890 a été de :

Importation de l'étranger	21 061 436	kilogrammes
Produit au Japon	20 890 500	—
TOTAL . . .	41 951 936	—

En prenant pour base la différence approximative de 16 p. 100 entre la masse du coton brut et celle du coton filé, la quantité de filés produite par les filatures indigènes et le filage à la main, en 1890, soit 29 820 035 kilogrammes, représente environ 34 600 000 kilogrammes de coton brut. Déduisant cette quantité de l'approvisionnement total ci-dessus, il reste une balance de 7 352 000 kilogrammes environ disponible pour divers usages, tels que doublures de vêtements, coussins, couvertures et matelas, pour lesquels il s'emploie chaque année une quantité considérable de coton.

L'estimation de la production de filés donnés à la conférence des filateurs de coton, ne peut s'accorder de la même manière avec aucune des estimations diverses de la production de coton brut, ni même avec les propres statistiques de l'association.

Cependant le tableau fait ressortir que la production de filés dans les filatures japonaises a augmenté dans une proportion qui ne correspond pas à la diminution dans l'importation des filés étrangers; car, alors que la quantité de filés importée en 1890 comparée à celle importée en 1888 (l'année d'importation maximum) indique une diminution de 9522878 kilogrammes, l'augmentation dans la production des filatures japonaises pendant les mêmes années 1888-1890 ne s'élève pas à moins de 13440864 kilogrammes.

Et quand on considère que les filatures japonaises manufacturent surtout des filés de numéros inférieurs, il peut parfaitement être exact, ainsi que l'avance le *Keizaï Zasshi*, qu'il y a eu excès de production des filés de numéros inférieurs, lesquels ont encombré le marché et en partie causé la dépression actuelle (1).

Dans l'examen de la question de l'avenir de la filature du coton au Japon, il entre beaucoup de considérations complexes (2). Le filateur japonais a certainement sur ses rivaux de Manchester et de Bombay les avantages suivants :

1° La durée du travail dans les filatures japonaises, lesquelles marchent jour et nuit. Les ouvriers travaillent douze heures de suite, dont une heure (divisée en trois intervalles) est accordée pour les repas; les services de jour et de nuit alternent chaque semaine, et les filatures restent ouvertes pendant six jours de la semaine.

(1) En janvier 1892, les actions des compagnies de filatures ont remonté, et une ou deux filatures ont donné des dividendes pour le deuxième semestre de 1891.

(2) Le sujet a été habilement traité par un correspondant du *Manchester Guardian*, dans une lettre publiée par ce journal au printemps de l'année dernière.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2° Le peu d'élévation des salaires qui varient de 0 fr. 90 à 0 fr. 60 par jour pour les hommes, et de 0 fr. 70 à 0 fr. 25 par jour pour les femmes.

3° La proximité du marché, les filés étant manufacturés pour la consommation indigène. Un mouvement s'opère pour exporter les filés japonais dans les ports du nord de la Chine, et c'est dans cette vue que l'on demande l'abolition des droits d'exportation sur les filés indigènes; mais jusqu'à présent il n'en a pas encore été placé sur le marché chinois. Il est plus que probable que si les filateurs japonais essayent de faire concurrence aux autres filés en Chine, ils rouveront, avant peu d'années, la compétition locale au-dessus de leurs moyens. Une filature de coton dans laquelle des Japonais, ainsi que des capitalistes de diverses nationalités, sont intéressés a déjà été établie à Shanghaï, et les résultats de la première année d'exploitation ont donné un profit égal à la moitié du capital engagé dans l'affaire.

Autres avantages sur le filateur de Manchester :

4° Le fait qu'une partie du coton brut consommé par les filatures est récolté dans le pays.

5° La dépréciation de l'argent, car la plus grande partie du coton brut importé est payée en argent et non en or, et le filateur japonais est également en position de vendre ses filés pour de l'argent et non pour de l'or.

D'autre part, le filateur japonais a les désavantages suivants sur celui de Manchester :

1° Les prix plus élevés qu'il paye pour le charbon qu'il brûle (1);

Et sur le filateur de Bombay :

2° L'obligation d'importer de l'étranger la majeure partie du coton brut employé par les filatures. Les quantités de coton produit au Japon et importé en 1890 étaient respectivement, ainsi qu'on l'a vu :

Produit au Japon.	20 890 500 kilos
Importé	21 061 436 —

Mais alors qu'on peut admettre que la plus grande portion de la quantité de coton importée a été employée par les filatures, moins de la moitié de la production indigène a suivi le même chemin. Le coton japonais est court et de grossière qualité, le rendant impropre au filage des numéros supérieurs, tandis que les filés de numéros inférieurs qu'il fournit sont trop faibles pour être utilisés sur de forts métiers à tisser. Alors même que la qualité du coton japonais serait toute autre, il n'y aurait guère de raison pour que la proportion augmentât considérablement dans l'avenir, car ce n'est que dans certains districts qu'on peut

(1) Cette remarque s'applique à la plupart des filatures, particulièrement à celles établies à Osaka, Nagoya et Tokio. La filature de Müké fait exception, parce qu'elle est construite dans le voisinage d'une mine, où le charbon ne coûte que 7 fr. 30 environ la tonne. Une ou deux filatures sont totalement ou partiellement mues par force hydraulique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cultiver le coton; sa culture n'est pas très rémunératrice, et le producteur doit lutter contre le coton étranger, qui paye les faibles droits d'entrée de 2 1/2 ou de 5 p. 100 *ad valorem,* suivant qu'il est ou non égrené.

Le filateur japonais a encore d'autres désavantages qui sont :

3° La rareté des capitaux et le taux élevé d'intérêt qui en est la conséquence, fait qui, au Japon, a plus d'importance qu'ailleurs (1).

Le nombre d'affaires dans lesquelles le capital a été absorbé pendant ces dernières années, afin de soutenir les entreprises dont dépend le progrès industriel du Japon, aurait surchargé les ressources de pays plus riches et, à présent, le capital de la nation est investi de manière à entraver sérieusement tous progrès industriels. La pénurie de capitaux a été aggravée par la manie de formations de compagnies de toutes sortes qui était, dans ces récentes années, la caractéristique alarmante du développement commercial du Japon.

4° Le peu d'importance des filatures comparé même à celles de l'Inde. La proportion d'ouvriers au nombre de broches est pratiquement la même dans les deux pays, étant environ de 30 broches par ouvrier, mais la moyenne du nombre d'ouvriers employés dans les filatures de Bombay est de 820, tandis qu'au Japon elle n'est que de 365.

5° Enfin, l'inefficacité de la main-d'œuvre japonaise. Quelque adroit que soit l'ouvrier ou l'ouvrière japonais, il se passera probablement bien des années avant qu'il acquière l'habileté de l'ouvrier ou de l'ouvrière du Lancashire, ce qui est évidemment le résultat d'une adaptation datant de longues années, aussi bien que du génie artistique du peuple japonais.

Le peu d'élévation des salaires, mis en avant comme devant favoriser le filateur japonais, n'est pas non plus sans mauvais côtés. Ainsi que le fait judicieusement observer le correspondant du *Manchester Guardian*, les faibles salaires ne veulent pas nécessairement dire main-d'œuvre à bon marché; les ouvriers japonais sont physiquement défectueux, et un salaire de 0 fr. 75 par jour (2), ne peut, dans aucun pays civilisé, procurer une alimentation suffisante. « A Bombay, ajoute le même auteur, les salaires ont augmenté de 25 p. 100, et l'on a trouvé que l'augmentation des salaires signifiait augmentation d'efficacité. »

Le coût de la production des filés au Japon n'est pas facile à déterminer, en l'absence de données auxquelles on puisse se fier. Les filatures sont situées dans diverses localités, travaillent dans des conditions différentes, et filent diffé-

(1) Tandis que le taux moyen de l'intérêt en Europe est, sur garanties sérieuses, de 4 p. 100 et même moins, il varie, au Japon, de 7 à 9 p. 100. Le simple fait qu'un subside du gouvernement japonais, soit à une compagnie de navigation, soit à une compagnie de chemins de fer, a pris la forme d'une garantie de 8 p. 100 de profit annuel et pour un nombre d'années, démontre suffisamment que le taux d'intérêt des capitaux est anormalement élevé.

(2) La moyenne du salaire des femmes et des jeunes filles est de moins de 0 fr. 50 par jour.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rents numéros. M. Lay dit qu'il est admis que le coût de production est plus élevé au Japon que dans l'Inde, et il donne les chiffres de 0 fr. 20 à 0 fr. 34 par kilogramme de filé; mais il ne mentionne pas à quels numéros ces chiffres se rapportent. D'autre part, le journal *le Nippon* a reproduit un extrait d'une publication industrielle, datée de mars 1891, dans laquelle le coût de production du numéro 20, dans l'Inde, est établi à près de 0 fr. 39 le kilogramme, et il ajoute que le même numéro peut être produit au Japon pour 0 fr. 32 le kilogramme. Ce point est sans grande importance actuellement, en tant qu'il s'agit des importations de Manchester, en raison de l'inhabileté des filatures japonaises à produire les plus hauts numéros de filés.

Avant de terminer avec ce sujet, il peut être bon de faire remarquer que l'inexpérience dans l'organisation et la direction de compagnies doit, pour quelque temps encore, empêcher le développement de la filature du coton. L'insuccès qui caractérise les opérations de beaucoup d'associations commerciales au Japon est communément attribué au besoin de capitaux; c'est tout autant l'effet du nombre de compagnies récemment formées en disproportion avec les besoins et les ressources du pays. La cause principale n'est, en somme, que la situation imparfaite du développement commercial du Japon. Le pays a encore beaucoup à apprendre, à étudier les secrets du succès commercial à l'école, par laquelle les autres nations ont passé avant lui, et cette étude l'occupera pendant quelques années encore.

b. Filatures de soie. — Les seules filatures mentionnées dans les rapports consulaires sont au nombre de trois, dont deux dans l'île de Kiushiu, situées à Nagasaki et à Nakatsu respectivement, et une dans les environs de Yokohama.

M. Forster donne les détails suivants sur la première : « Une compagnie nommée « Société des soies filées de Nagasaki » a été formée l'année dernière (1890), avec un capital de 63000 francs, pour filer la soie des cocons et l'envoyer sur le marché de Yokohama. Les machines employées dans cet établissement sont très primitives et entièrement de fabrication japonaise.

« ... Bien que cette entreprise soit encore peu considérable, elle ne paraît pas devoir être sérieusement agrandie. Les cocons sont tous obtenus des districts circonvoisins. La filature contient actuellement 50 broches (bassines) et la force motrice est fournie par une machine à vapeur fixe de la force de 5 chevaux. Le nombre d'ouvrières employées est de 55, et le total des salaires s'élève à 360 francs environ mensuellement. Les frais mensuels sont évalués à 981 fr. 50, et les bénéfices nets de l'entreprise à 1197 francs par mois. La production annuelle est d'environ 1 400 kilogrammes. »

Au sujet de la deuxième filature, celle de Nakatsu, le même consul dit qu'elle fut établie par le Gouvernement en 1887, afin de venir en aide à la classe des Shizoku (anciens nobles japonais). Le capital investi s'élève à 75000 francs. La

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

filature occupe 100 ouvrières, et produit environ 230 kilogrammes de soie filée par mois.

M. Layard fournit les informations suivantes sur la filature de soie établie aux environs de Yokohama : « Un certain nombre de Japonais, intéressés dans les affaires de soie à Yokohama, ont formé une compagnie sous le nom de « Société de filature de déchets de soie ». Ils ont l'intention de peigner une certaine quantité de déchets de soie et de l'offrir sous cette forme sur les marchés étrangers, ainsi que de filer les *bassinés* pour la consommation indigène.

« Actuellement, les deux seules filatures de bassinés qui existent dans l'intérieur du pays sont insignifiantes ; elles sont situées dans les environs de Hachiodji :

« La nouvelle filature en question est établie à environ 10 kilomètres de Yokohama, et consiste en une salle d'ébullition et de peignage, une salle pour la filature des bassinés, et une chambre pour la machine motrice.

« Les appareils d'ébullition et de peignage, ainsi que les machines et les chaudières, viennent de France et sont des types les plus récents et les plus perfectionnés. Les appareils à filer les déchets seuls viennent d'Angleterre.

« L'atelier de peignage contient 12 machines à peigner circulaires et automatiques qui, en fonctionnant jour et nuit, sont capables de travailler annuellement près de 240 tonnes de déchets de cocons, évalués à environ 600000 francs et pouvant fournir de 53 à 60 tonnes de mèches (bourre de soie) par année.

« L'atelier de filage peut produire annuellement 60 tonnes de filés, évalués approximativement à 240000 francs.

« ... Le coût total de l'établissement, y compris le terrain, les constructions, les machines, etc., a été d'environ 560000 francs. »

II. — Manufactures de tissus.

Métiers à tisser. — Le tissage à l'aide de machines européennes n'est encore pratiqué que sur une petite échelle au Japon. Il n'y a guère que deux établissements importants, l'un pour la filature et le tissage du coton à Osaka, et l'autre pour le tissage de la laine à Tokio.

Le premier est la propriété de la « Compagnie de filature d'Osaka », qui l'a acheté en 1888 dans le but d'assurer un débouché pour ses filés. Sans ce fait qu'afin de stimuler l'industrie nationale, le Gouvernement a transféré à cette compagnie ses ordres pour la toile à l'usage de l'armée, qui étaient auparavant donnés à l'Angleterre, il est probable que l'exploitation de cet établissement laisserait un déficit, car il ne paraît pas y avoir grande demande pour ses produits tissés.

Au sujet de la fabrique de drap de Tokio, M. Playfair donne les renseignements suivants dans son rapport :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« La manufacture de drap de Senjiu, un faubourg de Tokio, est la propriété du ministère de la Guerre, et fabrique le drap employé pour les uniformes militaires et la flanelle destinée aux soldats. Elle fut établie en 1879 sur le système allemand; les machines employées sont également d'origine allemande. La laine est importée d'Australie *viâ* Londres, ainsi que de l'Inde et de la Chine; mais l'importation directe d'Australie ne tardera certainement pas. La consommation de laine est d'environ 450 000 kilogrammes par an, revenant à environ 4 fr. 38 le kilogramme rendu à la manufacture. Les tissus fabriqués consistent en une sorte de drap fort pour les capotes, en drap ordinaire pour les uniformes de soldats, en une petite quantité de flanelle, et en drap de qualité supérieure pour les uniformes d'officiers. On y fabrique également des draps rouges et jaunes pour les parements; les produits pour la teinture de ceux-ci sont importés d'Allemagne. Tout le drap nécessaire à l'armée est fabriqué dans l'établissement. La production de l'année dernière (1890) a été de 28 335 mètres environ, évaluée à 2 394 000 francs. La largeur moyenne des pièces de drap est de $1^{m},27$. Le nombre des ouvriers employés est de 510, dont 300 femmes et 210 hommes; le salaire moyen des femmes est de 0 fr. 52 par jour, et celui des hommes de 1 franc environ. La manufacture est éclairée à l'électricité et marche jour et nuit, les équipes changeant le service à 6 heures du matin et à 6 heures du soir. La moyenne de la durée du travail quotidien est de 22 heures.

« Il est bon de mentionner cependant que les ouvriers ne sont engagés que pour un travail de 9 heures par jour, et qu'ils reçoivent un supplément de salaire pour les 2 heures supplémentaires qu'ils font. La plus grande partie du drap est tissé avec de la laine teinte à l'avance; mais certains draps sont teints en pièce. Les broches de filature sont des mull-jenny. Un teinturier allemand est attaché à cet établissement, mais il doit partir à la fin de l'année (1891). L'affaire étant entre les mains du Gouvernement, il n'a pas été donné de chiffres, mais on m'assure que jusque tout récemment, les recettes dépassaient les dépenses, et qu'à présent elles se balancent à peu près. »

III. — Chantiers de construction de navires. — Docks, cales de halage, etc.

En outre des chantiers et arsenaux appartenant au gouvernement, il existe au Japon trois importants chantiers de construction de navires situés à Tokio, Hiogo-Kobé et Nagasaki. Celui de Tokio est la propriété d'une compagnie, tandis que les deux autres appartiennent à des particuliers.

Le chantier de construction navale de Tokio fut originellement établi, il y a environ quarante ans, par le prince de Mito, et après la Restauration devint la propriété du ministre de la marine. Il fut transféré en 1876, par le gouvernement, à un certain M. Hirano, commerçant de Tokio, qui le céda à une compagnie en 1889. Cette compagnie entreprit l'exploitation de l'établissement avec un capital

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de 600 000 francs. L'établissement comprend aujourd'hui de vastes ateliers, dans lesquels on construit des machines de toutes sortes, et possède un dock.

M. Playfair donne les informations détaillées suivantes sur le chantier de Tokio : « Les ateliers couvrent une superficie de près de 2 hectares et comprennent un petit dock à parements en charpente capable de recevoir des navires de 750 tonneaux. La profondeur d'eau au seuil de la porte du dock est de $2^m,70$ pendant les marées basses d'équinoxe. Ce bassin a 63 mètres de long sur $12^m,60$ de large. On le vide à l'aide de pompes centrifuges dont l'orifice de décharge est de 25 centimètres.

« On y construit surtout des navires en bois, et occasionnellement des navires en fer. Le plus grand navire que l'établissement ait construit est une canonnière en fer à hélice de 613 tonneaux de jauge et de $2^m,90$ de tirant d'eau.

« Le fer que l'on emploie dans l'établissement est principalement importé d'Angleterre. Les machines et les outils ont été importés de divers pays et sont des types les plus récents. La fonderie peut couler des pièces jusqu'à 6 tonnes et comprend trois cubilots. La rivière est profonde auprès du chantier, mais la profondeur diminue rapidement à peu de distance au large.

« Depuis la fondation de l'établissement jusqu'à la fin de juin 1891, il a été construit 98 navires, dont :

Navires à vapeur à hélice	49
— — à roues	12
Navires à voiles	13
Gabares et barques	13
Dragues à vapeur	5
— à main	5
— à vapeur (la coque seulement)	1
TOTAL	98

« Les vapeurs à hélice ci-dessus mentionnés comprennent la canonnière de première classe dont il a déjà été parlé, un remorqueur à vapeur, six torpilleurs et deux pinasses. Tous ces bâtiments étaient pour la marine japonaise. L'un des navires à vapeur à roues était à faible tirant d'eau et destiné au Hokkaïdo (île de Jéso). Parmi les barques, neuf étaient pour la marine militaire. Pendant la même période, il est entré 180 navires dans le dock, et 260 autres navires ont été réparés par cet établissement.

« En outre des travaux ci-dessus, il a été exécuté 2 pontons en fer, 4 ponts, 5 appareils de chauffage à la vapeur, 3 injecteurs de vapeur, 10 appareils de dragage, 5 turbines en fer, 10 métiers à tisser et plus de 260 machines et générateurs pour la marine et l'industrie.

« Des réparations de machines, chaudières, etc., ont été effectuées dans plus de 15 000 occasions. Le nombre des ouvriers employés est de 611 ; la journée de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

travail est de 10 heures et les salaires varient de 4 fr. 75 pour les ouvriers habiles à 0 fr. 80 par jour pour les manœuvres. »

M. Playfair ajoute que, l'année 1890, il a été payé un dividende de 10 p. 100 et que cet établissement est capable d'un sérieux agrandissement dès que le chenal qui y aboutit aura été approfondi.

A l'égard du chantier de construction situé à Hiogo, lequel contient également une fonderie de fer, M. Lay dit qu'il fut ouvert il y a environ 20 années sous le nom de « Vulcan Iron Works ». Le travail était alors très limité, et après quelques années l'établissement fut vendu au gouvernement, qui le transféra ensuite, en 1886, au propriétaire actuel, M. Kawasaki, sous le nom duquel il est aujourd'hui connu.

Les détails qui suivent sont extraits du rapport de M. Lay :

« Les affaires du chantier Kawasaki consistent principalement dans la réparation et la construction de navires, mais on y exécute occasionnellement des machines pour les filatures et les mines du Japon. Il y a deux cales de halage (« patent slips ») pour la réparation des navires. Le tableau suivant indique la marche de cet établissement pendant les deux années 1889 et 1890.

TRAVAUX EXÉCUTÉS.	MOYENNE JOURNALIÈRE d'ouvriers employés.	MOYENNE des SALAIRES par jour.	RECETTES.	DÉPENSES.	RÉSULTATS ANNUELS d'exploitation.	
					PROFITS.	PERTES.
		francs.	francs.	francs.	francs.	francs.
1889. 12 navires construits et 121 travaux divers	992	1,42	1,086,700	1,234,100	»	147,400
1890. 6 navires construits et plusieurs centaines de travaux exécutés	920	1,44	1,597,100	1,308,600	288,500	»

Les six navires construits en 1890 sont les suivants : deux navires de 575 tonneaux chacun, ayant coûté respectivement 181 400 francs et 182 560 francs et construits pour la « Compagnie de navigation à vapeur de commerce d'Osaka » ; un vapeur de 170 tonneaux ayant coûté 74 240 francs ; un remorqueur de 230 tonneaux ayant coûté 197 590 francs, construit pour l'arsenal de Kuré ; une chaloupe à vapeur de 5 tonneaux ayant coûté 9 150 francs et construite pour la douane de Kobé ; et enfin une chaloupe à vapeur de 30 tonneaux ayant coûté 16 630 francs.

« Tout le fer employé par cet établissement est importé d'Angleterre ; le cuivre est en partie anglais et en partie japonais. »

M. Lay parle aussi de la succursale des chantiers Hirano, établie à Osaka en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mai 1881, avec un capital d'un million de francs environ. Les travaux faits dans ces ateliers, en 1890, consistent dans la construction de deux petits vapeurs, de deux générateurs et de trois autres machines, ainsi que dans la réparation de navires et de machines de différentes sortes. On y emploie 380 ouvriers et deux machines motrices de chacune 57 chevaux-vapeur.

Au sujet du chantier de constructions navales de Nagasaki, M. Forster écrit ce qui suit :

« Les ateliers de machines furent originellement fondés par le prince de Hizen, il y a environ 40 ans. Les machines et les outils furent importés par les Hollandais, qui, à cette époque, étaient les seuls intermédiaires entre les Daïmios et le reste du monde. Quelque 25 années plus tard, les ateliers furent repris par le gouvernement central qui les retint sous sa direction jusque vers 1884 et qui les céda alors à M. Irvasaki, le propriétaire actuel.

« Les ressources de cet important établissement ont été graduellement augmentées depuis sa fondation, jusqu'à pouvoir actuellement construire et aménager de toutes pièces, des navires en fer ou en acier de grandes dimensions. La raison de cette prospérité continuelle doit probablement être attribuée à l'habile direction et à l'expérience des employés étrangers, dignes de leur nationalité (anglaise), par lesquels l'entreprise a été conduite. Une des plus importantes additions faites à cet établissement a été la construction, il y a 13 ans, d'un grand dock en granit, capable de recevoir les plus grands navires et cuirassés. Le cuirassé anglais l'*Agamemnon* a passé avec succès dans ce bassin alors qu'il était dans la station des mers de Chine. Nagasaki offre des facilités naturelles et toutes spéciales pour de telles opérations en raison de son excellent port, complètement abrité, et de son climat tempéré ; c'est pourquoi les navires de guerre de toutes les nations représentées dans cette station navale, aussi bien que ceux de la marine marchande, préfèrent passer au dock à Nagasaki plutôt qu'à Hong-Kong ou ailleurs. Un autre trait spécial concernant ce dock est la remarquable rapidité avec laquelle les navires peuvent être passés au bassin et peints. Dans une occasion, un vapeur de 3 000 tonneaux est entré dans le dock, a été peint et en est sorti dans le temps incroyablement court de 23 heures et 45 minutes.

« Les chantiers de construction et les ateliers de mécanique de Nagasaki consistent en trois établissements séparés : les ateliers de mécanique sont à Akunoura ; le dock et les chantiers de construction sont à Tatégami, de l'autre côté du port de Nagasaki ; et la cale de halage (patent-slip) est située à Kosugé, de ce côté du port. Tous les ateliers sont munis d'outils les plus perfectionnés ; les chantiers de construction navale disposent de tous les matériaux et de tous les outils nécessaires à la construction de navires en fer ou en acier. Les matériaux bruts viennent d'Angleterre et sont travaillés aux ateliers. Les feuilles de doublage seules arrivent terminées.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« Trois vapeurs en fer y ont été construits dernièrement pour la « Compagnie de navigation à vapeur de commerce d'Osaka » ; leurs dimensions sont les suivantes :

Tonnage	1 000 tonneaux.
Longueur	51 mètres.
Largeur	8m,40
Tirant d'eau	5m,10
Force indiquée	470 chevaux-vapeur.
Vitesse	au-dessus de 12 nœuds.

« Ces navires ont donné la plus complète satisfaction, spécialement en ce qui regarde leur consommation de charbon remarquablement faible.

« Le dock de Tatégami est en granit avec caisson en fer; ses dimensions sont les suivantes :

Longueur du dock (à la partie supérieure)	133m,15
Longueur du dock (à la partie inférieure)	121m,60
Largeur de l'entrée (en haut)	27m,05
Largeur de l'entrée (en bas)	23m,40
Hauteur d'eau au-dessus du seuil (en marée d'équinoxe)	8m,35
Hauteur d'eau au-dessus du seuil (à marée basse)	7m,15
Hauteur d'eau au-dessus des blocs (en marées d'équinoxe)	7m,80
Hauteur du seuil au-dessus du fond du dock	0m,61
Hauteur des blocs au-dessus du fond du dock	1m,16

« La cale (patent-slip) de Kosugé, destinée au halage des navires hors de l'eau, au lieu de les faire passer au bassin, est disposée pour des navires jaugeant jusqu'à 1 500 tonneaux; on y a halé des vapeurs de 81m,50 de longueur. La cale est bâtie sur des fondations entièrement en granit, et ses dimensions sont :

Longueur des rails	228 mètres.
Largeur des rails	9m,12

« Sa puissance élévatoire est de 1 200 tonneaux.

« C'est sur cette cale qu'on termina, en 1883, le plus grand navire que cet établissement ait construit, le *Kosugé Maru*, navire à vapeur en bois de 1 500 tonneaux.

« Le nombre d'ouvriers employés est de 1 200, et il y a huit étrangers engagés à différents titres. »

IV. — Papeteries (manufactures de papier).

La fabrication du papier à la machine est d'une introduction, au Japon, plus ancienne que celle de la filature du coton, à l'exception toutefois de la filature établie à Kagoshima; elle ne s'est cependant pas développée avec la même rapidité pendant ces dernières années. La grande papeterie située à **Oji**, faubourg de Tokio, appartient au gouvernement, et la papeterie de Kobé appartient à des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

étrangers; si l'on exclut ces deux établissements, on ne compte plus au Japon que six manufactures de papier réparties comme suit :

Deux sont établies à Tokio : 1° La « Seïshi » papeterie, établie en 1876, avec un capital de 2 millions de francs, et propriété d'une compagnie; elle occupe 400 ouvriers; 2° la « Yukosha » papeterie, établie en 1874, avec un capital de 440000 francs, appartenant à une compagnie et n'occupant guère, en moyenne, que 24 ouvriers par jour.

Deux papeteries sont établies à Osaka : 1° la « Shimogo » papeterie, datant de 1876, capital 475000 francs, appartenant à un particulier, et 2° une grande papeterie en construction, pour un certain M. Abé, au capital de 4500000 francs.

Il existe une papeterie à Kioto, la « Umedzu », établie en 1875.

Une papeterie est située à Kokura (province de Buzen), la « Senjin », établie en 1891.

Le papier manufacturé dans ces établissements est destiné à la consommation indigène. Les sortes fabriquées sont : le papier d'imprimerie, le papier à écrire, diverses espèces de papiers à enveloppes et d'emballage, et un papier commun utilisé dans la fabrication des boîtes à allumettes. Les machines employées sont parfois anglaises et parfois américaines. Les matières utilisées sont les chiffons, la paille de riz et l'écorce de sapin.

M. Playfair mentionne la production totale de la « Seïshi » papeterie pendant les six premiers mois de 1891, et donne le chiffre de 1502260 kilogrammes, dont 169000 kilogrammes de papier d'emballage, Il indique également celle de la « Yukosha » papeterie, comme étant de 111530 kilogrammes pendant le même espace de temps. Ces deux papeteries ne reçoivent aucun subside du Gouvernement.

La production mensuelle de la « Shimogo » papeterie, qui jusque tout dernièrement recevait un subside du gouvernement, est, d'après M. Lay, de 48360 kilos ; la plus grande partie de ce papier est de qualité inférieure et grossière, convenable seulement pour le paquetage et l'emballage.

En ce qui concerne l'avenir de la fabrication mécanique du papier au Japon, M. Lay s'exprime ainsi : « Il n'est pas possible d'augurer un brillant avenir pour cette industrie. Il y a en ce moment huit papeteries qui produisent le papier mécaniquement, mais en raison de la concurrence excessive qu'elles se font, il n'y en a que deux, celle d'Oji et celle de Kobé, qui soient capables de se maintenir avec quelque succès Depuis plusieurs années, la quantité de papier produite n'a fait qu'augmenter; l'augmentation la plus forte a eu lieu l'année dernière (1890), alors que le total de la production a atteint environ 10156200 kilogrammes. La demande, au Japon, n'étant que d'environ 7254000 kilogrammes, il reste donc un surplus de 2901800 kilogrammes. Cet excès de production pèse lourdement sur le marché, et on voit que plusieurs des plus petites papeteries,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

n'ayant qu'un capital limité, seront forcées de s'arrêter avant longtemps. Le prix du papier aujourd'hui est moins de la moitié de ce qu'il était en 1881.

Ce prix était, en 1881, de 123 fr. 20 environ les 100 kilos.
— — 1883, de 95 fr. 50 — —
— — 1885, de 72 fr. 30 — —
— — 1887, de 58 fr. 85 — —
— — 1889, de 59 fr. — —
Et enfin en 1890, de 54 fr. 40 seulement les 100 kilos.

Les manufacturiers japonais n'ont pas seulement à lutter entre eux, mais ils ont encore à combattre la concurrence étrangère. Chaque année, plus de 2250 000 kilogrammes de papier étranger sont importés au Japon.

Ceux qui sont engagés dans cette industrie désirent l'élévation des droits d'entrée, de manière à éloigner les importations étrangères; ils se considèrent comme désavantageusement placés, en raison du capital considérable qu'ils ont dû investir et de leur peu d'expérience dans cette nouvelle industrie. Un journal de Tokio, le *Keïzaï Zasshi*, leur conseille cependant de tâcher de faire progresser cette industrie par d'autres moyens que par la protection, en fabriquant, par exemple, des papiers de qualité supérieure pour répondre aux besoins du marché.

V. — Industries diverses.

A. *Manufactures d'allumettes.* — De toutes les industries instituées au Japon à l'imitation de celles qui existent à l'étranger, la fabrication des allumettes a eu le plus de succès. La première manufacture fut établie en 1876, et quatre années plus tard, l'importation des allumettes décrut considérablement, alors que l'exportation des allumettes japonaises atteignit la valeur de près de 1 500 000 fr. La négligence des manufacturiers conduisit, durant les quelques années suivantes, à une diminution subite dans la demande; mais, en 1886, cette industrie s'est relevée, et l'exportation des allumettes pendant cette année atteignit la valeur de 1 588 200 francs. Depuis, la production des allumettes japonaises a augmenté chaque année, et, bien que les prix aient considérablement baissé, l'industrie est dans un état florissant. L'exportation des allumettes, pendant l'année 1890, s'éleva à la valeur de 5 943 500 francs; le total de la production dans cette même année a été de 4 101 000 grosses de boîtes, chiffre plus élevé de 688 640 grosses que la production de l'année précédente.

Les sièges principaux de l'industrie des allumettes sont à Tokio, Osaka et Hiogo-Kobé, principalement dans ces deux dernières villes, qui contiennent près de 60 fabriques sur environ 70 actuellement existantes.

Toutes ces fabriques sont exploitées par des particuliers, et non par des compagnies, et ne jouissent d'aucune aide officielle.

Le but principal des manufacturiers est l'exportation, mais les allumettes

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

japonaises dominent aussi sur le marché indigène et l'importation de cet article a pratiquement cessé. Le commerce à l'exportation est surtout entre les mains des Chinois, qui donnent leurs ordres aux manufacturiers en leur indiquant la sorte d'allumettes dont ils ont besoin, ainsi que le genre d'étiquettes dont les boîtes doivent être recouvertes.

Les places qui reçoivent la marchandise sont principalement :

Hong-Kong, dans la proportion de.	80 p. 100
Chine (proprement dite) dans la proportion de.	17 p. 100
Corée — — —	2 p. 100
Inde anglaise — — —	1 p. 100

Il en est également exporté une petite quantité aux États-Unis.

Les planchettes dont on se sert dans la fabrication des allumettes sont en grande partie faites dans le Hokkaïdo (île de Yézo) et avec du bois de saule (1). Quelques manufactures cependant préparent leurs planchettes sur place, en se servant de bois provenant des provinces de Yamato, Harima et Tamba, ainsi que de l'île de Shikoku.

Les ouvriers employés dans cette industrie appartiennent, en général, à une classe très pauvre. Les salaires des hommes varient de 75 à 21 centimes par jour, et ceux des femmes, de 50 à 13 centimes par jour.

Les boîtes à allumettes sont faites avec du bois de pin, provenant des provinces de Harima et de Kii. Pour l'exportation, on place 100 douzaines de petites boîtes dans une caisse, et six de ces caisses sont emballées dans une caisse plus grande doublée de zinc. La valeur d'une de ces dernières caisses pour l'exportation varie de 53 fr. 90 à 32 fr. 55.

Jusque tout récemment, la fabrication consistait en allumettes de sûreté presque exclusivement, une ordonnance prohibant la fabrication des allumettes phosphoriques ordinaires. Mais, en considération de ce qu'en Chine il y a demande pour de grandes quantités d'allumettes de la dernière sorte, la prohibition a été en partie levée, et une ou deux manufactures ont commencé ce genre de fabrication. La quantité de cette dernière sorte d'allumettes n'entre encore que pour une faible proportion dans la production totale.

Les manufacturiers de Hiogo-Kobé et d'Osaka sont tous membres de l'Union des Fabricants d'allumettes, Association établie, il y a quelques années, dans le but d'améliorer la qualité des allumettes produites et dont les règlements ont reçu la sanction du Gouvernement.

B. *Savonneries*. — D'après le rapport de M. Lay, il paraît y avoir 17 fabriques de savon à Osaka et une à Hiogo-Kobé.

La quantité de savon produite par la savonnerie de Hiogo, en 1890, a été de

(1) M. Playfair dit qu'on se sert également du bois d'orme.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

77 190 boîtes; de cette quantité, il en a été consommé 14 249 boîtes dans le pays, et le reste a été exporté en Chine.

La valeur du savon fabriqué dans les savonneries d'Osaka s'est élevée, dans la même année 1890, à 378 100 francs (1), moitié de la quantité fabriquée ayant été également exportée en Chine. La plupart des savonneries en question sont de petits établissements qui n'opèrent que sur une échelle très limitée.

A Yokohama cependant il existe une grande fabrique de savon au sujet de laquelle M. Layard écrit ce qui suit : « La savonnerie de Yokohama (Seklen-Seizosko) fut établie en 1888. Dernièrement encore, il y avait, en outre, trois ou quatre autres savonneries près de Yokohama; mais celles-ci ont été graduellement entravées par la Seklen-Seizosho, et la dernière est en ce moment mise en vente.

« Cet établissement est une entreprise privée, lancée dans l'intention non seulement de fournir le marché indigène, mais de créer des affaires d'exportation pour la Chine et d'autres pays. Il est monté sur une grande échelle et le plus important de cette sorte au Japon; il peut fabriquer toutes sortes de savons, depuis le savon pour la blanchisserie jusqu'aux savons pour la marine, savons mous et même toutes les variétés de savons de toilette.

« Les opérations techniques, chimiques et de fabrication sont conduites par un Allemand expert en la matière. Quelques-unes des affaires d'exportation sont faites par l'intermédiaire de maisons étrangères établies à Yokohama.

« Il n'est pas possible de donner exactement la dépense de premier établissement; mais, en nombres ronds, le coût du terrain, des constructions et des machines et appareils a été de 240 000 à 280 000 francs. En raison de la date encore récente de la fondation, il est également difficile de dire quelle est la moyenne de la production, mais on prétend que cette production a rapidement et régulièrement augmenté depuis le commencement et a, en partie, supplanté l'importation de savon d'Amérique, alors que les savons de toilette bon marché sont fabriqués et vendus ici à des prix auxquels les savons importés d'Allemagne ne peuvent arriver.

« Les machines et les divers appareils de chauffage, séchage et polissage sont des derniers types.

« Une grande quantité des matières premières sont importées, telles que la noix de coco et l'huile de palme. Le suif que l'on emploie est généralement obtenu dans le pays. Pour les savons de prix inférieurs, des huiles végétales et de poisson, de production japonaise, sont amplement utilisées. Les savons pour la blanchisserie sont préparés de différentes manières pour répondre aux besoins des consommateurs; mais lorsque le savon doit être expédié à de longues distances, ou lorsqu'il doit faire concurrence aux savons d'importation, il est ordinairement empaqueté dans des caisses contenant 25 barres et pesant environ

(1) La valeur du savon importé à Hiogo, en 1890, a été de 25 000 francs environ, alors que la valeur des importations du même article, en 1889, n'était que de 12 500 francs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

19 kilogrammes. Les savons de toilette sont généralement livrés en bloc, et les marchands en gros japonais les apprêtent à leur fantaisie. En fait et à cet égard, le principe du manufacturier paraît être de fabriquer ce qu'on lui commande; de cette manière, il traite par contrat avec les marchands indigènes et leur livre des savons portant des marques ou des dessins spéciaux, sans que souvent le nom du fabricant paraisse en aucune façon (1).

« Le prix de la main-d'œuvre est très modéré, les ouvriers étant payés à raison de 1 fr. 10 à 1 fr. 29 par jour, et les femmes 0 fr. 52 à 0 fr. 63 par jour.

« L'établissement peut produire annuellement 160 000 caisses de savon de blanchisserie, soit 2000 tonnes, et 140 000 douzaines de pains de savons de toilette.

« En outre du savon, cet établissement produit aussi de la soude cristallisée. L'alcali dont elle est extraite est importé d'Angleterre. On peut la vendre bien meilleur marché que la soude importée, en raison de la perte considérable en poids qui se produit pendant le voyage. Cet article est fabriqué surtout pendant les mois d'hiver, alors que la demande pour le savon est moindre qu'en été. La moyenne de la production de soude cristallisée est d'environ 50 tonnes par mois.

« L'établissement occupe un terrain plat de 1 hectare et demi de superficie, contigu à la principale ligne de chemins de fer du Japon, et mis en communication avec le port de Yokohama par un canal qui pénètre dans la propriété. Ces dispositions permettent à toutes les matières, au charbon, etc., un transport très économique.

« Je dois également mentionner que la Seklen Seïzosko ne reçoit aucun secours du gouvernement, excepté l'exemption de l'impôt foncier pour une durée de quatre années, sur un certain terrain qu'elle a été autorisée à occuper; ledit terrain provenant du remblai, aux frais de l'établissement, d'un canal hors d'usage qui traversait la propriété. »

C. *Corderies. Manufactures de cordages.* — La seule manufacture de cordages mentionnée dans les rapports est celle de Tokio, appartenant à la Compagnie de corderie de Tokio, qui fut établie, en 1886, avec un capital de 800 000 francs.

Les cordages fabriqués dans cette manufacture sont surtout employés par la marine de guerre japonaise et par les navires étrangers ou japonais de construction étrangère. Une maison anglaise de Yokohama est chargée de la vente des produits fabriqués par cette corderie. Les jonques japonaises ne se servent pas de cordages faits à la machine, préférant acheter le chanvre japonais et faire leurs propres cordages. Les navires de guerre japonais n'achètent que des cordages goudronnés de la meilleure qualité, et les navires de commerce emploient surtout des cordages dits de manille.

Cet établissement a comme concurrente la fabrique de cordages de manille,

(1) Il est probable qu'assez fréquemment le nom d'un manufacturier étranger en renom, est substitué à celui du véritable fabricant.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

établie à Hongkong, mais il est le seul qui fabrique les cordages goudronnés. On assure cependant que les prix de vente sont trop élevés pour lutter avec succès contre les articles importés. Les matières premières employées sont de la fibre de manille, du chanvre japonais, du goudron. La quantité moyenne de fibre de manille utilisée est de 2 250 kilogrammes par jour, et 130 kilogrammes environ de chanvre japonais; cela pendant la saison des affaires. Les prix atteignent en moyenne 55 à 56 francs le *picul* (60 kilos) de fibre de manille, soit 92 à 93 francs les 100 kilos; pour le meilleur chanvre japonais, on paie de 123 à 132 francs les 100 kilos. Le goudron revient à 0 fr. 30 le kilo. Les cordages goudronnés sont tous faits à la main.

Les machines sont presque toutes anglaises; la machine motrice est de la force de 230 chevaux-vapeur. Le nombre d'ouvriers employés par cette corderie est de 98, dont 82 hommes et 16 femmes; et les salaires pour 11 heures de travail, sont de 1 franc pour les hommes et 0 fr. 55 pour les femmes.

Pour le premier semestre de 1891, la Compagnie a payé un dividende de 5 p. 100 et inscrit une somme égale au fonds de réserve.

La production totale pour le semestre finissant le 30 juin 1891 a été de 386 226 kilos de cordages, répartis comme suit :

Cordages goudronnés.	108 421 kilos
— de manille	243 673 —
— blancs.	34 132 —

Les circonférences des différentes sortes de cordages que l'on fabrique, ainsi que les prix de vente correspondants (subordonnés aux fluctuations des prix des matières premières), sont donnés dans le tableau suivant :

CIRCONFÉRENCE en MILLIMÈTRES.	MANILLE.				GOUDRONNÉ.						BLANC.			
	1re CLASSE. les 100 kilos.		2e CLASSE. les 100 kilos.		1re CLASSE. les 100 kilos.		2e CLASSE. les 100 kilos.		3e CLASSE. les 100 kilos.		1re CLASSE. les 100 kilos.		2e CLASSE. les 100 kilos.	
	fr.	c.	fr.	c.	fr.	c.	fr.	c.	fr.	c.	fr.	c.	fr.	c.
25 à 38	140	»	114	40	158	40	132	»	96	80	167	»	140	»
38 à 50	»	»	»	»	156	20	130	25	»	»	164	85	138	75
56 à 101	»	»	»	»	154	»	128	50	»	»	162	70	137	50
107 à 177	»	»	»	»	151	80	126	75	»	»	160	55	136	25
183 à 253	»	»	»	»	149	60	125	»	»	»	158	40	135	»

On fabrique quelquefois des câbles de 300 millimètres de circonférence ainsi que du *bitord*, du cordonnet, du six-brins, du neuf-brins, de la ficelle et de la *drisse* pour signaux.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Quelques envois d'essai ont été faits dans l'Inde et à San-Francisco, mais les expériences n'ont pas été rémunératrices.

D. *Manufactures de ciment.* — La fabrication du ciment de Portland, au Japon, est une industrie de développement comparativement récent, mais qu peut être considérée comme une des plus florissantes parmi les industries étrangères établies dans ce pays.

Les notes suivantes sont dues à l'obligeance du major général Palmer, ingénieur en chef des travaux du port de Yokohama.

« Les principales fabriques de ciment de Portland, au Japon, sont :

La fabrique d'Asano, à Fukagawa, Tokio;

La Compagnie des ciments Suzuki, à Onagikawa, Tokio;

La Compagnie des ciments d'Atsuta, à Atsuta près de Nagoya ;

La Compagnie des ciments d'Osaka, à Osaka;

La Compagnie des ciments Onoda, à Yamagutchi, près de Shimonoséki ;

La Compagnie des ciments du Japon, à Yatsushino, sur la côte de Hiogo.

Il y a quelques autres établissements de peu d'importance, tels que la « Mikawa Compagnie », dans la province de Mikawa; un autre situé dans le Joshiu, et l'on annonce que l'usine de Kawagutchi, à Osaka, qui est fermée depuis quelque temps, va vraisemblablement recommencer à travailler bientôt.

« La craie n'existe pas dans le pays, et la méthode généralement employée dans la fabrication consiste à ajouter à de la chaux éteinte ordinaire (chaux hydratée) une certaine proportion d'argile, ordinairement sous la forme de boue argileuse extraite des rizières voisines. La chaux provient surtout de Nimo, Yashiu, Jyo et Tosa. Les matières sont mélangées et triturées dans une grande quantité d'eau au moyen d'appareils travaillant dans des cuves ou bassins; le mélange y est ensuite filtré et envoyé dans des réservoirs ordinaires, où il dépose. La pâte ainsi formée est coupée en pains, que l'on fait ensuite sécher sur des aires chauffées au moyen de conduits de chaleur. La calcination est faite dans des fours intermittents, le combustible employé étant le charbon d'anthracite.

« Les briquettes calcinées sont classées, puis broyées entre une paire de meules tournantes, lesquelles ont ordinairement $1^{m},80$ de diamètre et $0^{m},30$ d'épaisseur. La poudre de ciment ainsi obtenue est alors passée au blutoir recouvert de gaze; après l'avoir laissée refroidir, elle est enfin mise en barils ou en sacs pour la vente. Les triturateurs, les moulins et les blutoirs sont mus par une machine à vapeur. On consacre ordinairement un jour par mois au nettoyage et aux réparations. A la manufacture d'Osaka, la méthode simple précédemment décrite a été dernièrement perfectionnée à certains égards. L'argile à l'état sec (provenant d'Akashi) est pulvérisée par des pilons mus par la vapeur; la chaux et l'argile en poudre sont soigneusement tamisées et mélangées à sec au moyen de distributeurs mécaniques. La poudre mélangée est ensuite envoyée dans des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cuves en maçonnerie de briques, où elle est humectée avec une faible quantité d'eau et laissée au repos pendant 24 heures. La pâte est alors moulée, à la main, sous forme de briquettes d'environ 3 3/4 décimètres cubes, que l'on fait sécher en partie à l'air avant de les passer au séchage sur aires chauffées.

« A la manufacture « Onoda », en outre de six fours et de leurs accessoires pour la fabrication par le procédé décrit plus haut, il a été importé d'Allemagne tous les appareils nécessaires à la fabrication de 600 tonnes de ciment par mois au moyen d'un procédé plus moderne ; ces appareils fonctionnent depuis environ trois années (1889). Dans ce dernier procédé, la pierre à chaux et l'argile provenant de lits voisins sont broyées et finement pulvérisées par des appareils mus à la vapeur, et, après le mélange, la poudre est humectée avec une quantité d'eau suffisante ; la pâte obtenue est ensuite moulée en grosses briquettes que l'on fait sécher à l'air et enfin calciner dans un four « Hoffmann » modifié *ad hoc*. Toutes les machines sont d'excellente construction, et le tamisage est fait ici d'une meilleure manière que dans n'importe quelle autre usine. On m'assure que le ciment ainsi fabriqué est de bonne qualité, mais je ne sais pas si cet établissement a atteint le maximum de production dont il est capable.

« A Yatsushiro, la chaux est fabriquée sur place avec une excellente pierre à chaux, dont il existe une quantité inépuisable dans un groupe de petites îles appartenant à la compagnie, et situées à 3 ou 4 kilomètres de la manufacture. »

L'argile est extraite, à proximité de l'établissement, des alluvions de l'estuaire de la rivière Kumagawa.

Au sujet de la qualité du ciment fait à l'usine de Yatsushiro, M. Forster dit dans son rapport :

« L'analyse chimique de ce ciment a donné :

Silice	21,00	p. 100
Alumine	8,50	—
Peroxyde de fer	2,53	—
Chaux	60,72	—
Magnésie	0,96	—
Sulfate de chaux	2,54	—
Matières inertes	1,62	—
Perte pendant la calcination, eau carbonatée	2,13	—
TOTAL	100,00	—

Le général Palmer ajoute que la capacité de production ordinaire des différentes manufactures peut être approximativement établie comme suit. (Tableau, p. 357):

Le coût moyen de la production doit varier aux différentes usines, suivant que les fabricants ont eu ou non la sagesse de placer leurs établissements dans les localités qui fournissent les matières premières nécessaires, et, indépendamment du coût de la main-d'œuvre, de l'importance des usines et du système des machines et appareils employés. Par suite l'avantage doit être en faveur des éta-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

blissements de Yatsushiro et de Yamagutchi. Probablement le coût de la production doit être entre 52 et 64 francs par tonne de ciment mis en barils contenant 400 livres anglaises chaque (181 kilog. environ). Le prix de vente sur le marché de Tokio peut, en moyenne, être établi de 84 à 88 francs par tonne (1).

ÉTABLISSEMENTS.	NOMBRE de FOURS.	CAPACITÉ MOYENNE de PRODUCTION ANNUELLE.
Asano (Tokio)	14	12000 tonnes.
Suzuki compagnie (Tokio)	9	6000 —
Atsuta — (Nagoya)	11	7000 —
Osaka — (Wakayama)	6	4000 —
Onoda — (Yamagutchi)	6	*3600 —
Nippon — (Yatsushiro)	16	13400 —

* Par le procédé d'abord décrit; le rapporteur ignore la production par les machines allemandes.

La qualité des produits fabriqués aux différentes usines varie également. Les analyses ont établi que les ingrédients et la proportion dans laquelle ils sont employés sont généralement satisfaisants, et il y a certainement eu une amélioration sensible dans la qualité des produits récemment livrés.

Les fabricants japonais se sont maintenant rendu compte de l'importance,

(1) M. T.-B. Glover, un résident de Tokio que l'expérience des affaires au Japon rend une autorité en la matière, a eu l'obligeance de nous donner comme suit les prix de vente à Tokio des ciments fabriqués par les divers établissements.

ÉTABLISSEMENTS.		PRIX COURANT EN YEN OU DOLLARS.	PRIX CORRESPONDANT EN FRANCS (au taux de 4 francs par yen ou dollar).
Asano	Le baril de 400 livres ou 181 kilos environ	4,00 à —	16
Suzuki compagnie	—	3,50 à 4,00	14 à 16
Atsuta —	—	3,50 à 4,00	14 à 16
Osaka —	—	3,50 à 4,00	14 à 16
Nippon —	—	4,50 à —	18

M. Glover mentionne également une fabrique, dans la province de Shimotsuki, capable de fournir 600 barils (de 161 kilogrammes) par mois, et deux fabriques de ciment naturel situées dans les provinces de Noto et de Yetchiu respectivement, dont la production mensuelle atteint pour chacune 2000 à 2400 barils de 400 liv. angl.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

non seulement des connaissances techniques, mais encore des soins incessants et du besoin d'uniformité dans la qualité ; cette uniformité faisait défaut dans les premiers ciments de fabrication japonaise et leur a valu une réputation douteuse dont ils se relèvent seulement.

Des ingénieurs et des chimistes ont été envoyés aux manufactures d'Angleterre et d'Allemagne pour apprendre les secrets du métier ; et l'apprentissage ainsi fait, joint à la stimulation créée par une constante augmentation de la demande et par une concurrence assez vive, a eu un effet salutaire sur la fabrication en général. La pulvérisation et le tamisage ont tout particulièrement été améliorés ; mais dans la calcination il y a sans doute encore quelque chose à apprendre, que seule une longue expérience peut apporter. Somme toute, on peut dire que si les meilleurs ciments japonais ne sont pas tout à fait aussi bons que les produits européens, néanmoins on peut s'en servir avec confiance, sous certaines précautions, pour toutes sortes de travaux de construction. Les désignations précises doivent être strictement données ici comme partout ailleurs, et les ciments doivent être systématiquement essayés suivant les préceptes modernes, de même que de temps en temps on doit recourir à des analyses faites par un expert. Il faut observer que les ciments importés sont toujours plus ou moins altérés par le voyage, tandis que le frêt, l'assurance et les autres frais font plus que doubler leur prix initial pour le consommateur au Japon. Le ciment japonais n'a à souffrir d'aucun de ces désavantages, et comme sa qualité s'améliore régulièrement, tout en étant accompagnée par une production toujours croissante, il est fort probable que le commerce d'importation du ciment étranger diminuera jusqu'à cesser complètement (1).

Il n'y a pas de doute que l'exemple de la « Onoda Compagnie » sera suivi par d'autres manufacturiers, qui introduiront dans leurs usines des procédés économiques à l'aide de machines européennes. M. Asano, croit-on, a déjà l'intention d'établir une nouvelle manufacture à Moji (en face de Shimonoséki) pour fabriquer du ciment avec de la pierre à chaux et de l'argile pulvérisée.

E. Verreries. — La manufacture du verre est une des plus anciennes industries introduites au Japon, et a été exploitée sur une échelle comparativement vaste. M. Lay énumère neuf verreries (2) à Osaka seulement, lesquelles représentent un capital total de 886 500 francs et occupent 287 ouvriers. Du verre produit dans ces établissements a été exporté, en 1890, pour la somme de 277 300 francs, dont

(1) Le commerce d'importation du ciment de Portland a déjà souffert de la fabrication du ciment au Japon ; la quantité importée, en 1890, n'étant que de 14 720 tonnes, alors que l'année précédente (1889) elle était encore de 17 826 tonnes. Les statistiques des douanes ne sont pas, toutefois, des indications correctes sur le développement de cette industrie, car la production indigène a principalement répondu à l'augmentation considérable de la demande pendant les dernières années.

(2) Et il dit qu'il y en a d'autres, dont la plus importante est fermée en ce moment.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

80 p. 100 est allé en Chine, 15 p. 100 à Hong-Kong et une petite quantité à Vladivostock et à San-Francisco.

On fabrique également du verre à Nagasaki. M. Forster écrit au sujet de cette verrerie : « L'entreprise fut fondée en 1888, avec un capital de 40 0000 francs et dans l'intention de fournir des ustensiles en verre à Nagasaki et aux districts voisins. Les principaux articles fabriqués par cette compagnie sont des verres, des globes et des corps de lampes, des gobelets et des bouteilles ; il en est exporté de grandes quantités en Corée et à Vladivostock, et la consommation indigène est également considérable. La roche dont on fabrique le verre est apportée à l'état de poudre et en sacs, de la province de Mikawa, près de la baie d'Owari. En dépit du frêt de 1 fr. 80 par sac de 60 kilos environ, par bateau à vapeur, il a été trouvé préférable d'importer la roche du district ci-dessus, plutôt que d'employer celle que l'on trouve aux environs de Nagasaki. Cette dernière roche a, lorsqu'elle est pulvérisée et fondue, une teinte bleuâtre due à la présence du fer.

Bien que cette entreprise soit encore montée sur une faible échelle, elle est activement poussée et on lui cherche avec ardeur des débouchés commerciaux. Les dépenses mensuelles, en y comprenant les salaires payés à 27 ouvriers, sont évaluées à 2 400 francs, et la moyenne des bénéfices pour la même période est d'environ 380 francs. »

La plus grande verrerie du Japon est celle de Tokio, propriété de la Compagnie de verrerie de Shinagawa.

Cette manufacture fut primitivement fondée par le prince Sanjo, dès l'année 1872 ; un Anglais était alors attaché à l'établissement en qualité d'instructeur. Elle passa ensuite dans les mains du Gouvernement, et devint subséquemment la propriété de deux marchands japonais qui la vendirent à la Compagnie actuelle, en 1888.

Le capital de la Compagnie est de 2 400 000 francs, et elle ne reçoit aucun appui du gouvernement. On fabrique principalement des bouteilles pour la bière et le vin, des bouteilles à médecines et de la verrerie de table de qualité bon marché. Il en est exporté une petite quantité en Chine et à Hong-Kong, mais la plus grande partie de la production est absorbée par la consommation indigène. La matière employée pour les articles de qualité supérieure vient de la province de Mikawa, et celle employée pour les bouteilles à bière est tirée de la province de Boshiu.

Le nombre total des ouvriers est de 143, dont 8 femmes ;

Le salaire journalier d'un homme étant d'environ 1 fr. 20 ;

La production moyenne est de :

Verrerie de table	41 128	pièces
Bouteilles à bière, vin et médecines	97 424	—
Divers	726	—

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'année dernière, la compagnie n'a pas payé de dividende.

Le verre produit dans les verreries japonaises est, somme toute, de fabrication grossière; ce qui est probablement dû en partie à ce fait que presque tous les articles demandés sont de prix inférieurs. On peut néanmoins douter que les souffleurs japonais soient arrivés à l'habileté nécessaire pour produire les sortes plus fines. Dans tous les cas, en ce qui concerne la fabrication du verre à vitres, l'industrie n'a pas réussi.

L'article étranger est resté meilleur marché et de qualité supérieure à celui fabriqué au Japon. Les statistiques des douanes montrent que la valeur des importations de verre, en 1890, — et il s'agit ici principalement de verre à vitres, — a été double de celle des importations du même article en 1884.

F. Briqueteries. — La brique est très extensivement manufacturée au Japon. Des détails concernant trois établissements sont donnés par M. Layard. Il paraît y avoir, d'après le rapport de M. Layard, deux briqueteries dans la préfecture de Kanagawa; celle de Yokohama, située à Yokohama même et appartenant à une compagnie, et une autre située dans un village des environs de ce port, laquelle est la propriété d'un particulier. Les briques sont faites pour la consommation locale ou indigène, mais il en a été exporté une faible quantité à Vancouver, à titre d'expérience; au cas où la vente en justifierait l'exportation, les briques pourraient y être transportées comme lest à prix très réduits. Les salaires payés par la plus importante de ces briqueteries varient de 1 franc à 1 fr. 35 par jour pour les hommes, et de 0 fr. 47 à 0 fr. 78 par jour pour les femmes. Le nombre d'ouvriers employés à la briqueterie de Yokohama varie de 150 à 200, dont la majeure partie sont des hommes.

La troisième briqueterie dont il est fait mention, est située à Nagasaki, et appartient à une compagnie; la plupart des actions sont cependant possédées par des capitalistes de la localité. Elle fut établie en 1888, au capital de 40 000 francs; elle emploie 130 ouvriers.

G. Brasseries. — Les brasseries les plus connues au Japon, en outre de celle de Yokohama qui est une entreprise étrangère, sont la brasserie Sakurada, située à Tokio et établie en 1879, et la brasserie Yébisu, établie aux environs de la cité, en 1890.

Les deux brasseries Sakurada et Yébisu sont la propriété de compagnies et ne reçoivent aucune aide officielle. La bière que l'on y fait est surtout destinée à la consommation indigène, mais on l'exporte aussi en Chine, à Hong-Kong et jusqu'à Singapoore.

La méthode suivie est allemande, chaque brasserie ayant un chef brasseur de cette nationalité. Le houblon est importé d'Allemagne, mais tandis que la Sakurada se sert d'orge japonais, la Yébisu importe du malt allemand.

En 1890, la compagnie Sakurada a payé un dividende de 15 pour 100. Celle

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de Yébisu a également payé un dividende de 10 pour 100 pour le premier semestre de la même année; mais en raison de pertes subies pendant le semestre suivant, un appel de fonds a dû être fait aux actionnaires à la fin de l'année.

L'année dernière n'a pas été favorable aux brasseurs, car, en raison de la dépression du commerce, de l'épidémie de choléra et de l'interruption des moyens de communication par tout le pays par suite des inondations, la consommation de bière a été très inférieure à ce que l'on avait prévu.

En comparant l'exploitation de la brasserie Yébisu à celle de la Compagnie de la brasserie du Japon à Yokohama (« Japan Brewery Company »), M. Playfair dit : « Pour un temps la concurrence entre ces deux compagnies a été très vive, mais finalement la compagnie de Yokohama a affirmé sa supériorité. Pendant l'année 1890, celle-ci a fait environ 78 000 francs de bénéfice. Cette dernière entreprise, qui est pratiquement conduite par des étrangers, bien qu'il y ait un Japonais parmi les directeurs, fait beaucoup de publicité et pousse à la vente de sa bière avec beaucoup d'énergie. La valeur au pair des actions de ces deux compagnies est de 30 dollars (120 francs) pour la compagnie Yébisu, et de 100 dollars (400 francs) pour la « Japan Brewery Company » de Yokohama; tandis que la valeur actuelle desdites actions sur le marché est de 14 dollars et demi seulement (58 francs) pour la Yébisu, et de 132 dollars (528 francs) pour la compagnie de Yokohama... »

L'importation de la bière au Japon n'a été, en 1890, que de 102 227 douzaines de bouteilles alors qu'il en avait encore été importé 139 084 douzaines en 1889; il est probable que cette importation diminuera graduellement.

H. Tanneries. — La manufacture du cuir au Japon, d'après les méthodes étrangères, date de l'année 1866, alors que fut établie la première tannerie.

Le développement de cette industrie n'a pas été rapide, et jusqu'à présent la production indigène ne paraît pas avoir sérieusement affecté l'importation du cuir étranger, l'augmentation de la production au Japon rencontrant une augmentation dans la demande (1).

Le rapport de M. Lay mentionne quatre tanneries, trois à Osaka et une à Kobé; les trois premières appartenant à des particuliers et la dernière à une compagnie; le capital total investi dans ces entreprises était de 440 000 francs. Le cuir préparé est entièrement consommé dans le pays.

Il y a aussi une compagnie de tannerie à Nagasaki, établie depuis 1890 avec un capital de 58 000 francs environ. M. Forster observe que cette tannerie est dans une situation florissante, et ajoute :

« Les écorces qu'on emploie pour tanner les peaux sont tirées de la province

(1) Il est vrai que l'importation du cuir en 1890 a été considérablement moindre que celle de l'année précédente, mais les affaires d'importation dans cet article sont sujettes à des fluctuations.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de Satsuma; ce sont celles d'une espèce de chêne, le « Quercus dentata », d'un conifère, le « Thuya obtusa », et de la vigne sauvage, qui sont le plus utilisées dans cette industrie. On reçoit annuellement 250 tonnes d'écorce à la tannerie, où on la coupe à la main en petits morceaux de 5 centimètres environ; on la porte ensuite à un moulin à eau qui la broie à la finesse voulue. Les peaux proviennent surtout de Corée. On importe aussi des peaux de chiens en petite quantité. Lorsque les peaux sont préparées, elles sont généralement envoyées à Osaka. Le cuir est d'une qualité très inférieure à celle du cuir importé de l'étranger. »

VI. — Petites Industries.

Les diverses industries précédemment décrites sont loin d'épuiser la liste des industries étrangères exploitées à présent au Japon.

Le Japon fabrique maintenant ce dont il a besoin d'acide sulfurique, de soude caustique et de chlorure de chaux (1), articles pour lesquels il dépendait de l'Europe.

La manufacture des chaussures, ainsi que celle des vêtements et des chapeaux à l'européenne, se développent, bien que l'importation de ces derniers articles n'ait pas encore été affectée en raison de la demande toujours croissante des articles du costume étranger. D'autres industries s'implantent également dans le pays, telles que la fabrication des brosses, de la sellerie, de la carrosserie, des couleurs pour la peinture, de l'huile pour les machines, des planches sciées mécaniquement, des tapis, des parapluies (2), des cigarettes, des engrais artificiels, des coffres-forts, des pailles tressées, — article dont il est fait un grand commerce d'exportation, — etc.

Une autre industrie, dans laquelle les manufacturiers d'Angleterre et de l'Inde sont intéressés, est celle des toiles grossières qui servent à faire des sacs; cette industrie est exploitée dans le voisinage de Kobé. D'après le rapport de M. Lay, une nouvelle manufacture, dans laquelle une maison étrangère est intéressée, bien que le principal propriétaire soit Japonais, a été établie dans cette localité. Cette manufacture contient 40 métiers ainsi que les autres appareils nécessaires, et peut fabriquer 4 000 sacs en 10 heures.

M. Layard parle, d'autre part, de trois fabriques d'appareils pour l'éclairage électrique, dont deux sont établies à Tokio et une à Yokohama. Ces diverses fabriques font des fils conducteurs recouverts en soie, des lampes à incandescence, etc.; les articles fabriqués sont, somme toute, de qualité inférieure, mais dans bien des cas leur bon marché les met à même de faire concurrence aux

(1) Dans le cas d'acide sulfurique, de soude caustique, de chlorure de chaux et d'allumettes, les risques de transport et les prix de frêt et d'emballage sont si considérables que l'importation de ces produits en est rendue très difficile.

(2) Les montures de parapluies sont encore importées.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

appareils d'éclairage électrique importés de l'étranger. (1). Les dynamos sont encore importées d'Amérique, et toutes les tentatives faites en vue de les fabriquer sur place ont échoué jusqu'ici.

Il y a encore, au Japon, une fabrication importante de livres de comptes, registres, au sujet de laquelle M. Playfair dit : « Cette industrie ne prit une notable extension qu'en 1879, époque depuis laquelle elle s'est graduellement accrue. On compte dans ce district (Tokio) 7 compagnies et plus de 200 particuliers engagés dans ce genre d'affaires. Le but qu'on se propose est de faire concurrence aux articles similaires importés de l'étranger, et quelque succès a déjà été obtenu, car l'importation des livres de comptes, en 1890, indique une diminution de plus de 50 000 francs comparée à la valeur des importations pendant l'année précédente. Cette industrie occupe plus de 1 200 ouvriers, dont la majorité sont des femmes.

On peut se rendre compte par ce rapport des efforts considérables que le Japon a faits pour introduire l'industrie étrangère dans le pays, et constater que ces efforts ont été sérieusement couronnés de succès. Dans quelques industries, le Japon se suffit maintenant, la concurrence étrangère n'étant plus possible ; dans quelques autres, les résultats déjà acquis permettent de prédire que le temps n'est pas éloigné où l'importation cessera complètement. L'avenir de certaines autres spécialités, — comme par exemple la filature du coton, — est sinon assuré, du moins rempli d'espérances; tandis que, même dans les branches où les plus faibles résultats ont été obtenus, le Japon possède un avantage constant dans le bon marché de la main-d'œuvre. Et jusqu'à présent ces progrès n'ont pas été réalisés au détriment des diverses industries artistiques qui sont plus particulièrement propres au Japon. Alors même qu'il y ait quelque vérité dans la critique tendant à déprécier les progrès accomplis, parce qu'ils sont imitatifs et non « constructifs », il reste ce fait que le Japon, un pays oriental, a été capable de se séparer des contrées-sœurs de l'Orient et de profiter des inventions occidentales jusqu'à un point qui permet d'augurer favorablement pour les années à venir. D'autre part on doit se rappeler que les remarques conclusives faites dans ce rapport au sujet de la filature du coton s'appliquent également à toutes les grandes opérations industrielles conduites par le peuple japonais. Le besoin de coopération étrangère, pour développer efficacement toutes ces entreprises, est admis par les observateurs compétents; nous entendons coopération sous forme de capital, d'expérience, d'organisation et de connaissances professionnelles, sans laquelle les manufacturiers étrangers n'auront pas à craindre la concurrence japonaise pendant bien des années encore.

Une autre question, suggérée par un observateur attentif des indus-

(1) Principalement des États-Unis.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tries japonaises, s'impose à ceux qui ont entre leurs mains l'avenir industriel du Japon, à savoir s'il est entièrement sage, pour une nation d'ouvriers-artistes, limitée dans ses ressources, de s'infliger le fardeau de la concurrence avec le monde entier, dans les principaux articles produits par les manufactures occidentales.

NOTICES INDUSTRIELLES

EXTRAITES DES PUBLICATIONS FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES.

Appareil servant à mesurer la consommation de l'eau employée dans les moteurs à vapeur actionnant des dynamos, par M. W. A. Allen. — Dans le système actuellement employé à l'arsenal de Portsmouth pour essayer les moteurs à vapeur actionnant des dynamos, la vapeur est fournie par une grande chaudière de locomotive, d'une capacité égale à cinq ou six fois celle de la chaudière des moteurs. Des réservoirs gradués, du type ordinaire, servent à mesurer l'eau fournie à la chaudière. Dans ce système, on fait l'épreuve du générateur en même temps que celui des moteurs, tandis qu'il serait préférable de faire séparément l'essai relatif aux moteurs et aux dynamos, indépendamment du générateur, pour de petits moteurs comme ceux qui servent à conduire les dynamos, et il est impossible d'obtenir un résultat exact avec une aussi grande chaudière. En effet, la mesure résulte de la lecture de la hauteur de l'eau, hauteur donnée par un index mobile ou par l'observation du tube de niveau de la chaudière; or, en raison de la grande surface du liquide, la plus légère erreur de lecture entraîne évidemment une erreur considérable dans le calcul du volume. En outre, une expérience ne peut durer moins de six heures, et devient par suite coûteuse.

Lorsque l'auteur a commencé à construire dans ses ateliers des dynamos et des machines à vapeur, il a d'abord suivi pour les essais en question la méthode des arsenaux de l'État; il a constaté qu'il ne pouvait obtenir de résultats certains si les essais duraient moins de six heures, et a évalué à cinq livres sterling (125 fr.) la dépense résultant d'un essai, ce qui augmentait notablement le prix de revient.

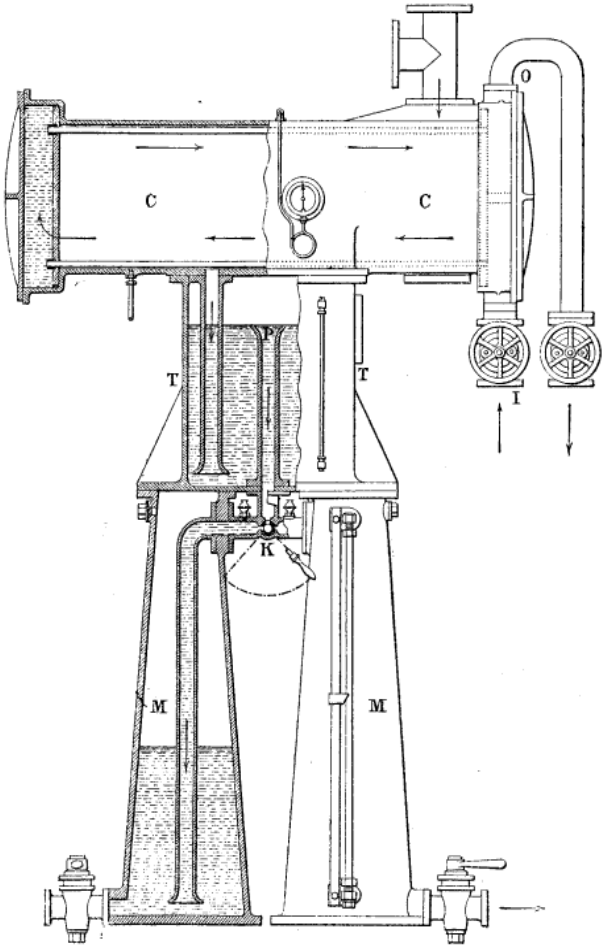
Il a cherché alors un mode d'essai plus pratique et moins coûteux, et a été conduit à adopter le dispositif représenté sur la figure ci-jointe (fig. 1), dispositif applicable à une machine de 100 chevaux. (La dynamo-type correspondante, construite pour un courant de 400 ampères, et 80 volts, n'exigeait qu'un moteur de 60 chevaux, et par suite un modèle un peu plus petit aurait pu suffire.)

A la partie supérieure de l'appareil se trouve un condenseur horizontal à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

surface C, du type ordinaire; l'eau circule à l'intérieur de tubes qu'entoure la vapeur d'échappement de la machine; l'eau de condensation est recueillie dans le réservoir T situé en-dessous, d'où elle passe par le tuyau de trop-plein P et la vanne K, dans l'un ou l'autre des deux réservoirs de jauge MM, qui constituent les colonnes creuses supportant le réservoir T et le condenseur C.

Ces colonnes étant de petit diamètre par rapport à leur hauteur, le poids de l'eau condensée est donné très exactement par une lecture sur un tube de niveau fixé extérieurement et sur une échelle graduée d'avance expérimentalement et avec soin.



Pour que les tubes du condenseur soient toujours complètement remplis d'eau, on fait entrer le liquide à la partie inférieure du condenseur par le tuyau I et il ressort à la partie supérieure par le tuyau O, en suivant le trajet indiqué par les flèches.

Chacun des deux réservoirs de jauge MM suffit pour établir, pendant quinze minutes environ, la dépense d'une machine de 100 chevaux. La vanne K, placée entre ces deux réservoirs, permet de prolonger l'essai aussi longtemps qu'on le désire.

L'appareil ainsi disposé a été construit pour des moteurs à libre échappement, mais il pourrait également servir dans le cas de machines à condensation, en le munissant d'une valve qui isolerait le condenseur C du réservoir T, puis reliant comme d'ordinaire le condenseur à l'aspiration de la pompe à air et le réservoir T au refoulement.

M. Allen a effectué avec cet appareil un grand nombre d'essais, la durée des épreuves variant de dix minutes à six heures, et il a constamment vérifié que

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'exactitude des résultats était indépendante de leur durée. La dépense occasionnée par une expérience soigneusement faite s'élevait à quatre ou cinq shellings (5 fr. à 6 fr. 25), au lieu des cinq livres sterling (125 fr.) dont nous parlions tout à l'heure.

On a objecté que, dans cette méthode, on ne tenait pas compte de l'eau condensée dans les espaces nuisibles des cylindres ; mais M. Allen pense que dans les nouvelles machines cette quantité est négligeable, ou du moins assez faible pour ne pas entrer, d'une manière appréciable, en ligne de compte. On a fait remarquer aussi que l'eau, en circulant dans les tubes des condenseurs, pouvait passer par suintement de ces tubes dans les réservoirs-jaugeurs, et fausser ainsi les résultats. Mais l'appareil décèle aisément les suintements de ce genre : en fermant la vanne de sortie et en interrompant la circulation de l'eau, on reconnaît immédiatement les fuites, et la jauge en indique l'importance. Cette épreuve préalable a été faite avant le commencement de chaque expérience.

Dans toutes les machines neuves, il a été nécessaire de procéder à de nombreuses modifications avant de pouvoir déterminer définitivement la consommation d'eau, et chacune de ces modifications a entraîné des différences parfois considérables dans la quantité de vapeur employée. Un seul essai, on le conçoit donc, était absolument insuffisant, et pour se conformer aux exigences de la marine, il a fallu souvent répéter jusqu'à vingt fois les épreuves. Avec le dispositif que nous venons de décrire, une série de cinq épreuves précises pouvait être achevée en une heure, et n'entraînait qu'une dépense de vingt shellings (30 francs) au plus.

(*Proceedings of Institution of Mechanical Engineers.*)

Le cuivre trempé. — La découverte du procédé permettant d'augmenter la résistance du cuivre, a fait, pendant des années, l'objet de nombreuses recherches.

Malgré qu'il soit bien reconnu que ce métal ait pu être trempé par les anciens, comme le prouvent beaucoup d'outils à tranchant de cuivre exposés dans différents musées, cette opération semble avoir été complètement oubliée jusqu'à ce que M. Almer Thomas en ait retrouvé le secret à la suite d'expériences nombreuses.

M. Thomas a en effet trouvé un procédé par lequel on peut fondre le cuivre pur sans l'aide d'aucune espèce d'alliage et sans soufflures et un autre, soit pour augmenter la dureté du cuivre ainsi fondu et le rendre propre aux diverses applications industrielles, soit pour le rendre aussi malléable que du fer forgé et susceptible d'être soudé ou façonné au marteau sous une forme quelconque.

Cette invention a été exploitée par la Compagnie des cuivres trempés « Euréka ». Cette Compagnie a construit de vastes ateliers comprenant 12 grands fourneaux, elle fabrique principalement dans ses ateliers des commutateurs, tiges et balais pour machines électriques.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Malgré tous les efforts que l'on a pu faire pour supprimer l'emploi du cuivre pour toutes les pièces de fatigue des appareils électriques, aucun des métaux que l'on a essayé de lui substituer n'a paru donner des résultats comparables. A différentes reprises on a tenté de se servir de tiges de commutateurs en bronze ou en divers alliages et même en fer, mais tous ces métaux manquent de ténacité ou de conductibilité, qualités essentielles que possède seul le cuivre, tandis que le cuivre trempé passe pour réunir toutes les qualités voulues.

La grande usure que l'on remarque dans certaines pièces essentielles utilisées dans les chemins de fer à traction électrique, a provoqué diverses applications importantes du cuivre trempé, notamment pour l'établissement des engrenages transmettant la force du moteur à l'essieu de la machine ainsi que pour la fabrication des poulies qui recueillent le courant du fil aérien.

En ce qui concerne les roues d'engrenage, l'emploi du cuivre trempé n'offre pas seulement par sa ténacité une garantie de bonne durée, il a aussi l'avantage de supprimer dans une large mesure le bruit caractéristique et si désagréable des pignons en acier.

Les qualités du cuivre trempé ressortent également d'une façon toute spéciale dans la fabrications des fers à souder si nécessaires aux électriciens; car ce métal est peu exposé à brûler.

De nombreuses expériences ont démontré que le cuivre trempé contient 99,981 p. 100 de cuivre pur et qu'il a une résistance à la traction de 25 kilogrammes environ par millimètre carré. Une expérience faite récemment au Ministère des Travaux publics autrichien, à Vienne, a donné une résistance à la traction plus grande dans ce métal que dans certains aciers.

On emploie sur une très grande échelle le fil de cuivre trempé dans tous les cas où il est nécessaire d'avoir une grande résistance et son application à la téléphonie et à la télégraphie s'étend très rapidement aux États-Unis, en raison de sa conductibilité qui est bien supérieure à celle des autres alliages de cuivre. Sa texture fibreuse en fait un excellent métal pour les supports.

Une analyse chimique faite par le Dr F. A. Genth, de Philadelphie, indique la pureté absolue du cuivre trempé, aucun produit ne s'y trouvant incorporé par suite de la trempe.

(*Iron.*)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

SÉANCES DU CONSEIL D'ADMINISTRATION

PROCÈS-VERBAUX

Séance du 12 mai 1893.

Présidence de *M. Tisserand*, Président.

M. le Ministre de l'Agriculture adresse la circulaire suivante intitulée : *Instructions aux professeurs d'agriculture sur les moyens d'atténuer les effets de la sécheresse sur les fourrages.*

Monsieur le Professeur,

La persistance de la sécheresse a détruit ou compromis la récolte des fourrages semés en automne; les cultivateurs ont épuisé la plus grande partie de leurs ressources pour la nourriture du bétail; les prairies naturelles qui ne sont pas situées dans les fonds ordinairement humides ne donneront, selon toute apparence, qu'une récolte absolument insuffisante en foin. Il faudra donc, dans une époque rapprochée, ou que les cultivateurs vendent une partie de leurs troupeaux par suite de l'insuffisance de nourriture, ou qu'ils se créent de nouvelles ressources en denrées fourragères.

Cette situation impose au Ministre de l'Agriculture le devoir de leur rappeler les moyens les plus efficaces pour constituer les approvisionnements nécessaires à l'alimentation du bétail, afin d'empêcher qu'une vente anticipée vienne avilir les cours, et les priver d'une des ressources essentielles de la ferme : la production du fumier.

La disette de fourrages amène en effet la disette de toutes les autres récoltes, dont elle augmente le prix de revient en diminuant les fumures, d'où l'urgence, dans l'intérêt des producteurs agricoles comme de la consommation générale, de prendre les mesures les plus rapides pour parer aux inconvénients qui pourraient résulter de l'état de choses actuel.

Nous sommes au commencement de mai, il est donc nécessaire de rappeler les semis de fourrages spéciaux à faire dans le courant de ce mois et du mois suivant et pouvant résister aux chaleurs estivales afin de permettre aux cultivateurs d'avoir des fourrages verts. L'ensilage de certaines plantes pourra constituer une précieuse réserve pour l'arrière-saison et durant l'hiver dans des régions où la culture des racines ne donne pas de résultats, où la culture ne peut compter que sur les récoltes provenant des prairies naturelles et artificielles dont le rendement sera médiocre ou nul. Je vous prie donc d'indiquer aux agriculteurs, soit par la voie des journaux locaux, soit par le bulletin administratif du département, soit par les publications des sociétés d'agriculture et des comices

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de votre région, soit encore, et préférablement, par vos conférences, que vous multiplierez à cet effet, les plantes qu'il est le plus utile de semer suivant le sol, les altitudes et les aptitudes de votre région.

Vous leur indiquerez notamment que si, dans certains terrains, sous diverses latitudes, la betterave, le rutabaga, le chou branchu, les navets-raves peuvent être semés avec chance de succès pour la récolte, il est d'autres régions où il faut semer des graminées ou des légumineuses pour récolter à l'état vert ou pour ensiler de septembre à novembre.

Vous insisterez notamment sur les avantages de la culture du maïs-fourrage qui a pris une si grande extension depuis que les procédés d'ensilage ont ouvert une voie nouvelle et féconde à la culture fourragère.

Le maïs peut en effet se semer jusqu'à la fin de juin et en espaçant les semis on peut obtenir plusieurs récoltes successives de fourrage vert qui constitue une précieuse ressource pour l'alimentation du bétail.

Vous indiquerez avec soin la nature des amendements et des engrais qui sont nécessaires, et vous insisterez sur l'importance de joindre aux fumures naturelles les quantités de superphosphate de chaux, de sulfate d'ammoniaque, de nitrate de soude, de chlorure de potassium et autres engrais, indispensables pour obtenir promptement dans les différents sols d'abondantes récoltes.

Fumer au maximum, c'est encore le moyen le plus rationnel d'obtenir la récolte à meilleur marché.

Vous enseignerez d'une façon toute spéciale les moyens employés pour la conservation des fourrages verts en arrière-saison et en hiver, par la pratique de l'ensilage ; vous signalerez aussi les procédés les plus économiques qui peuvent être à la portée de la moyenne et de la petite culture.

Un petit cultivateur désireux de conserver les quelques têtes de bétail qui sont sa principale richesse peut, dès maintenant, utiliser une parcelle de terre pour semer du maïs précoce de Molteaux ou quarantin.

Après avoir fait tremper les graines dans un peu d'eau, il les distribue au plantoir, en mettant deux grains par trou en lignes espacées de 30 à 40 centimètres, et à distance de 30 centimètres, dans un sol fumé avec 30 000 kilogrammes de fumier à l'hectare, et sur lequel il aura répandu, au moment de la semaille, 200 kilogrammes de superphosphate de chaux, et 150 kilogrammes de nitrate de soude. Cette préparation lui permettra de faucher en juillet une bonne récolte de maïs, de 50 000 à 60 000 kilogrammes à l'hectare. Dans une seconde parcelle, il peut semer du maïs dent-de-cheval ou du maïs des Landes, qu'il récoltera en août et septembre.

C'est à ce moment que la plus forte part de ce fourrage doit être ensilé, soit avec la tige entière, soit après un hachage préalable en menus morceaux.

Vous vous appliquerez à faire pénétrer dans les esprits des cultivateurs les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

services que peut rendre un ensilage bien fait, attendu que cette méthode peut s'appliquer à toute la flore fourragère sans exception, et convient aussi bien aux feuilles d'arbres, aux légumineuses, qu'aux maïs ou aux herbes des prés.

Toute récolte verte peut acquérir par la fermentation alcoolique dans le silo les facultés de conservation qui la rendent apte, durant l'hiver, à la nourriture du bétail, en lui donnant le plus haut rendement en qualités alimentaires.

Les instructions pour la construction des silos doivent porter sur les silos en terrassement soit en fosses, soit superficiels; il faut surtout établir la distribution des silos : 1° suivant la nature du sol où ils seront placés; 2° en silos d'été ou silos d'hiver.

Le type du silo de terrassement économique est celui dans lequel les tiges sont couchées entières à une profondeur de 2 mètres au-dessous du sol, et une élévation totale de 3 mètres environ, avec une épaisseur de $0^{m},85$ de terre au-dessus de la masse fourragère tassée.

Dans les terrains très humides, il faudra préconiser les silos en terrassement à fleur de terre, soit à fond plat, soit à fond avec cuvette plus ou moins profonde.

Vous ajouterez à ces indications des renseignements sur la culture et l'ensilage des autres plantes fourragères dont l'emploi est indiqué pendant les années de sécheresse, et qui peuvent être semées en mai et juin, soit seules, soit en mélanges divers, telles que le sorgho, le moha de Hongrie, le sarrasin ordinaire et de Tartarie, la moutarde blanche, le pois gris de printemps, le millet, l'alpiste. Un vétéran de l'enseignement agricole, M. Heuzé, a, dans ses ouvrages, et notamment dans une instruction répandue par les soins d'un de mes prédécesseurs en 1870, développé sur ces cultures les plus judicieuses, les plus savantes, en même temps que les plus pratiques des considérations.

Telles sont, monsieur le professeur, les données générales que je crois devoir vous rappeler, laissant à votre zèle et à votre dévouement aux intérêts agricoles le soin de les compléter et de les développer suivant la région où vous devez répandre votre enseignement.

Je vous serai reconnaissant de ne rien négliger, dans les circonstances où nous sommes, pour prouver aux agriculteurs français que ni leurs souffrances ni leurs besoins ne sauraient laisser indifférents le Ministre de l'Agriculture, aussi bien que les collaborateurs à tous les degrés qui ressortissent à son département, dont l'importance est si grande dans la République.

M. le Directeur du Conservatoire des arts et métiers écrit qu'il accepte pour le musée de cet établissement un échantillon de copeau de 22 centimètres de large, et de 50 mètres de long, pour lequel MM. Bohin père et fils, manufacturiers à Laigle (Orne), ont obtenu une mention honorable à l'Exposition des produits de l'industrie française en 1844.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Armengaud aîné annonce l'envoi des volumes 19 à 52 de sa publication industrielle des machines.

M. Hutton, secrétaire de la Société des ingénieurs-mécaniciens de New-York, fait ses offres de service aux ingénieurs français qui viendraient visiter cette ville.

La Société royale de la Nouvelle-Galles du Sud envoie le programme des prix qu'elle propose pour les années 1893, 1894, 1895. (Bulletin.)

M. Donkin, ingénieur à Londres, annonce la mort de M. Beau de Rochas, et demande si la Société n'a pas l'intention de publier quelque notice sur les travaux du remarquable inventeur du cycle à quatre temps pour les moteurs à gaz. (Bulletin.)

La Société nationale du Canal des deux mers annonce un concours pour le meilleur projet de canal maritime de l'Océan à la Méditerranée. Cent mille francs de prix sont affectés aux lauréats de ce concours, qui sera clos le 31 décembre 1893. Siège de la Société, rue Rossini, 22, Paris.

M. Célestin Magnin, à Harfleur (Manche). — Lettre sur les progrès à accomplir dans les arts industriels en France, et en particulier sur l'art de la photographie. (Beaux-Arts.)

M. Revel, organiste à Marseille. — Autographie spéciale pouvant servir désormais aux aveugles pour écrire la musique selon la partition usuelle. (Arts économiques.)

M. Boudeville, rue des Charettes, 85, à Rouen. — Utilisation des flots de la mer. (Arts mécaniques.)

M. Bibas, sous-directeur de la Société anonyme des papeteries du Marais et de Sainte-Marie, fait hommage de la traduction qu'il vient de publier de l'ouvrage allemand de Max Schubert intitulé : *Traité pratique de la fabrication de la cellulose*, Baudry et C^ie^ éditeurs. (Bibliothèque.)

M. Marius Vachon envoie deux exemplaires de l'ouvrage qu'il vient de publier : *L'Exposition industrielle et artistique de Saint-Étienne*. Il présente cet ouvrage pour le concours établi par le Comité du Commerce. (Commerce.)

La Société Smithsonienne, de Washington, fait hommage de son Rapport annuel sur le Musée national des États-Unis.

M. Casalonga, membre de la Société, fait hommage du discours qu'il a prononcé au cimetière du Père-Lachaise, le 14 avril 1893, aux obsèques de M. Charles Armengaud jeune, ingénieur-conseil doyen.

Nomination d'un membre de la Société. — Est reçu membre de la Société *M. Torrillon*, fabricant de caoutchouc à Chamalières, par Clermont-Ferrand, présenté par *M. Aimé Girard*.

Rapports des Comités. — *M. Bordet*, au nom de la Commission des Fonds, demande au Conseil de déclarer une vacance dans cette Commission.

Cette vacance est déclarée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Comptes de 1892. — *M. Fouret* fait, au nom de la Commission des Fonds, un rapport sur les comptes présentés par M. le Trésorier, pour l'année 1892.

La Commission des Fonds déclare de tous points exacte et régulière la situation financière de la Société au 31 décembre 1892, présentée par M. le Trésorier.

M. le Rapporteur propose d'approuver ces conclusions, et d'exprimer à M. Goupil de Préfeln, trésorier, les plus vifs remerciements pour le dévouement qu'il ne cesse de prodiguer aux intérêts de la Société.

M. Bordet, censeur, lit, au nom des censeurs, un rapport sur les comptes de l'année 1892. Il propose de les approuver, et s'associe aux remerciements que la Commission des fonds adresse à M. le Trésorier.

Ces conclusions sont adoptées.

Serrure de sûreté. — M. le Colonel Pierre fait, au nom du Comité des Arts mécaniques, un rapport sur la serrure à avertissement électrique de *M. Langlassé,* mécanicien, 93, avenue du Maine. Elle a pour but de signaler la présence des voleurs qui, pour s'introduire dans un appartement, essaient de crocheter la serrure de la porte d'entrée.

Le Comité des Arts mécaniques propose au Conseil de remercier l'inventeur de sa communication, et d'ordonner l'impression du présent rapport, avec un dessin à l'appui, dans le *Bulletin* de la Société.

Ces conclusions sont adoptées.

Générateur de vapeur. — M. Brûll fait, au nom du Comité des Arts mécaniques, un rapport sur le générateur de vapeur de *M. Henri Martin*, 2, rue Sevestre, à Sotteville-les-Rouen (Seine-Inférieure). Cette chaudière présente un groupement habile d'éléments déjà éprouvés, elle produit la vapeur économiquement, avec sécurité, dans un espace restreint, et l'inventeur a cherché à éviter la fumée, puis à rendre faciles et rapides le nettoyage et l'entretien de l'appareil.

Le Comité propose de remercier M. H. Martin de son intéressante communication et d'ordonner l'insertion du présent rapport au *Bulletin* de la Société avec une planche de dessins et une légende explicative.

Ces conclusions sont adoptées.

Transbordement des bateaux. — M. Bienaymé fait, au nom du Comité des Arts mécaniques, un rapport sur une communication faite par *M. A. Mallet*, à propos d'un plan incliné établi à Beauval, par *M. Jules Fournier*, pour le transbordement des bateaux entre le canal de l'Ourcq et la Marne.

L'installation, conçue et exécutée avec une grande simplicité, atteint parfaitement le but pour lequel elle a été créée.

Le Comité propose de féliciter M. Jules Fournier de l'œuvre qu'il a accomplie, et d'insérer dans le *Bulletin* de la Société le présent rapport avec la notice imprimée, accompagnée de plans, que M. Mallet a remise, et qui est extraite du *Bulletin* de la Société des ingénieurs civils.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ces conclusions sont adoptées.

COMMUNICATION. — *Propriétés hygroscopiques des matières textiles.* — *M. Schlœsing* fils fait une communication sur les propriétés hygroscopiques de plusieurs matières textiles.

Ces matières sont douées de propriétés hygroscopiques très marquées, et le commerce dont elles sont l'objet, et plus encore les industriels qui les traitent, peuvent avoir intérêt à savoir quelle quantité d'eau elles prennent ou conservent dans des circonstances données.

Les industries textiles, qui mettent constamment les matières traitées en rapport avec l'air humide, semblent devoir tirer quelque parti de la connaissance des expériences de l'auteur, en ne perdant pas de vue que les relations établies supposent l'équilibre réalisé entre les matières et l'air ambiant. Si l'équilibre n'est pas atteint, elles permettront de savoir vers quelle valeur tend le taux d'humidité des matières, du moment que l'on connaîtra la fraction de saturation de l'air et la température.

M. le Président remercie *M. Schlœsing* de sa très intéressante communication, qui est envoyée au Comité des Arts chimiques, auquel sera adjoint M. Imbs, du Comité des Arts mécaniques.

Séance du 26 *mai* 1893.

Présidence de *M. Tisserand*, Président.

M. Gouzien, rue des Fossés, 10, à Rennes. — Serrure de sûreté à crémaillères. (Arts mécaniques.)

M. Georges Chaneray, quartier-maître mécanicien, à bord du *Duguesclin*, à Toulon. — Perfectionnement des torpilles automobiles. (Arts économiques.)

*MM. Nouel et C*ie, rue de La Rochefoucauld, 56. — *Stable Enduit*, souple, inattaquable, adhérent. (Constructions et beaux-arts.)

M. Berrens, chimiste, à Barcelone (Espagne). — Brochure intitulée : *Association française pour l'avancement des sciences*. Congrès de Pau, 1892. Almaden, ses mines de mercure et ses divers systèmes de réduction du minerai. (Arts chimiques.)

M. Nagler, fabricant, rue Saint-Jacques, 305. — Pince démontable. (Arts mécaniques.)

M. Gavrelle, commissaire de police du quartier de la Madeleine, rue d'Argenson. — Nouveau procédé cryptographique et emploi du cryptographe chiffreur. (Arts économiques.)

M. Pasteur, président de la Société de secours des amis des sciences, adresse une lettre dans laquelle il fait un chaleureux appel en faveur des savants ou de leurs familles qui se trouvent dans le besoin. Cette société voudrait assurer le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pain des derniers jours à ceux qui sont accablés par l'âge ou la maladie, donner quelque sécurité aux veuves et des ressources d'éducation aux enfants de ceux qui n'ont laissé pour héritage qu'un nom respecté et le souvenir de leurs services. (Bureau.)

M. Léon Barbier, ex-capitaine d'état-major auxiliaire, rue Pergolèse, 62. — Installation de l'Écurie rationnelle. (Agriculture.)

M. J. Henrivaux. — Fabrication du cidre par pression et par diffusion. (Agriculture.)

M. Hersent, ingénieur civil, envoie une brochure intitulée : *Murs de quai du port de Bordeaux. Outillage, moyens d'exécution.*

Ministère des Travaux publics. — Statistique des chemins de fer français au 31 décembre 1890. — Documents divers, 1re partie. France, Intérêt général.

Extrait du journal *l'Éclairage au gaz* de Londres. Application de la chaleur intense du gaz à la transformation superficielle des métaux. (Bulletin.)

Collection Leauté. — Introduction à l'électricité industrielle, par P. Minet, 2 vol. in-12, offerts par l'éditeur, MM. Gauthier-Villars et fils.

Nomination d'un membre du conseil. — *M. le Président* ouvre le scrutin pour la nomination d'un membre de la Commission des Fonds.

M. Daubrée, directeur des forêts, ayant obtenu l'unanimité des suffrages, est élu.

Rapports des comités. — *Abaque mécanique. — M. le général Sebert* fait, au nom du Comité des Arts économiques, un rapport sur un appareil pour la transformation des coordonnées, construit par *M. Berthelemy*, rue Dauphine, 16.

Dans un certain nombre de cas on peut avoir à chercher les coordonnées rectangulaires d'une série de points dont la position a été déterminée en coordonnées polaires.

M. Berthelemy a construit, sur les indications de M. Bertrand, adjoint principal du génie, un appareil qui a pour but de donner par de simples lectures les côtés de l'angle droit d'un triangle rectangle dont on connaît l'hypoténuse et l'angle à la base.

Cet appareil peut donc par suite rendre d'utiles services dans un grand nombre de cas et, à ce titre, il y a intérêt à le faire connaître.

Le Comité des Arts économiques propose de remercier M. Berthelemy de sa communication et d'insérer le présent rapport au *Bulletin* avec un bois représentant l'appareil.

Ces conclusions sont adoptées.

Chronographe. — M. le général Sebert fait, au nom du Comité des Arts économiques, un rapport sur un chronographe applicable aux recherches balistiques, construit par *M. W. Schmidt*, rue de Richelieu, 60.

M. Schmidt a cherché à réaliser un appareil analogue à un chronomètre et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qui, sous une forme portative, peut, sans précautions d'emploi spéciales, mesurer avec précision les très courtes durées que l'on a à déterminer lorsqu'on veut mesurer la vitesse d'un projectile.

Déjà des appareils de ce genre ont été mis en service dans plusieurs pays, notamment en Suède, en Norvège, en Danemark et au Brésil, et les résultats obtenus ont été satisfaisants.

Le Comité des Arts économiques propose de remercier M. Schmidt de sa communication et d'insérer le présent rapport dans le *Bulletin* de la Société avec les dessins sur bois nécessaires pour permettre de comprendre la disposition de son appareil.

Ces conclusions sont adoptées.

Appareils contre les voleurs. — *M. Henri Rouart* fait, au nom du Comité des Arts économiques, un rapport sur une série d'appareils qui sont destinés à préserver des tentatives faites par les voleurs ou les cambrioleurs, présentée par *M. Paul Blanchet*, rue Rambuteau, 24.

M. Blanchet applique les détonateurs à une grande variété d'objets, dont les plus importants sont une serrure que le propriétaire de la maison peut ouvrir ou fermer avec un clef passant à travers le mécanisme du détonateur sans le faire jamais fonctionner, tandis que l'introduction de toute autre clef produit une détonation violente entendue à grande distance.

Le Comité des Arts économiques propose de remercier M. Paul Blanchet de sa communication et d'insérer le présent rapport au *Bulletin* de la Société.

Ces conclusions sont adoptées.

Communications. — *Émaillage du fer.* — *M. Octave de Rochefort-Luçay* fait une communication sur les nouveaux procédés Bertrand pour recouvrir d'oxyde magnétique et émailler le fer et les carbures de fer et sur un nouveau procédé d'étamage de la fonte.

L'un des oxydes que forme le fer, l'oxyde salin ou magnétique, Fe^3O^4, est inattaquable par les acides, mauvais conducteur de l'électricité, insensible aux agents atmosphériques et d'une grande fixité. Il est naturel qu'on ait pensé à lui pour soustraire le fer, l'acier et la fonte de fer à l'action de la rouille, sesquioxyde de fer, Fe^2O^3, ennemie née du fer et de ses carbures.

La formation de l'oxyde magnétique, au point de vue théorique, est obscure; sa couleur est bleu-ardoise, noircissant avec le temps.

Deux ingénieurs anglais, MM. Barff et Bower, ont les premiers recouvert pratiquement le fer, l'acier et la fonte d'oxyde magnétique, de manière à former, aux dépens du métal lui-même, la couche protectrice qu'on demande ordinairement à la peinture, à une couche mince d'un métal inoxydable, à l'émaillage, etc.

Pour le fer et l'acier, ils emploient industriellement le procédé célèbre de décomposition de l eau dû à Lavoisier. Ils font passer sur les pièces chauffées à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

800°, dans un four spécial, un courant de vapeur d'eau ; seulement ils surchauffent la vapeur à une température supérieure à celle des pièces à oxyder. Dans ces conditions, l'oxyde magnétique se forme et est adhérent.

On ne peut traiter ainsi la fonte, plus difficilement oxydable. MM. Barff et Bower emploient pour la fonte un autre procédé : ils chauffent d'abord la fonte à 800° environ dans un four spécial; puis : 1° ils insufflent un mélange oxydant d'air et d'acide carbonique ; la fonte se couvre de colcotar (sesquioxyde de fer), c'est la période d'oxydation; 2° cessant d'insuffler l'air et l'acide carbonique, ils font passer des carbures du foyer sur cette fonte oxydée au colcotar ; les carbures s'emparent d'une partie de l'oxygène et Fe^2O^3 devient Fe^3O^4. Ce procédé, spécial à la fonte, est très ingénieux; il est employé avec succès par la maison André, de Cousances (Meuse), en Angleterre et aux États-Unis. La critique qu'on en peut faire est d'être long (la cuisson dure quatre à cinq heures), d'exiger des fours spéciaux coûteux, des gazomètres, et aussi de donner lieu à des difficultés de main-d'œuvre pour régler et diriger convenablement les courants gazeux successivement employés.

Les procédés Bertrand sont bien plus simples, ils reposent sur une découverte absolument nouvelle en chimie et qui peut se formuler ainsi :

Si sur le fer ou la fonte de fer, on forme une mince pellicule adhérente d'un autre métal et qu'on expose ce fer ou cette fonte, porté à une température de 1 000°, à un courant de gaz oxydant, l'oxygène pénètre à travers cette pellicule, oxyde le fer ou la fonte et c'est de l'oxyde *magnétique* qui naît dans ces conditions; la formation de l'oxyde magnétique, ainsi amorcée, se continue indéfiniment et l'épaisseur de la couche d'oxyde augmente avec le temps d'exposition au courant oxydant, la température restant toujours dans les environs de 1 000°.

Quant à la pellicule de métal déposée primitivement, elle disparaît en quelque sorte, formant des oxydes, qui se mêlent à l'oxyde magnétique, ou se volatilisent, suivant la nature du métal qui entre dans leur composition.

M. Bertrand a été alors amené à rechercher le meilleur métal et le meilleur mode de dépôt de ce métal ; il a trouvé que le bronze, alliage de cuivre et d'étain, donnait au point de vue pratique toute satisfaction. Pour déposer ce bronze sur le fer et la fonte, M. Bertrand emploie l'électricité ou les bains au trempé, et se sert de l'acide sulfo-phénique (mélange de ortho, para et métaphénol sulfureux).

Au point de vue pratique, voici la marche suivie dans l'usine Bertrand pour une oxydation.

La pièce est nettoyée (le décapage n'est pas indispensable), puis trempée dans un bain d'une dissolution de sulfophénate de cuivre et de sulfophénate d'étain.

La couche de bronze formée, la pièce est lavée à l'eau chaude et séchée à la sciure de bois.

La pièce séchée est enfournée dans un four à flamme ouverte ordinaire.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'oxyde magnétique se forme et, au bout de quinze à trente minutes, suivant les objets, la pièce est défournée, suffisamment oxydée. La couche produite varie de 1/10e de millimètre à 1/5e, suivant la durée de l'opération.

La couche est bien de l'oxyde magnétique; elle est attirable par l'aimant; elle est inaltérable aux acides; elle ne conduit pas l'électricité.

M. Bertrand se sert ingénieusement de l'électricité pour constater si la couche formée est d'épaisseur suffisante et répandue uniformément : il se sert d'une sonnerie; si, en mettant les deux fils en contact avec la pièce oxydée, la sonnerie se met en branle, le courant passe, l'oxydation est insuffisante; si elle reste muette, l'oxyde formé est d'épaisseur pratique suffisante.

M. de Rochefort présente différents objets recouverts d'oxyde magnétique, il fait l'expérience de la sonnerie.

Le procédé s'applique en ce moment en grand à l'oxydation d'ustensiles culinaires en fonte, à la conservation des fontes gardées au grand air et, en général, à la préservation des fontes, d'art ou autres.

Nouveau procédé d'étamage de la fonte. — M. Bertrand a employé aussi l'acide sulfophénique pour obtenir l'étamage de la fonte.

Il fait dissoudre les sels d'étain dans un mélange d'eau et d'acide sulfophénique à raison de 1 p. 100 de sel d'étain et 5 p. 100 d'acide sulfophénique. Dans ce mélange il trempe la pièce préalablement décapée; elle se recouvre d'une couche adhérente d'étain.

Ensuite, au moyen de brosses rotatives en fil de fer et drap, il polit l'étain déposé et obtient le résultat présenté à la séance.

Procédé nouveau d'émaillage. — Actuellement il n'y a guère que deux procédés pour émailler la fonte.

Dans le premier, dit à chaud, on saupoudre la fonte, portée au rouge vif, d'une poudre de fondant (borosilicate de plomb) distribuée au tamis, puis on fait cuire, et quand le fondant est en fusion on saupoudre à nouveau d'un verre plus soluble formant le glacis d'émail. Ce procédé, le seul émaillant directement, est dangereux et même impossible pour les grandes pièces : il ne permet pas les décorations.

Le second procédé consiste à revêtir la fonte, soit par trois cuissons distinctes et successives d'une sorte de faïence, c'est le faïençage de la fonte, si j'ose m'exprimer ainsi, plutôt que l'émaillage.

Dans l'émaillage Bertrand, la pièce, préalablement recouverte d'oxyde magnétique, est trempée dans une bouillie de borosilicates de plomb, colorés par des oxydes métalliques, dans laquelle on ajoute un peu de terre de pipe pour donner un peu plus de corps. La pièce ainsi recouverte à froid, soit par trempage, soit au pinceau, est enfournée; l'émail prend et se vitrifie aux températures ordinaires des fours d'émailleurs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On peut aussi, en passant au pinceau une couche d'émail, colorée à volonté, sur une couche précédente, simplement séchée, former à froid toutes décorations et cuire le tout d'un seul coup.

Ces résultats, dus à l'oxydation précédant la formation de l'oxyde magnétique, sont remarquables, tant au point de vue du coloris que de l'adhérence de l'émail et de sa résistance aux intempéries.

On comprend, du reste, qu'ayant entre l'émail et la fonte un corps mauvais conducteur de l'électricité, inattaquable aux acides, formant corps avec la fonte et avec l'émail, l'émail et la fonte soient liés d'une manière puissante et pour un temps indéfini.

M. de Rochefort présents différents spécimens remarquables de fonte émaillée, vases, plaques, tuyaux, etc.

Le bon marché et la facilité de ce nouveau mode d'émaillage a permis des emplois nouveaux de la fonte et du fer émaillé.

Le plus important, outre la fonte décorée, est l'émaillage intérieur des tuyaux de descente des eaux ménagères et autres. C'est la Compagnie de Pont-à-Mousson (Meurthe) qui est concessionnaire du brevet Bertrand pour les tuyaux, qu'elle commence à fabriquer en grand (6 tonnes par jour).

M. le Président remercie M. O. de Rochefort-Luçay de son intéressante communication qui est renvoyée au Comité des arts chimiques.

Niveau d'eau dans les chaudières à vapeur. — *M. Hervier* fait une communication relative aux indications du niveau de l'eau dans les chaudières à vapeur par le tube en verre et à leur influence sur les explosions.

Les explosions par *manque d'eau* sont fréquentes; car de nombreuses circonstances produisent l'abaissement du niveau de l'eau dans les chaudières. Il importe donc que le chauffeur puisse se rendre un compte exact de la hauteur de ce niveau.

Les appareils indicateurs en usage sont : les flotteurs, les robinets de jauge, les sifflets d'alarme, le tube en verre.

L'administration estime que les indications données par les appareils des trois premières catégories ne sont pas certaines; si elle les accepte, elle ne les impose pas; mais elle impose le tube en verre, malgré les inconvénients, les accidents même qui résultent de son emploi, parce qu'elle considère ses indications comme exactes.

Or, de nombreuses circonstances peuvent dénaturer les indications du tube en verre : la disposition défectueuse des tuyaux, les coudes qu'ils portent, le refroidissement de l'eau qu'ils occasionnent, la présence dans le tube de bulles de vapeur ou de matières émulsionnantes en sont les causes les plus ordinaires. Et, bien qu'en général elles ne soient pas suffisantes pour créer un danger réel, cependant M. Hervier cite l'exemple d'une explosion occasionnée par la disposition vicieuse du tube indicateur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les ébullitions tumultueuses dans les chaudières sont des causes plus sérieuses de lectures erronées dans le tube en verre, et elles peuvent, d'après M. Hirsch, tromper le chauffeur; cependant, ces ébullitions tumultueuses ne peuvent commencer que lorsque le niveau de l'eau s'est abaissé outre mesure dans la chaudière, et, avant qu'elles se produisent, le chauffeur peut et doit s'apercevoir de l'abaissement extraordinaire de ce niveau.

Pour M. Hervier, la cause d'erreur la plus grave provient de la perte de charge due à la condensation de la vapeur dans le tube en verre et dans le tuyau d'amenée de cette vapeur; cette perte de charge se traduit par une colonne d'eau qui dénature le niveau vrai.

Si, dans la pratique ordinaire, l'erreur qui en résulte est insignifiante, il n'en est pas de même quand une circonstance accidentelle diminue la section du passage de la vapeur : dans ce cas, cette erreur peut être très grande.

Pour s'en assurer, il suffit de créer cette obstruction partielle en fermant progressivement le robinet placé sur le tuyau. A partir d'une certaine limite, chaque phase de la fermeture du robinet crée un niveau spécial.

Ce niveau, qui diffère essentiellement de celui qui existe dans la chaudière, a cependant toutes les apparences du niveau vrai; l'oscillation de l'eau dans le tube en verre est même particulièrement remarquable et les purges ordinaires ne révèlent même pas le défaut.

Quel que soit le niveau de l'eau dans la chaudière, pourvu qu'il dépasse le point d'insertion du tuyau inférieur, on peut, par une fermeture suffisante du robinet, créer le niveau normal dans le tube.

Les indications erronées dues à la perte de charge n'excluent pas celles qui peuvent provenir des ébullitions tumultueuses; ces deux graves causes d'erreur paraissent au contraire se compléter, de sorte que le chauffeur peut croire, jusqu'au moment de l'explosion, que la chaudière contient de l'eau en quantité convenable. La situation créée par l'obstruction partielle du tuyau d'amenée de vapeur est donc d'une gravité exceptionnelle. M. Hervier cite l'exemple d'une explosion due à cette cause

Les règlements exigent un second appareil indicateur du niveau de l'eau, mais la prééminence que l'Administration accorde aux indications du tube en verre enlève, à tout autre appareil, une valeur comparative sérieuse.

Du reste, dans la pratique, le chauffeur a inévitablement une plus grande confiance en l'un des appareils indicateurs; s'il donne des indications erronées, un accident est à craindre.

Et M. Hervier conclut ainsi :

1° Le tube en verre peut, comme tous les autres indicateurs, induire gravement le chauffeur en erreur; la prééminence qu'on lui attribue n'a aucune raison d'être, et il importerait, pour la sécurité publique, que l'obligation du tube en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

verre, comme indicateur du niveau de l'eau dans les chaudières, soit rapportée.

2° En raison de leur défectuosité, l'emploi de deux indicateurs de niveau s'impose; mais, dans la pratique, il importe que ces deux appareils soient de systèmes identiques.

M. le Président remercie M. Hervier de son intéressante communication qui est renvoyée au Comité des Arts mécaniques.

BIBLIOGRAPHIE

OUVRAGES REÇUS

MADAMET (A.), ingénieur de la marine en retraite, directeur des Forges et Chantiers de la Méditerranée. — **Distribution de la vapeur. Épures de régulation. Courbes d'indicateur. Tracé des diagrammes.** Petit in-8°. (*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire.*)

Il a été écrit tant de volumes sur la distribution de la vapeur et l'on s'est si bien efforcé d'éclaircir cette importante question que, parfois, on n'est guère parvenu à d'autre résultat qu'à l'obscurcir.

L'auteur du présent volume n'est pas tombé dans cet inconvénient; il a suivi, d'ailleurs, une méthode différente de celle adoptée par ses prédécesseurs.

Il débute par l'*épure sinusoïdale* qui est peu connue, mais qui présente un caractère réel de simplicité et qui est incontestablement celle qui permet le mieux, non seulement de se rendre compte des diverses particularités de la distribution de la vapeur dans une machine donnée, mais encore de voir ce qu'il convient de faire pour améliorer un dispositif existant ou pour arrêter les bases définitives d'un projet. Passant ensuite à l'*épure circulaire*, il montre quelle est son importance pour une première étude sommaire. L'épure de Zeuner et celle dite *en œuf* ou elliptique sont également décrites.

Un chapitre spécial traite de l'étude de la régulation d'après les courbes d'indicateur; c'est là un sujet qui a été exposé bien des fois, mais sur lequel on trouvera ici quelques particularités nouvelles et curieuses. Enfin une partie importante du volume est consacrée à la façon dont il faut tracer graphiquement le *diagramme* d'une machine à vapeur dans un projet afin de déterminer la puissance en chevaux qui sera réalisée; des règles empiriques, il est vrai, mais ayant du moins l'avantage de conduire à des résultats exacts, sont longuement exposées dans les divers cas de la pratique, tels que machines à introduction directe, moteur Woolf, appareils à détentes successives.

Il faut enfin signaler une étude intéressante sur le fonctionnement à vitesse réduite de ce dernier type de machines.

BERTHELOT, secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences. — **Traité pratique de calorimétrie chimique.** Petit in-8°. (*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire.*)

Dans ce volume, l'éminent fondateur de la thermochimie a voulu laisser de côté les questions de théorie pure et faire une œuvre essentiellement technique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les méthodes actuelles de la science et de l'industrie conduisent à mesurer avec rigueur les quantités d'énergie consommées ou libérées dans les actions chimiques. Mais la pratique de ces mesures, qui se font surtout par voie thermique, ne pouvait s'acquérir jusqu'à présent que dans de rares laboratoires, car il était à peu près impossible de retrouver dans les Mémoires les passages pratiques qui s'y trouvent épars.

Le nouveau livre de M. Berthelot expose avec une extrême clarté les procédés de calcul des expériences calorimétriques, leur degré de précision et s'attache à décrire avec un soin minutieux les moindres artifices de laboratoire.

Les instruments de thermochimie : les thermomètres, calorimètres et bombes calorimétriques se trouvent d'une façon courante dans l'industrie et maintenant, le livre à la main, on pourra faire dès les premières tentatives des déterminations exactes.

Afin de rassurer les esprits scrupuleux auxquels une longue pratique n'a pas donné à la fois les deux qualités indispensables au chimiste : la confiance en soi et la critique, des tableaux d'expériences numériques ou exemples d'application ont été placés dans le texte. On pourra aussi, avant d'engager des recherches, acquérir l'habileté nécessaire en faisant *à blanc* des mesures qui se trouveront contrôlées d'avance.

Si la plus grande partie du livre a été consacrée aux manipulations calorimétriques, précisément parce que c'est le chapitre qu'on a coutume de négliger le plus, la partie théorique n'en est pas moins représentée dans ce qu'elle a d'indispensable d'une façon remarquablement claire et élevée dans la première partie de l'ouvrage qui sert d'introduction et où se trouvent réunis les principes fondamentaux de la thermochimie qui sont nécessaires pour guider une pratique véritablement scientifique.

VIARIS (marquis de), ancien officier de marine. — **L'Art de chiffrer et de déchiffrer les dépêches secrètes.** Petit in-8°. (*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire.*)

On a souvent parlé de dépêches chiffrées dans ces derniers mois; cet ouvrage est destiné à mettre le lecteur au courant des procédés usités et le fait assister à la lutte sans cesse renaissante du chiffreur, inventeur, et du déchiffreur, son ennemi acharné.

L'ouvrage est divisée en six parties.

La première partie présente des notions générales sur l'usage des dépêches chiffrées, les conventions préliminaires à échanger entre les correspondants, et les conditions de secret ou de sécurité auxquelles doivent satisfaire les méthodes, suivant qu'elles sont employées par des particuliers, ou, cas plus importants, par les Services publics.

Dans les trois parties suivantes, l'auteur étudie les diverses méthodes qu'il sait employées ou dont il peut présumer l'usage, et qu'il subdivise en trois grandes familles. Pour toutes, sans exception, il indique des procédés de déchiffrement, procédés qui doivent réussir infailliblement si le déchiffreur, l'ennemi, peut avoir à sa disposition un certain nombre de dépêches relatives à un même ordre d'idées.

L'auteur, ancien officier de marine, peut dire quelles sont, au juste, les méthodes appliquées aujourd'hui au service de l'armée, de la marine ou de la diplomatie françaises, mais, par devoir patriotique, il appelle instamment l'attention des officiers ou fonctionnaires intéressés sur les défectuosités probables des méthodes en usage, sur l'insécurité absolue qui en résulte au point de vue des secrets les plus graves peut-être, et sur l'inutilité d'améliorations apparentes lorsque le principe est défectueux.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La cinquième partie donne des renseignements utiles, fréquence des lettres de la langue française, vérifiée par l'analyse de cent mille lettres, et règlements télégraphiques. L'auteur, à titre de modèle de déchiffrement, y expose aussi en détail les procédés qu'il a dû créer pour déchiffrer les dépêches écrites avec un appareil nouveau ; le regretté M. Édouard Lucas avait, au Congrès pour l'avancement des Sciences, réuni à Marseille, déclaré ces dépêches absolument indéchiffrables.

Enfin, dans la sixième partie, l'auteur développe une méthode de son invention qui semble échapper aux critiques qu'il a formulées contre toutes les autres au cours de son ouvrage.

BIBLIOGRAPHIE

JOURNAUX ET REVUES

Bulletin de la Société de l'industrie minérale. — *Tome VI*, 1892. — Étude sur les mines de nickel de la Nouvelle-Calédonie, par *Félix Benoît*.

Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse. — *Février-Mars* 1893. — De l'encollage des filés fins, par *Victor Schlumberger*. — Rapport de la commission désignée par le comité mécanique. — Le réchauffeur à lessives pour cuves de blanchiment, système Scheurer-Rott et Cie, par *M. Lévy*. — Vaporisage. Mesure de l'action destructive qu'il exerce sur le coton et sur la laine, par *Albert Scheurer*. — Note sur la fabrication de chlorate de soude, par *Gust.-Ad. Schœn*.

Revue industrielle. — 18 *mars* 1893, n° 11. — Installation de MM. Moët et Chandon pour la suppression de la fumée. — Pertes de charge de l'air comprimé et de la vapeur dans les tuyaux de conduite.

25 *mars*, n° 12. — Fours électriques de MM. Moissan et Violle.

1er *avril*, n° 13. — Modérateur pour frein à air comprimé automatique dont le fonctionnement peut être supprimé ou rétabli, à volonté, par la manœuvre d'un robinet d'isolement, système F. Chapsal. — Moteur à air chaud et à pétrole, système P.-J. Vermand. — La reproduction du diamant, recherches de MM. Moissan, Friedel et Berthelot.

8 *avril*, n° 14. — Moteur à gaz Charon à détente variable, construit par la Société nouvelle des moteurs à gaz français. — Préparation de l'alumine dans l'industrie, par *A. Ditte*.

Chronique industrielle. — 12 *mars* 1893, n° 11. — Purification des eaux d'égout, système Lockwood.

19 *mars*, n° 12. — Des enveloppes de vapeur dans les machines Rœtgen-Compound.

9 *avril*, n° 15. — Sur les indications du niveau de l'eau dans les chaudières à vapeur et leur influence sur les explosions. — L'asbestine Luciani.

Bulletin de la Société internationale des Électriciens. — *Mars* 1893, n° 96. — La nouvelle usine d'éclairage électrique de la gare Saint-Lazare, par *A. Cance*.

La Lumière électrique. — 11 *mars* 1893, n° 10. — Un nouveau procédé électro-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

calorique, par *H. Pouthière*. — Chemins de fer et tramways électriques, par *Frank Géraldy*.

18 *mars*, n° 11. — L'action de l'électricité sur la vapeur d'eau et la production artificielle de la pluie, par *G. Pélissier*. — Collecteur de l'électricité atmosphérique donnant des étincelles par un ciel pur, sans pluie ou bourrasque à distance, par *L. Palmieri*. — Sur la détermination des défauts d'isolement des canalisations électriques en service, par *O. Frœlich*. — L'utilisation des forces naturelles (moulins à vent).

25 *mars*, n° 12. — La téléphonie à grande distance, par *Frank Géraldy*.

1er *avril*, n° 13. — Le calcul des transformateurs et des bobines de réaction, par *J. Witcher*.

8 *avril*, n° 14. — Accumulateurs divers. — L'industrie de l'aluminium.

15 *avril*, n° 15. — Fabrication électrolytique du plomb poreux pour accumulateurs, procédé Correns. — Fers à friser et à repasser Jenkins.

L'Électricien. — 18 *mars* 1893, n° 116. — Les canalisations électriques de Paris : Les Champs-Élysées, par *Em. Dieudonné*.

25 *mars*, n° 117. — La traction électrique système Heilmann, par *E. Meylan*. — Éclairage électrique des trains en France, par *Em. Dieudonné*. — L'électrolyse de l'aluminium, par *Ch. Haubtmann*.

1er *avril*, n° 118. — L'électrolyse de l'aluminium, par *Ch. Haubtmann*.

15 *avril*, n° 119. — Dynamo Oerlikon de 600 chevaux pour l'électro-métallurgie de l'aluminium, par *E. M.*

Journal de pharmacie et de chimie. — 15 *mars* 1893, n° 6. — Fabrication du sodium, par *Warren*. — Sur la fusion du carbonate de chaux, par *Le Chatelier*.

1er *avril*, n° 7. — Recherche de l'albumine urinaire, à l'aide de l'acide chromique, par *G. Guérin*. — Fabrication du bioxyde de sodium, par *Castner*. — Décomposition des albuminates alcalins par l'acide carbonique, par *A. Ditte*. — Action de la vapeur d'eau sur le perchlorure de fer, par *G. Rousseau*.

Moniteur scientifique. — *Avril* 1893. — Alliages d'aluminium et d'antimoine et antimoniure d'aluminium, par *D.-A. Roche*. — Les alliages de fer et de chrome, par *Hadfield*. — Analyse des sucres.

Revue générale des sciences. — 15 *mars* 1893, n° 5. — Une nouvelle théorie de la capillarité, par *A. Leray*.

15 *avril*, n° 7. — Les chemises de vapeur dans les Compound, par *Aimé Witz*.

La Nature. — 11 *mars* 1893, n° 1032. — Les expériences de M. Henri Moissan, par *Gaston Tissandier*. — Fabrication des vélocipèdes, par *Gaston Cornié*.

18 *mars*, n° 1033. — Propriétés physiques du ruthénium fondu, par *A. Joly*.

25 *mars*, n° 1034. — Un nouveau moteur rotatif, par *J. Laffargue*. — Fabrication des vélocipèdes, par *Gaston Cornié*.

8 *avril*, n° 1036. — Le carborundum, par *E. H.* — L'extension du système métrique, par *C.-Ed. G.*

Bulletin de la Société française de photographie. — 15 *mars* 1893, n° 6. — Sur le sulfite de soude anhydre, par *Lumière* et *Seyewetz*. — Sur les plaques à couches

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

multiples, par *de la Baume-Pluvinel.* — Châssis double à rideaux pour plaques souples, par *Balagny*. — Châssis à rouleaux, par *Masson*.

Journal d'Agriculture pratique. — 23 *mars* 1893, n° 12. — Les engrais chimiques dans l'agriculture universelle au point de vue de la concurrence, par *E. Lecouteux*. — Amélioration de la culture de la pomme de terre industrielle et fourragère en France. — Résultats de la campagne 1892, par *Aimé Girard*.

30 *mars*, n° 13. — La matière organique et les engrais chimiques, par *E. Lecouteux*.

6 *avril*, n° 14. — Trente-six ans de culture améliorante en Sologne, par *E. Lecouteux*. — L'électricité et l'agriculture, par *Camille Pabst*. — Histoire naturelle de l'abeille, par le *Dr Brocchi*. — La fraude des beurres et les moyens d'y remédier, par *Ferdinand Jean*.

13 *avril*, n° 15. — La culture améliorante en Sologne, par *E. Lecouteux*.

Journal de l'Agriculture. — 11 *mars* 1893, n° 1373. — Essais comparatifs sur l'emploi des engrais et du plâtre en viticulture, par *Hoc*.

18 *mars*, n° 1374. — Les appareils de vinification des vins blancs, par *Ferrouillat*. — Les vins d'Algérie et de Tunisie au concours de Paris, par *Gaillardon*.

25 *mars*, n° 1375. — La culture du colza dans la plaine de Caen, par *Troude*. — Les chiffons de laine en agriculture, par *de Dubor*.

1er *avril*, n° 1376. — Sur la résistance au froid des vignes américaines et franco-américaines, par *Perraud*. — Réponse à une pétition sur la culture du tabac, par *Tirard*.

8 *avril*, n° 1377. — Expériences sur les blés faites à Bellevue, par *Paul Genay*.

Le Gérant : J.-H. GINESTOU.

Paris. — Typographie Chamerot et Renouard, 19, rue des Saints-Pères. — 30076.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Fig. 2.

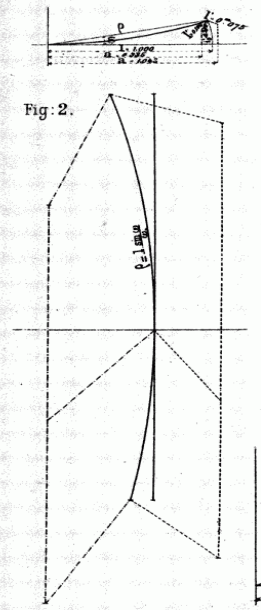


Fig. 3.

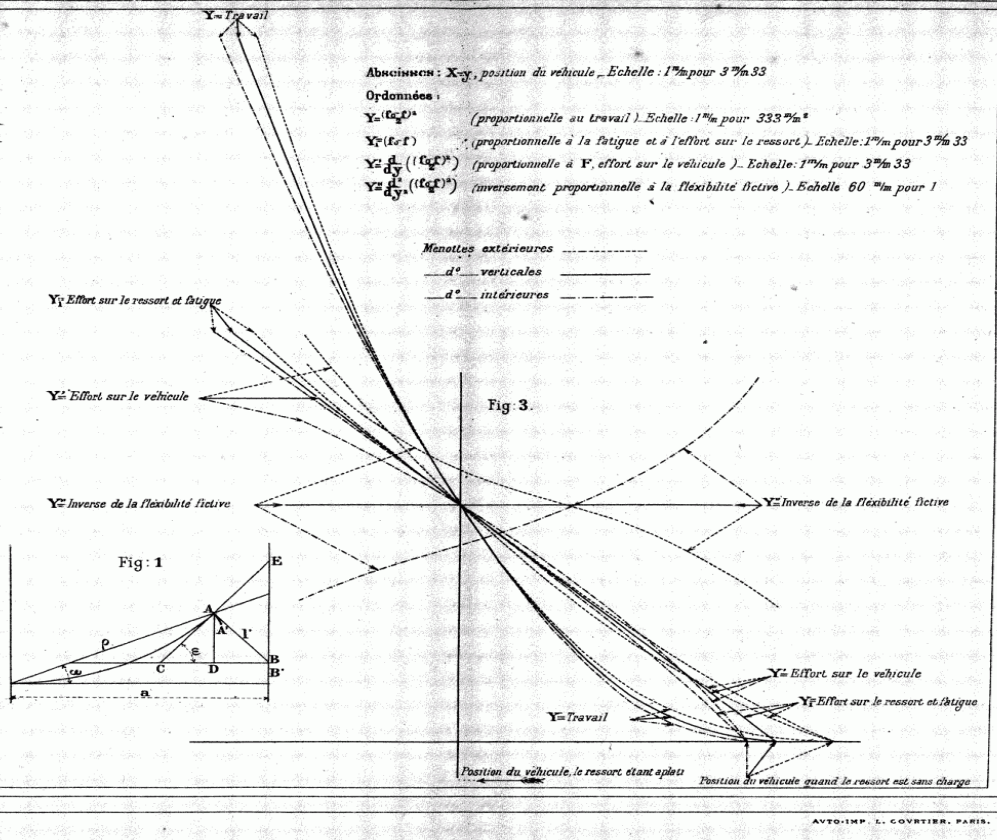


Fig. 1

AUTO-IMP. L. COURTIER. PARIS.

EFFET DES MENOTTES DES RESSORTS DE SUSPENSION

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

ÉTAT FINANCIER DE LA SOCIÉTÉ

RAPPORT *fait par* M. G. FOURET, *au nom de la Commission des Fonds,* SUR LES COMPTES DE L'EXERCICE 1892

MESSIEURS,

J'ai l'honneur, conformément à l'article 31 des statuts, de vous présenter, au nom de la Commission des fonds, le résumé des comptes de l'exercice 1892, en passant en revue successivement les fonds généraux, les fonds d'accroissement et les fondations spéciales.

1re PARTIE

FONDS GÉNÉRAUX

Les recettes de l'exercice 1892 ont été les suivantes :

	fr. c.
1° Excédent de recettes reporté de l'exercice 1891	617,35
2° Cotisation des membres de la Société : 553 cotisations, à 36 francs l'une	19 908 »
3° Dons divers.	3 287,85
4° Vente du *Bulletin* : 61 abonnements à 36 francs l'un et vente de numéros séparés.	2 460 25
5° Locations diverses.	13 222,60
6° Arrérages de rentes.	61 462 »
7° Intérêts des sommes en dépôt.	60,20
8° Remboursement de sommes avancées temporairement à diverses fondations.	261,90
TOTAL.	101 280,15

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les dépenses, payées en 1892, se décomposent comme il suit :

	fr. c.
1° Prix, médailles et récompenses diverses.	21 066,55
2° *Bulletin* tiré à 900 exemplaires : frais de rédaction, d'impression et d'expédition ; remises aux libraires.	21 570,75
3° Impressions diverses : Annuaire, Procès-verbaux, Circulaires, etc..	2 810,30
4° Bibliothèque : traitement des agents, reliures et acquisitions. . .	6 067,30
5° Secrétariat, agence et économat : traitements et frais de bureaux (1).	17 895,15
6° Jetons de présence.	5 660 »
7° Hôtel de la Société : travaux d'aménagement, d'entretien et de réparations	6 020,80
8° Mobilier	581,55
9° Chauffage, éclairage, air comprimé, eaux de la ville et vidange.. .	2 540,85
10° Contributions et assurances.	2 954,85
11° Frais d'expériences et de recherches exécutées sous les auspices de la Société	1 000 »
12° Pensions.	3 500 »
13° Subventions et souscriptions diverses.	720 »
14° Divers, comprenant le portrait de M. Edmond Becquerel, ancien président de la Société	4 749,10
TOTAL.	97 137,20
L'excédent des recettes sur les dépenses est de	4 142,95
TOTAL ÉGAL à celui des recettes. .	101 280,15

Vous aurez sans doute remarqué, Messieurs, que les dons divers figurent aux recettes pour une somme assez importante. Cette somme comprend notamment la souscription dont nous gratifie annuellement le Ministère de l'agriculture et qui, de 1000 francs qu'elle était en 1891, a été portée à 1500 francs en 1892. Nous sommes heureux de signaler ce nouveau témoignage de la bienveillance du Ministre de l'agriculture et de la sollicitude de notre président pour les intérêts de la Société.

Le legs de 8000 francs que nous devons à la générosité de notre ancien et regretté collègue, M. Fourcade, et dont l'usufruit avait été réservé à sa veuve, est devenu disponible, par suite du décès de M^me^ Fourcade, survenu en 1892. Conformément aux intentions du donateur et à ses dispositions testamentaires, une partie de cette somme a servi à acheter l'inscription de rente nécessaire pour porter à 1000 francs le prix décerné chaque année à un ouvrier de l'industrie des produits chimiques et l'excédent, montant à 1396 fr. 95, a été versé à titre de don aux fonds généraux.

(1) Dans cette somme se trouve comprise l'indemnité des secrétaires qui, précédemment, figurait, à moins juste titre, dans les dépenses relatives au *Bulletin*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

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 est d'accroître sensiblement, dans l'avenir, les ressources de notre Société, en capitalisant jusqu'en 1933 les sommes provenant d'un legs du comte et de la comtesse Jollivet et d'une série de prélèvements opérés, dans ces dernières années, sur les fonds généraux, en exécution d'une décision prise en 1882.

Une somme de 4944 fr. 95, provenant des revenus de la fondation, a été employée, dans le cours de l'exercice, à l'achat de 152 francs de rente 3 p. 100. L'avoir de cette fondation comprenait, au 31 décembre dernier, une inscription de 5248 francs de rente 3 p. 100 et un reliquat de 329 fr. 85.

En supposant que, dans l'avenir, le taux moyen des placements soit de 3 p. 100, on peut estimer que la capitalisation ainsi conduite aurait pour effet d'accroître les revenus de la Société de 17000 francs environ, dans une quarantaine d'années.

3e PARTIE

FONDATIONS ET DONS SPÉCIAUX

Nous allons maintenant vous exposer, Messieurs, la situation, au 31 décembre dernier, des diverses fondations que la Société a la mission de gérer, conformément aux intentions des donateurs.

1° Grand prix fondé par le marquis d'Argenteuil.

Une somme de 40000 francs, léguée à la Société par le marquis d'Argenteuil, a servi à instituer un prix, qui doit être décerné, tous les six ans, à l'auteur de la découverte la plus utile au développement de l'industrie française.

Le prix, d'une valeur de 12000 francs, a été décerné en 1892 à M. Berthelot, pour l'ensemble de ses travaux et les applications industrielles si importantes auxquelles ils ont donné lieu.

La fondation possédait, au 31 décembre dernier, une inscription de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2000 francs de rente 3 p. 100 et une somme de 4350 fr. 60, déposée à la Caisse des dépôts et consignations.

2° Legs Bapst.

Cette fondation se compose de deux parties. L'une d'elles, destinée à venir en aide aux inventeurs malheureux, possède un revenu de 1565 fr. 20 de rente 3 p. 100. Les secours alloués à diverses personnes, en 1892, forment un total de 1300 francs. Il restait en caisse, au 31 décembre dernier, une somme de 295 fr. 60.

La seconde partie de la fondation, destinée à aider les inventeurs dans leurs recherches, n'a pu recevoir, ainsi que les années précédentes, qu'une application restreinte. Sur un revenu de 3210 fr. 80, il n'a été employé pour cet objet qu'une somme de 300 francs. Le reste a été consacré à l'achat de 94 francs de rente 3 p. 100. L'avoir de cette partie de la fondation, au 31 décembre dernier, se composait d'une inscription de 3304 fr. 80 de rente 3 p. 100 et d'un reliquat de 1432 fr. 50.

3° Fondation Christofle pour la délivrance des premières annuités de brevets.

Une somme de 990 francs, prélevée sur le revenu de cette fondation, a été employée en 1892 à payer, en totalité ou en partie, dix premières annuités de brevets.

La fondation possédait, au 31 décembre dernier, une inscription de 1036 francs de rente 3 p. 100 et une somme en caisse de 1217 fr. 65.

4° Fondation de la princesse Galitzine.

Cette fondation consiste en un don de 2000 francs, qui s'accroît chaque année du montant des intérêts capitalisés et servira ultérieurement à instituer un prix, sur la proposition du Comité des arts économiques. Les revenus de cette fondation ont permis d'acheter, en 1892, une obligation 3 p. 100 des chemins de fer de l'Est.

L'avoir de la fondation, au 31 décembre dernier, se composait de quinze obligations de cette nature et d'un reliquat de 76 fr. 30.

5° Fondation Carré.

Cette fondation a été constituée par un don de 1000 francs, qui s'accroît de ses intérêts capitalisés, en attendant qu'il reçoive une destination spéciale. Son avoir, au 31 décembre dernier, consistait en six obligations 3 p. 100 des chemins de fer de l'Est et en un reliquat de 77 fr. 25.

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 ouvriers ou contremaîtres malheureux de l'industrie des cuirs, qui se sont signalés par de bons services. Un somme de 490 francs a été répartie en 1892 entre trois ouvriers remplissant ces conditions.

La fondation possédait, au 31 décembre dernier, quarante-trois obligations 3 p. 100 de diverses compagnies de chemins de fer, rapportant annuellement 619 fr. 20, et un reliquat de 148 fr. 05.

7° **Fondation Legrand (industrie de la savonnerie).**

Cette fondation a pour objet de venir en aide à des ouvriers ou contremaîtres de l'industrie de la savonnerie, qui se sont fait remarquer par leurs bons services. Aucun secours n'a été alloué en 1892.

La fondation possédait, au 31 décembre dernier, soixante-deux obligations 3 p. 100 des chemins de fer de l'Est, donnant un revenu annuel de 892 fr. 80, et une somme en caisse de 938 fr. 50.

8° **Fondation Christofle et Bouilhet (en faveur des artistes industriels malheureux).**

Aucun secours n'a été alloué sur cette fondation en 1892. Trois obligations 3 p. 100 et une obligation 5 p. 100 des chemins de fer de l'Est, appartenant à la fondation, sont sorties au tirage et ont été remboursées. La somme encaissée, augmentée d'une partie des revenus disponibles, a permis d'acheter cinq nouvelles obligations 3 p. 100 de la Compagnie de l'Est.

L'avoir de la fondation, au 31 décembre dernier, comprenait vingt-neuf obligations de cette nature et un reliquat de 381 fr. 95.

9° **Fondation de Milly (industrie de la stéarine).**

Cette fondation a pour but de procurer des secours, dans le domaine de l'industrie de la stéarine, à des ouvriers ou contremaîtres malheureux ou ayant contracté quelque infirmité dans l'exercice de leur profession. Un secours de 200 francs a été accordé en 1892. A l'aide des fonds disponibles, il a été acheté une obligation 3 p. 100 des chemins de fer de l'Est.

La fondation possédait, au 31 décembre dernier, quarante obligations 3 p. 100 des chemins de fer de l'Est, et une somme en caisse de 121 fr. 55.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

10° **Fondation de Baccarat (industrie de la cristallerie).**

L'objet de cette fondation est de venir en aide à des ouvriers ou contremaîtres, malheureux ou infirmes, de l'industrie de la cristallerie. Aucun secours n'a été alloué en 1892.

La fondation possédait, au 31 décembre dernier, huit obligations 3 p. 100 des chemins de fer de l'Est, et une somme en caisse de 328 fr. 95.

11° **Fondation Ménier (industrie des arts chimiques)**

Cette fondation est destinée à procurer des secours à des ouvriers ou contremaîtres de l'industrie des arts chimiques. Aucune somme n'a été allouée en 1892.

L'avoir de la fondation, au 31 décembre dernier, se composait de neuf obligations 3 p. 100 et de deux obligations 5 p. 100 des chemins de fer de l'Est. Il y avait de plus en caisse une somme de 320 fr. 35 (1).

12° **Grand Prix de la Société d'Encouragement.**

Un prix de 12 000 francs a été institué par notre Société pour récompenser, tous les six ans, une découverte ou un perfectionnement d'un grand intérêt pour l'industrie nationale. Il doit être décerné en 1895. La réserve destinée à cet objet était, au 31 décembre dernier, de 14 101 fr. 90. Cette somme est supérieure au montant du prix et rend par conséquent inutile, quant à présent, tout nouveau prélèvement sur les fonds généraux.

13° **Prix de la classe 27 à l'Exposition universelle de 1867 (industrie cotonnière).**

Sur l'initiative de M. Gustave Roy, les exposants de la classe 27, à l'Exposition de 1867, ont fait don à notre Société d'une somme de 13 169 fr. 85 pour instituer un prix à décerner, tous les six ans, à celui qui aura le plus contribué au développement ou aux progrès de l'industrie cotonnière en France. Ce prix pourra être décerné, s'il y a lieu, en 1895.

La fondation possédait, au 31 décembre dernier, quarante-trois obligations 3 p. 100 des chemins de fer de l'Est et une réserve en caisse de 4 605 fr. 45.

14° **Prix de la classe 65 à l'Exposition universelle de 1867 (génie civil et architecture).**

Les exposants de la classe 65, à l'Exposition universelle de 1867, sur la proposition de M. Elphège Baude, ont fait don à notre Société d'une somme

(1) Le solde en caisse de cette fondation, au 31 décembre 1891, était de 142 fr. 75 et non de 588 francs, comme l'indiquait par erreur notre précédent rapport.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de 2 315 fr. 75, avec les revenus de laquelle on a fondé un prix, à décerner, tous les cinq ans, à l'auteur d'un perfectionnement important apporté au matériel ou aux procédés du génie civil, des travaux publics ou de l'architecture. Ce prix, qui consiste en une médaille d'or de 500 francs, vient à échéance en 1895.

La fondation possédait, au 31 décembre dernier, douze obligations 3 p. 100 des chemins de fer de l'Est et un reliquat de 517 fr. 55.

15° Prix de la classe 47 à l'Exposition universelle de 1878 et fondation Fourcade (industrie des produits chimiques).

Sur l'initiative de M. Fourcade, les exposants de la classe 47, à l'Exposition universelle de 1878, ont versé à notre Société une somme dont le revenu est destiné à récompenser, chaque année, un ouvrier de l'industrie des produits chimiques, choisi de préférence parmi ceux des donateurs et parmi ceux qui comptent le plus grand nombre d'années consécutives de bons services dans le même établissement. Le prix, d'une valeur de 800 francs, a été décerné en 1892 à M. Navarre, saunier aux salins de Berre (1).

Ainsi que nous l'avons rappelé au début du présent rapport, notre Société ayant été mise en possession du legs de 8 000 francs dû à la libéralité de M. Fourcade, une somme de 6 603 fr. 05, prélevée sur le montant de ce legs, a été employée à l'achat de 204 francs de rente 3 p. 100, de manière à porter à partir de cette année à 1 000 francs, suivant les intentions du donateur, le montant du prix qui était jusqu'ici de 800 francs et le revenu annuel de la fondation qui n'était que de 796 francs.

Les emprunts momentanés qui ont dû être faits, dans ces dernières années, aux fonds généraux, pour compléter le montant du prix, se trouvent d'ailleurs très largement compensés par le versement dans la caisse de la Société de la somme de 1 396 fr. 95, restant disponible sur le montant du legs.

16° Fondation du général comte d'Aboville.

Le comte d'Aboville a légué à la Société une somme de 10 000 francs, destinée à fournir, avec les intérêts capitalisés, le montant de prix à décerner à des manufacturiers, qui auront employé à leur service, pendant une

(1) C'est à tort que M. Navarre se trouve déjà mentionné dans notre précédent Rapport (page 17). Le prix de l'industrie des produits chimiques a été attribué, en 1891, à M. Verbecq, ouvrier aux manufactures de produits chimiques du Nord, à Lille.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

assez longue période, des ouvriers estropiés, amputés ou aveugles et les auront ainsi soustraits à la mendicité.

Une partie des ressources provenant de ce legs avaient déjà trouvé leur emploi en 1885 et en 1890. Deux nouveaux prix ont été décernés en 1892 : l'un, de 2000 francs, à l'Internat des sourdes-muettes, dépendant de la maison Firmin Didot, au Mesnil-sur-l'Estrée (Eure) ; l'autre, de 1 000 francs, à l'ouvroir des ouvriers aveugles, situé à Illiers (Eure-et-Loir).

Le paiement du montant de ces prix a nécessité la vente de deux des obligations que possédait la fondation. Il restait à son avoir, au 31 décembre dernier, sept obligations 3 p. 100 des chemins de fer de l'Est et un solde de 372 fr. 75.

17° Legs Giffard.

Henri Giffard a légué à notre Société une somme de 50 000 francs, dont le revenu a reçu, conformément aux intentions du donateur, une double destination. La moitié en a été consacrée à la création d'un prix de 6 000 francs, qui, sous la dénomination de grand prix Henri Giffard, 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.

Le reste du revenu de la fondation doit servir à distribuer des secours. Une somme de 900 francs a été ainsi employée en 1892.

La fondation possédait, au 31 décembre dernier, une inscription de 1 949 francs de rente 3 p. 100 et une somme de 5 156 fr. 90.

18° Fondation Meynot.

MM. Meynot père et fils ont fait don à notre Société d'une somme de 20 000 francs, pour créer un prix destiné à récompenser les progrès, inventions et perfectionnements, intéressant la moyenne ou la petite culture. Ce prix, d'une valeur de 1 200 francs, vient à échéance cette année.

L'avoir de la fondation, au 31 décembre dernier, se composait d'une inscription de 739 francs de rente 3 p. 100 et d'une somme en caisse de 4 643 fr. 50.

19° Fondation Melsens.

Mme veuve Melsens, en mémoire de son mari, a fait don à la Société d'une somme de 5 000 francs, pour créer un prix 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.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ce prix, de la valeur de 500 francs, est triennal. Il vient à échéance cette année.

La fondation possédait, au 31 décembre dernier, treize obligations 3 p. 100 des chemins de fer de l'Est et une somme de 612 francs.

20° Fondation de la classe 50 à l'Exposition universelle de 1867 (Matériel des industries alimentaires).

Sur l'initiative du baron Thénard, et par l'entremise 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 au groupe des exposants de la classe 50. Une fraction de cette somme, s'élevant à 1 500 francs, nous est définitivement acquise, par suite de l'adhésion des intéressés. Les autres membres du groupe n'ayant pas jusqu'à présent donné leur consentement explicite, leur quote-part devra leur être remise, dans le cas où ils la réclameraient avant l'expiration du délai légal de trente ans.

C'est sous cette réserve que la Société a reçu la somme de 6 326 fr. 14 des mains de M. Savalle. Cette somme a été employée à l'achat de seize obligations de l'Est 3 p. 100. Il y avait de plus en caisse, au 31 décembre dernier, une somme de 1 543 francs.

21° Prix Parmentier fondé par les exposants de la classe 50, à l'Exposition universelle de 1889 (Industries relatives à l'alimentation).

Sur l'initiative de M. Aimé Girard, les exposants de la classe 50, à l'Exposition universelle de 1889, ont fait don à la Société de la somme de 9 846 fr. 75, formant le reliquat des frais de leur installation commune, dans le but de fonder, sous le nom de prix Parmentier, un prix de 1 000 francs, destiné à récompenser, tous les trois ans, les recherches scientifiques ou techniques, de nature à améliorer le matériel ou les procédés des usines agricoles et des industries alimentaires. Ce prix vient pour la première fois à échéance cette année.

L'avoir de cette fondation comprenait, au 31 décembre dernier, une inscription de 335 francs de rente 3 p. 100 et une somme de 1 014 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).

Sur la proposition de M. Michel Perret, plusieurs exposants de la classe 51, à l'Exposition universelle de 1889, ont fait don à notre Société

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'une somme de 2 556 fr. 30, provenant du reliquat des frais de leur installation commune. Cette somme et ses intérêts accumulés serviront ultérieurement à fonder un prix.

La fondation possédait, au 31 décembre dernier, six obligations 3 p. 100 des chemins de fer de l'Est et un reliquat de 205 fr. 20.

23° Don de la classe 21 à l'Exposition universelle de 1889 (Industrie des tapis et tissus d'ameublement).

Notre Société a reçu des mains de M. Louvet, secrétaire de la classe 21, à l'Exposition universelle de 1889, la somme de 400 francs, montant du reliquat des fonds consacrés à l'installation de cette classe. Cette somme, suivant le désir des donateurs, devra être employée en actes de bienfaisance à l'égard d'ouvriers malheureux, appartenant à l'industrie des tissus d'ameublement.

24° Fondation des exposants de la classe 63 à l'Exposition universelle de 1889 (Génie civil, travaux publics et architecture).

Les exposants de la classe 63, à l'Exposition universelle de 1889, ont versé entre les mains de la Société une somme de 3 869 fr. 85, formant le reliquat des frais d'installation de cette classe. Cette somme accrue de ses intérêts servira ultérieurement à instituer un prix.

La fondation possédait, au 31 décembre dernier, neuf obligations des chemins de fer de l'Est et un reliquat de 27 fr. 10. Un emprunt momentané de 102 fr. 55, fait aux fonds généraux en 1891, a été remboursé en 1892.

De l'exposé qui vient d'être présenté du mouvement des fonds auquel les fondations spéciales ont donné lieu en 1892, il ressort qu'une somme totale de 19 980 francs a été distribuée dans le cours de l'exercice, soit à titre de récompense, soit à titre de secours et d'encouragement.

Vous connaissez, Messieurs, le dévouement de notre trésorier aux intérêts de la Société. Aussi n'y a-t-il pas lieu d'être surpris, si, malgré le surcroît de travail qui en est résulté pour lui, M. Goupil de Préfeln a pu clore et arrêter les comptes du dernier exercice, sans attendre la fin de l'année en cours. Nous ne pouvons que lui témoigner de nouveau, à cette occasion, nos sentiments de vive et sincère gratitude. Nous avons constaté l'exactitude et la parfaite régularité des comptes établis par ses soins et nous les soumettons avec confiance à votre approbation.

Signé : G. Fouret, *rapporteur.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

RAPPORT *fait par* M. BORDET, *au nom des censeurs*, SUR LES COMPTES DE L'ANNÉE 1892.

MESSIEURS,

Au point de vue du fonctionnement financier, l'année 1892 doit être considérée pour notre Société comme une année normale, parce que les derniers travaux effectués dans l'hôtel, installation de l'air comprimé et de l'électricité, ont été entièrement payés sur l'exercice 1891.

Aussi, dans le compte qui vous est présenté, voyons-nous les dépenses de tous genres qu'entraîne notre immeuble avec son mobilier revenir au chiffre de 12000 francs environ qui était celui des années 88, 89 et 90.

Le produit des locations a augmenté encore cette année, il dépasse 13000 francs, et tout fait espérer que, dans l'avenir, il se maintiendra au moins à ce niveau. Si l'on rapproche cela des 4500 francs que l'on obtenait avant 1885, on voit que la somme de 150000 francs environ consacrée depuis cette époque à la transformation de l'hôtel, a été avantageusement employée. Nous devons ajouter, toutefois, que les remarquables installations qui permettent d'avoir dans la salle de nos séances de la force motrice et de l'électricité sont très rarement utilisées : elles ne rendent pas jusqu'ici les services fréquents que l'on prévoyait, et nous croyons qu'il y aurait sur ce point un nouveau et intéressant progrès à réaliser.

Le produit des cotisations s'est encore un peu élevé cette année. Vous savez que de 1885 à 1890, le nombre des membres de la Société a été en diminuant ; il se relève depuis deux ans et nous sommes heureux de le constater.

Il n'en est malheureusement pas de même des abonnements au *Bulletin :* ils ont diminué cette année de 38 p. 100 par rapport à l'année dernière, ce qui fait une recette en moins de 1368 francs. Cela est d'autant plus fâcheux, qu'en même temps les dépenses du *Bulletin* ont augmenté de 4079 francs, c'est-à-dire de 24 p. 100. Il faut espérer que ces sacrifices porteront leurs fruits en 1893.

L'examen des autres articles du compte et le rapprochement avec ceux des années précédentes ne fait ressortir que des variations sans importance qui n'appellent aucune observation.

En ce qui concerne les fondations, nous voyons que bien des sommes disponibles ont été capitalisées faute d'emplois : dans la recherche des mérites à récompenser ou des infortunes à secourir, le Conseil est trop souvent im-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

puissant; il appartient à tous les membres de la Société de le seconder dans cette tâche, nous leur faisons donc un pressant appel.

Enfin, Messieurs, en vous proposant d'approuver les comptes qui vous sont présentés, nous appelons votre attention sur la lourde charge qui incombe à notre trésorier. Son dévouement mérite notre plus vive reconnaissance et nous tenons à lui donner ici un témoignage d'affectueuse estime et de gratitude auquel vous vous associerez certainement.

Signé : Lucien Bordet, *rapporteur*.

Approuvé en séance le 12 *mai* 1893.

ARTS MÉCANIQUES

Rapport *fait par* M. le colonel Pierre, *au nom du Comité des Arts Mécaniques*, sur la serrure a avertisseur électrique de M. Langlassé.

M. Charles Langlassé, mécanicien, 95, avenue du Maine, à Paris, a présenté à l'examen de la Société d'Encouragement de l'industrie nationale une serrure à avertisseur électrique pour laquelle il a pris un brevet d'invention, le 25 juin 1892, et dont le but, comme son nom l'indique, est de signaler la présence des voleurs qui, pour s'introduire dans nos appartements, essayent de crocheter la serrure de la porte d'entrée.

Voici en quoi consiste cette invention :

Le côté extérieur de la plaque de fond (ou foncet) de la serrure porte au-dessus du canon d'entrée de la clé une tige A faisant fonction d'isolant, située dans le plan vertical passant par l'axe du canon. Cet isolant pénètre d'une petite quantité dans le canon, sur lequel il est appuyé par une embase, et pressé par un ressort à boudin, enroulé sur la tige; la tête de celle-ci est voisine d'un fil électrique qui passe au-dessus d'elle, et qui communique avec une sonnerie.

Si l'on introduit la clef dans son canon, soit par l'intérieur, soit par l'extérieur de la porte, la tige de la clef rencontre le bout inférieur de l'isolant, le soulève, fait appuyer le bout supérieur sur le fil électrique, et il se produit un contact qui ferme le courant. Aussitôt la sonnerie se met en mouvement et se fait entendre pendant tout le temps que la clef reste dans la serrure.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il était naturel de prévoir les cas où l'on se sert, pour ouvrir la serrure, d'une fausse clef, d'un fil de fer ou d'un clou, dont la tige est toujours moins grosse que celle de la clef elle-même. Il peut arriver alors que l'isolant ne soit pas rencontré par cet outil. Pour obvier à cet inconvénient, M. Langlassé a placé dans l'intérieur de la serrure un autre isolant B consistant dans une lame de ressort qui est fixée d'une part à la paroi supérieure de la boîte de la serrure, du côté du pène, et d'autre part à un coussinet qui s'appuie sur le bord supérieur des gorges. Quand l'outil dont on se sert pour ouvrir la serrure y est introduit, la partie qui fait fonction de panneton soulève forcément les gorges G; celles-ci, à leur tour, soulèvent l'isolant, le pressent contre le fil électrique, et l'avertisseur se fait entendre.

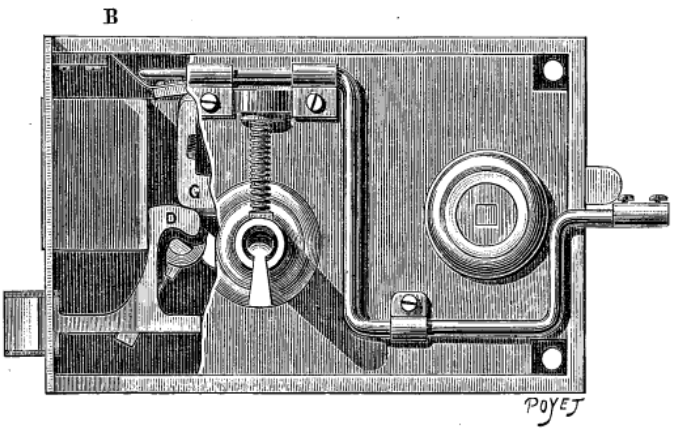


Fig. 1. — Vue intérieure de la serrure.

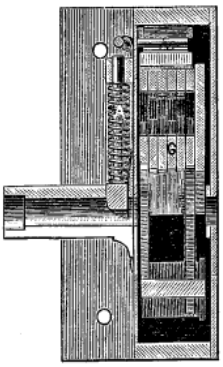


Fig. 2.
Coupe de la serrure.

Pour le cas où la porte ne serait fermée qu'au demi-pène, celui-ci est pourvu à l'intérieur de la serrure d'une dent en fer D, disposée en avant des gorges et près de leurs bords inférieurs. Quand le demi-pène, actionné par le moyen du bouton, rentre dans la serrure, la dent dont le dessus forme un plan incliné rencontre les gorges, les relève, et, par leur action sur l'isolant, soulève celui-ci; l'avertisseur se fait encore entendre.

Donc, l'alarme est donnée inévitablement, soit que l'on se serve d'une clef ordinaire ou de tout autre outil, soit que l'on agisse sur le bouton du demi-pène.

L'avertisseur de M. Langlassé peut s'appliquer non seulement à des serrures neuves construites exprès pour le recevoir, mais aussi à la plupart des serrures existantes.

Il est employé depuis plusieurs mois dans quelques maisons de campagne des environs de Paris. Des voisins disent avoir entendu la sonnerie

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fonctionner pendant la nuit; aucune serrure n'a été forcée. Probablement les voleurs, avertis par le bruit, avaient pris la fuite. Le Comité des arts mécaniques, après examen de la serrure de M. Langlassé, est d'avis que l'avertisseur électrique dont elle est pourvue est appelé à rendre des services, et que, par suite, elle mérite d'être signalée au public. En conséquence, il propose au Conseil de remercier l'inventeur de sa communication, et d'ordonner l'impression du présent rapport et d'un dessin à l'appui, dans le *Bulletin* de la Société.

Signé : Colonel PIERRE, *rapporteur.*

Approuvé en séance, le 12 *mai* 1893.

ARTS ÉCONOMIQUES

RAPPORT *fait par* M. PRUNIER, *au nom du Comité des Arts économiques*, SUR LE PROCÉDÉ DE M. MARIX POUR AMENER EN CONTACT INTIME LES LIQUIDES QUI NE SE DISSOLVENT PAS RÉCIPROQUEMENT.

Dans sa séance du 25 mars dernier, la Société a écouté avec un vif intérêt la communication que lui a faite M. Lézé, professeur à l'École d'agriculture de Grignon, sur les nouveaux procédés de M. Paul Marix pour obtenir automatiquement et avec la plus grande facilité des mélanges intimes entre liquides réciproquement incapables de se dissoudre.

Au premier abord, la question semble assez modeste d'apparence et d'intérêt plutôt limité ; mais en l'examinant d'un peu plus près on ne tarde pas à se rendre compte que les procédés dont il s'agit, outre qu'ils constituent un progrès incontestable sur les pratiques anciennes, ont d'autre part, et dès à présent, des applications assez générales, en ce qui concerne l'alimentation, pour intéresser tous ceux qui peuvent à un moment donné consommer des aliments dans lesquels il entre du lait ou du beurre.

Prenons un réservoir, R (fig. 1), dont la forme peut être quelconque, et dont nous supposerons les parois verticales, l'une d'elle étant munie d'une ouverture O placée à une hauteur variable.

Dans le réservoir on fait arriver deux liquides non miscibles, A et B, dont il est facile de déterminer à volonté les proportions relatives au moyen de deux robinets.

Il est toujours possible de régler l'admission des liquides de manière que

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le volume à l'entrée soit égal au débit de l'orifice de sortie, et à partir de là le niveau reste constant à l'intérieur du réservoir.

La place et les dimensions de l'orifice de sortie étant quelconques, cet orifice peut d'abord se trouver en contact avec un seul (B) des deux liquides (fig. 1), qui dès lors sortira à l'exclusion de l'autre (A), dont la proportion augmente dans le réservoir jusqu'au moment où le plan de séparation arrivera au niveau de l'orifice. C'est la période préparatoire.

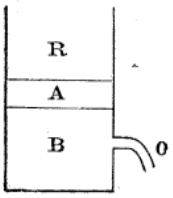


Fig. 1.

A partir de ce moment, un régime normal s'établit automatiquement. L'orifice livre passage à un mélange dont la proportion est réglée par les robinets d'admission, puisque le niveau supérieur ne cesse pas d'être constant.

Si l'orifice est linéaire et parallèle au plan de séparation des deux liquides, on obtiendra une nappe formée de deux couches laminées en quelque sorte, le liquide moins dense étant au-dessus.

Les deux liquides se partageront la hauteur de la fente proportionnellement à leur volume d'admission.

Pour trois liquides on aurait une nappe triple ; mais l'ensemble des phénomènes se passerait d'une façon analogue, le liquide moyen étant en couche pelliculaire, si l'orifice est suffisamment étroit, et la quantité du liquide intermédiaire suffisamment réduite.

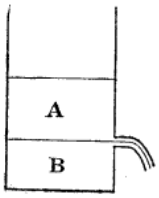


Fig. 2.

Le mélange deviendra donc de plus en plus intime, à mesure que l'orifice sera plus restreint ; mais le débit diminue en même temps d'une manière proportionnelle.

Pour augmenter le débit sans augmenter l'orifice, on peut avoir recours à la pression et se proposer comme objectif de porter la pression au maximum et de réduire au minimum l'orifice de sortie.

C'est en effet, sur ce principe qu'est basé le nouveau procédé de M. Paul Marix.

Dans un réservoir clos alimenté comme on vient de dire et pourvu d'un orifice très exigu, en vue d'arriver à une division plus complète et à un contact plus intime, il a exercé une compression très grande d'abord au moyen de pompes foulantes, capables de comprimer jusqu'à 500 atmosphères par exemple.

Le débit est ainsi obtenu malgré l'étroitesse de l'orifice, puisqu'il est en raison directe de la pression.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La vitesse du jet à la sortie est également proportionnelle à la pression qui existe au niveau de l'orifice et peut contribuer mécaniquement à assurer le mélangeage.

Dans une autre série d'expériences, cette compression énorme, qui entraîne dans la pratique des difficultés faciles à prévoir, a été remplacée de la manière la plus heureuse par l'emploi de turbines du genre de celles qu'on emploie journellement pour l'écrémage du lait.

M. Marix s'est servi surtout des turbines à diaphragme du système Burmeister et Waüss.

Prenons par conséquent l'une de ces turbines, lancée à deux ou trois mille tours par minute, et versons-y un mélange de deux liquides non miscibles.

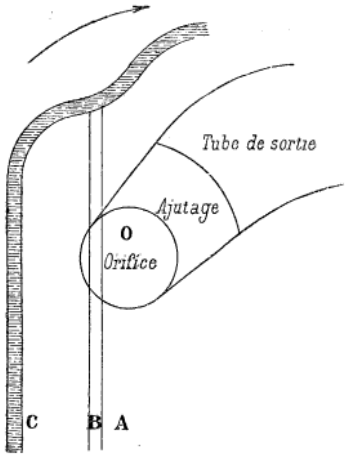


Fig. 3.

Ces deux liquides se disposeront en cylindres concentriques : le plus dense ne tardera pas à occuper exclusivement la surface extérieure et le moins dense la surface intérieure.

Voici maintenant l'élégante application faite par M. Marix :

L'appareil étant en mouvement et les liquides répartis comme nous venons de le voir, il se contente d'amener un ajutage métallique de forme et de dimensions convenables dans le voisinage de la surface de séparation des deux liquides.

Cet ajutage, relié à un tube de sortie, est maintenu immobile, et dès lors les deux liquides entraînés par la turbine viennent se précipiter dans l'orifice avec une rapidité qui peut équivaloir à plusieurs centaines d'atmosphères de pression dans un réservoir fixe.

$$V = \sqrt{2gh}$$

Finalement le tube de sortie donnera issue à un mélange émulsionné et divisé à volonté en quelque sorte, dont la composition sera commandée par les robinets d'entrée, qui règlent sans difficulté aucune l'alimentation de la turbine.

Et c'est bien ainsi en définitive que les choses se passent dans l'opération

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

industrielle, si ce n'est qu'ordinairement on est en présence de trois fluides non miscibles, ou davantage.

Prenons comme exemple ce qui se produit avec deux liquides non miscibles et de l'air envisagé comme troisième fluide.

Soit, dans la turbine lancée à grande vitesse, en C, la couche cylindrique formée par le liquide plus dense; en B, la surface cylindrique occupée par le liquide moins dense, et en A, l'air de la partie centrale.

L'orifice O de l'ajutage est amené tangentiellement au voisinage de la couche B.

Le régime normal s'établit automatiquement, ainsi qu'il a été dit plus haut, et par conséquent les deux liquides C et B s'engouffrent avec une rapidité très grande et viennent se broyer dans l'ajutage en présence de l'air de la couche A. Il en résulte instantanément une émulsion dont la composition est à volonté déterminée par les robinets de l'entrée.

En résumé, dans ces conditions la force centrifuge assure d'abord la séparation des deux liquides ; la vitesse de rotation de la turbine remplace la pression; l'ajutage fait fonction d'orifice de sortie, et tout se passe comme si, dans un réservoir immobile, on élevait la pression à plusieurs centaines d'atmosphères.

Ces données sont utilisées dès à présent dans la pratique et avec le plus grand succès.

C'est ainsi, en particulier, que l'on prépare à l'usine d'Aubervilliers la graisse alimentaire dont l'usage est aujourd'hui si répandu.

En tout cas, le nouveau procédé de M. Paul Marix réalise un progrès notable sur les procédés antérieurement usités.

C'est une application fort ingénieuse de divers principes combinés de manière à constituer une nouvelle méthode industrielle qui conduit à des résultats pratiques tout à fait remarquables.

C'est pourquoi le Comité des Arts économiques vous propose de remercier M. P. Marix, par l'intermédiaire de M. Lézé, au sujet de son intéressante communication, et de voter l'insertion au Bulletin du présent Rapport avec les figures destinées à faciliter l'intelligence du texte.

Signé : PRUNIER, *rapporteur.*

Approuvé en séance le 24 *février* 1893.

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 UN CHRONOGRAPHE APPLICABLE AUX RECHERCHES BALISTIQUES CONSTRUIT PAR M. SCHMIDT, 60, *rue de Richelieu*, *Paris*.

Les appareils destinés à la mesure des très petits intervalles de temps, qui sont connus sous le nom de chronographes et qui sont en usage pour un certain nombre d'applications sont généralement des appareils d'un emploi peu commode et qui exigent des installations spéciales et des précautions particulières pour leur maniement.

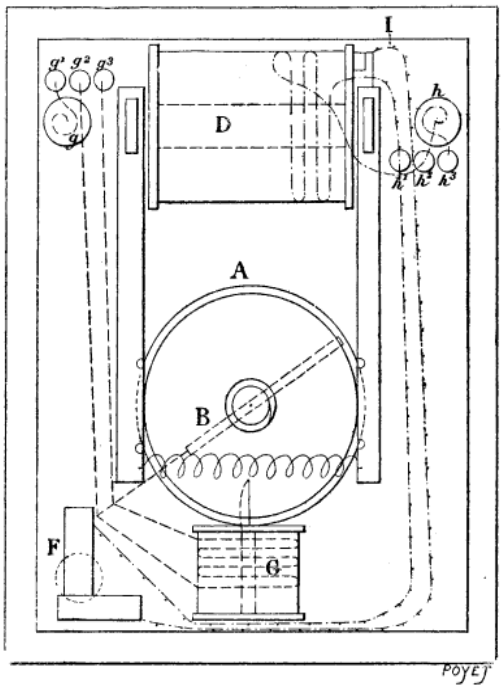


Fig. 1. — Plan du chronographe Schmidt.

M. Schmidt a cherché à réaliser un appareil analogue à un chronomètre et qui, sous une forme portative, pût, sans précautions d'emploi spéciales, mesurer avec précision les très courtes durées que l'on a à déterminer lorsqu'on veut mesurer la vitesse d'un projectile.

Il a utilisé, pour évaluer ces faibles durées, le mouvement rapide et régulier du balancier d'un chronomètre.

On sait que le projectile rencontre sur son trajet deux réseaux de fils conducteurs parcourus chacun par un courant qu'il interrompt au passage.

Le balancier est mis en marche au moment de la rupture du premier courant qui marque la longueur du temps à mesurer, il est arrêté brusquement au moment de la rupture du second courant qui marque la fin de cette même durée. Une aiguille très légère est montée sur l'axe même du balancier, et se meut sur le cadran de l'instrument. Elle est amenée à zéro au

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

début de l'expérience par un mouvement de rotation que l'on imprime, à la main, à la glace qui recouvre la division et cette opération a pour effet de donner au ressort spécial qui entraîne le balancier une tension initiale toutoujours la même, pour assurer la régularité de la marche de l'appareil.

Pour obtenir de bons résultats, il faut encore que la mise en marche et l'arrêt du balancier se fassent, sinon sans temps perdu, du moins dans des conditions toujours identiques à elles-mêmes, de façon que l'on puisse tenir

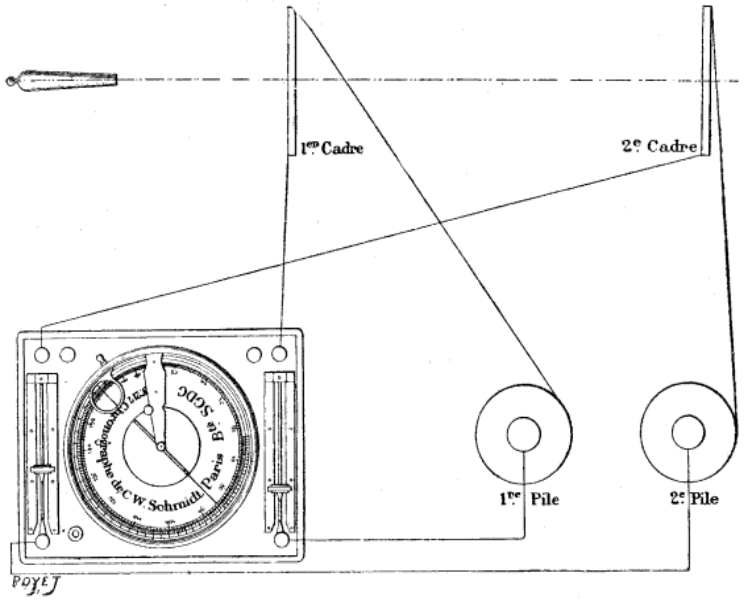


Fig. 2. — Disposition du chronographe Schmidt pour la mesure de la vitesse des projectiles.

compte, dans la graduation de l'appareil, des retards de fonctionnement qui doivent forcément se produire.

On se trouve ainsi amené à se préoccuper des variations qu'entraînent dans la désaimantation des électro-courants qui font partie de l'appareil les variations d'intensité des courants qui les animent, et il faut assurer la constance de cette intensité pour chacun d'eux, malgré les variations de résistance des circuits qui peuvent être dues à des circonstances extérieures.

Ainsi constitué, l'appareil peut permettre d'apprécier les millièmes de seconde pour une durée totale moindre bien entendu que la durée d'oscillation du balancier.

L'instrument est d'ailleurs gradué empiriquement à l'aide d'un appareil dit vérificateur de chute qui peut produire des interruptions de courant

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

séparées par des intervalles de temps que l'on peut faire varier à volonté par centième de seconde, depuis un jusqu'à dix centièmes et au delà.

On détermine ainsi les principales divisions du cadran qui fournissent des points de repère pour une graduation expérimentale.

Pour rendre plus commode l'application de l'appareil à la mesure de la vitesse des projectiles, M. Schmidt remplace d'ailleurs la graduation en temps par une graduation en vitesses calculée en supposant les cadres cibles placés à une distance de 50 mètres par exemple.

On obtient ainsi un appareil très portatif et d'emploi commode, qui peut donner immédiatement par une simple lecture la vitesse du projectile. Il présente l'avantage de n'exiger aucune installation fixe, de pouvoir être confié à un opérateur et de pouvoir être placé dans le voisinage du canon.

La comparaison qui en a été faite, sur différents polygones, avec les chronographes en usage pour la mesure des vitesses des projectiles, montre qu'il peut fournir des indications en concordance avec celles de ces derniers quand il est convenablement réglé. Il faut seulement avoir la précaution de le tarer avant chaque séance, si l'on veut pouvoir compter sur ses indications en valeur absolue. Néanmoins, par suite de l'extrême précision que l'on recherche le plus souvent aujourd'hui dans la mesure des vitesses des projectiles, le chronographe électro-balistique Schmidt n'est évidemment pas appelé à remplacer complètement sur les polygones les appareils actuellement en usage et notamment le chronographe Le Boulengé-Breger qui est le plus fréquemment employé pour la mesure des vitesses des projectiles; mais il pourra être avantageusement utilisé dans les expériences où l'on pourra se contenter de mesures approximatives, et où l'on voudra obtenir immédiatement la mesure des vitesses dans le voisinage des bouches à feu.

Il pourra donc servir comme auxiliaire utile des appareils Le Boulengé pour les séances où l'on ne voudra rechercher que des résultats approchés.

Déjà des appareils de ce genre ont été mis en service dans plusieurs pays; notamment en Suède, en Norvège, en Danemark et au Brésil, et les résultats obtenus paraissent avoir été satisfaisants.

Votre Comité des Arts économiques vous propose en conséquence d'insérer le présent rapport dans le *Bulletin* de la Société avec les dessins sur bois nécessaires pour permettre de faire comprendre les dispositions de l'appareil.

Signé : Général Sebert, *rapporteur*.

Approuvé en séance, le 26 *mai* 1893.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LÉGENDE DES FIGURES REPRÉSENTANT LE CHRONOGRAPHE SCHMIDT ET SON APPLICATION A LA MESURE DE LA VITESSE DES PROJECTILES.

Fig. 1. — A, Balancier comportant un ressort spiral.

B, Aiguille.

C, Électro-aimant de premier courant maintenant le balancier et l'aiguille à son point de départ. Quand le courant est interrompu, l'aiguille est rendue libre et se met en marche.

D, Électro-aimant du deuxième courant arrêtant le balancier quand ce courant est interrompu.

I, Contact du second électro-aimant.

F, Bouton servant à rétablir le deuxième courant dans l'instrument.

Il existe en outre (fig. 2) des rhéostats, de chaque côté du cadran, pour régler les courants.

g, g_1, g_2, g_3, Conducteurs du premier courant indiqué par des lignes formées de traits interrompus.

h, h_1, h_2, h_3, Conducteurs du deuxième courant indiqué par des lignes formées de points et de traits.

Pour mesurer la vitesse d'un projectile on dispose, comme cela se pratique ordinairement, deux cadres faisant partie chacun d'un courant. Le projectile traversant le premier cadre interrompt le premier courant qui met en marche l'aiguille du chronographe.

Quand le projectile est parvenu au second cadre, il interrompt le second courant qui arrête l'aiguille. On a ainsi le temps qu'a mis le projectile à franchir la distance qui sépare les deux cadres et par suite sa vitesse.

ARTS MÉCANIQUES

EMPLOI DES PRESSES HYDRAULIQUES A HAUTES PRESSIONS DANS LES FORGES, PAR M. DAELEN (1).

L'emploi des presses hydrauliques pour la compression des lingots, leur forgeage, leur cisaillement, et pour le travail des tôles et des plaques de blindage se répand de plus en plus dans l'industrie (2), où elles remplacent avantageuse-

(1) *High Pressure Hydraulic Presses*, in *Iron Works*.

(2) *Bulletin* de la Société d'Encouragement, février-mars 1890, pp. 76 et 151. *Revue industrielle*, 2 et 7 juin 1887, p. 214 et 217. (Presses de Bessemer, Brunon, Clarke, Davy, Garrett, Kirk, Massey, Tweddell, Platt et Fielding, Smith, Wilson et Imray. — 19 déc. 1891, presse

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment les marteaux, avec une précision et une économie plus grandes, une puissance pratiquement illimitée, car on peut employer aujourd'hui des pressions hydrauliques allant jusqu'à 1 000 atmosphères, bien que l'on ne dépasse pas, en général, 600 atmosphères.

Aussi avons-nous pensé qu'il serait utile de donner dans notre Bulletin une analyse détaillée d'une récente communication faite à ce sujet, devant l'American Institute of Mining Engineers, par M. Daelen, dont la compétence spéciale en ces matières est connue de tous les métallurgistes.

M. Daelen divise les appareils les plus usités pour le forgeage hydraulique en six grandes classes, dont il discute successivement les principales caractéristiques :

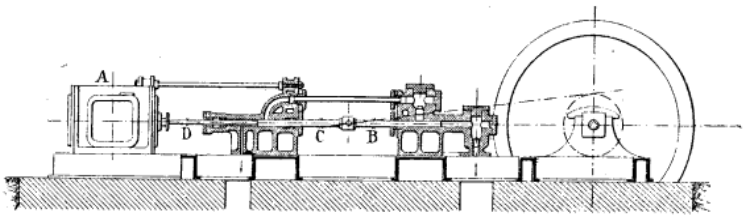


Fig. 1. — Pompe à vapeur avec volant.

A, Cylindre à vapeur. B, piston de basse pression. C D, piston différentiel de haute pression.

1° *Pompes à vapeur avec volant et accumulateur* (fig. 1). — L'emploi du volant entraîne forcément celui de l'accumulateur, nécessaire pour que le système puisse, malgré la continuité de la marche du moteur, se plier à l'irrégularité sinon à la discontinuité du service. On fait en général l'accumulateur aussi grand et la pompe aussi petite que le permettent les besoins du service ; une même pompe peut desservir plusieurs accumulateurs en série, dont le plus voisin, qui se lève le dernier, arrête automatiquement la pompe quand il arrive au haut de sa course. On emploie, pour diminuer le nombre des clapets, des pompes à pistons différentiels, avec cylindres en acier forgé, dès que la pression dépasse 250 atmosphères, et une vitesse variant de un à deux mètres par seconde.

2° *Pompes à vapeur sans volant et avec accumulateur*. — On peut, dans ce cas, employer un accumulateur plus petit et des pistons plus gros et plus rapides, parce que la vitesse du moteur se règle jusqu'à un certain point sur le débit du service ; mais on ne peut employer des détentes aussi prolongées qu'avec les pompes à volant (1).

Galloway. — Congrès international des Mines et de la Métallurgie, 1889, mémoire de *M. F. Gautier*, sur le forgeage comparé au marteau et à la presse. — *La Nature*, 15 avril 1893, p. 307 : « Les presses à forger à bord des navires », par *F. Marant*.

(1) On pourrait, néanmoins, remédier presque entièrement à ce défaut par l'emploi de compensateurs analogues à ceux de *Worthington*. (G. R.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

3° *Pompes à vapeur sans volants ni accumulateurs.* — On peut, dans ce cas, assurer avantageusement l'uniformité du débit par l'emploi d'une pompe à trois corps actionnés (fig. 2) par des manivelles à 120°, système qui ne présente aucun avantage autre qu'un prix d'établissement moins élevé (1).

4° *Multiplicateur de pression à simple effet, sans accumulateur.* — Dans ce système, ainsi que l'indique la figure 3, chaque presse a son multiplicateur, supprimant ainsi toute la tuyauterie générale d'eau, remplacée par une tuyauterie de vapeur, qui existe presque toujours pour d'autres usages. On ne dépasse pas, en général, une pression de 400 atmosphères, à partir de laquelle le frottement et l'usure des cuirs emboutis augmentent beaucoup. La course du multiplicateur doit être la plus longue possible, et peut atteindre jusqu'à des vitesses de trois mètres par seconde, en raison de sa communication directe sans clapets avec le cylindre de la presse. La détente de la vapeur augmente rapidement avec cette vitesse; mais on est obligé de la modérer quand il faut arrêter le piston en un point rigoureusement déterminé. On peut enfin, mais aux dépens de la simplicité, faire actionner le multiplicateur par un cylindre à double effet, ou par deux cylindres, de manière à en augmenter temporairement l'énergie.

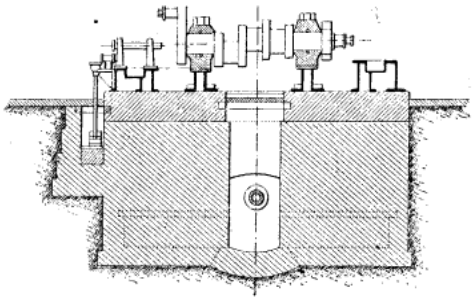


Fig. 2. — Pompe sans volant ni accumulateur à trois corps actionnés par des manivelles à 120°.

On peut aussi, comme l'indique la figure 4, actionner, au moyen d'un seul piston moteur A et de deux pistons multiplicateurs BB, deux pistons *cc* d'une grande presse. Quant à la sécurité contre les excès de pression, elle est la plus parfaite possible, puisque la pression de l'eau est limitée par celle même de la vapeur; enfin on peut, à chaque instant, arrêter, puis reprendre, accélérer ou retarder la marche de la presse, qui se trouve ainsi parfaitement à la main du mécanicien.

5° *Pompe à vapeur avec volant, sans accumulateur et avec tuyauterie.* — On a un remarquable exemple de ce type dans la presse *Allen*, de Sheffield (2), qui fonctionne comme avec un multiplicateur, en ce sens que les cylindres de la pompe et de la presse sont réunis par de courts tuyaux sans soupapes, de sorte que le piston de la presse suit au retour celui de la pompe. Le volant empêche de régler ce mouvement à la main, et l'on ne peut contrôler le plongeur de la presse que par l'admission ou l'évacuation d'eau à basse pression dans son cylindre. On a cherché, par cette combinaison, à réaliser à la fois les avantages du multiplicateur et ceux du volant; mais l'appareil est coûteux et encombrant, et l'on perd

(1) *Stahl und Eisen*, fév. 1892, p. 156.
(2) *Engineering*, vol. LIII, p. 417.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

toujours un peu de vapeur pendant la partie de la course inutilisée. Les vitesses du piston et de son arbre de commande sont limitées par la résistance des tuyaux à l'écoulement, ce qui oblige à l'emploi de machines de grandes dimensions.

6° *Pompe à vapeur avec volants, sans accumulateur et sans tuyauterie.* — Ce

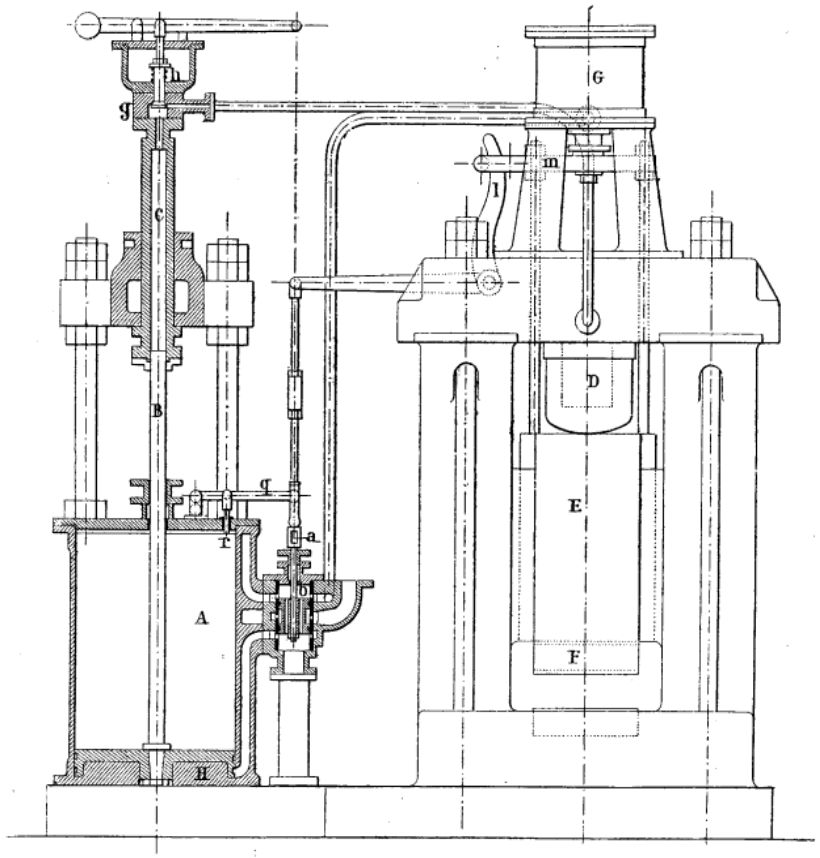


Fig. 3. — Multiplication de pression à simple effet sans accumulateur, appliquée à une cisaille de Breuer Schumacher.

A, Cylindre à vapeur, dont le piston H mène directement celui B de la pompe C, qui refoule l'eau sous pression sur le plongeur D de la cisaille E F. *m*, levier mû par la tige de D et commandant par *l a* le distributeur *b* de A. — G, Cylindre à vapeur pour le rappel de D, recevant la vapeur du distributeur *b*, manœuvré à la main par *a*, puis, à la fin de la course, par la butée *r* du piston H et le levier *q*. — *g h*, soupape récupératrice des fuites de C.

système atténue considérablement les inconvénients du précédent, comme on peut s'en assurer par la description de la presse fig. 5 et 6, imaginée par l'auteur, *M. Daelen*.

La pompe est horizontale, pour en faciliter l'accessibilité et le maniement des lingots. L'approche et le rappel du piston E de la presse sont effectués à la main, par le piston N au moyen d'eau à basse pression, puis la pression finale est

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

donnée par la pénétration du piston c de la pompe dans celui E de la presse. On peut rendre le débit de chaque course de c aussi petit que l'on veut, et se garantir des accidents par une soupape de sûreté.

Dispositions spéciales.

Accumulateurs pneumatiques. — Cet accumulateur, étudié notamment par MM. *Prott et Sulhoff* (1), remplace par une pression d'air le poids des masses de

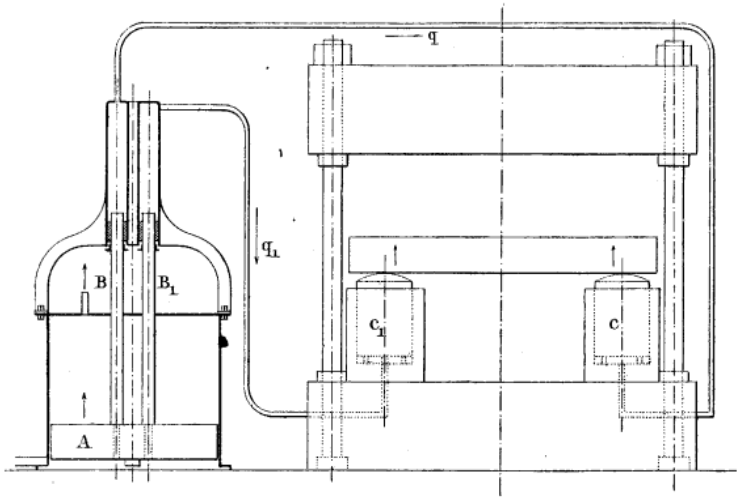


Fig. 4. — Multiplicateur double direct.

A, piston à vapeur unique commandant directement par B_1 q_1 et B q les presses c_1 et c.

l'accumulateur ordinaire et supprime ainsi les chocs dus à leur force vive dans les variations soudaines et rapides du débit.

Dans le type représenté par la figure 9, le cylindre à air comprimé A charge directement le piston hydraulique b, de section dix fois moindre, et peut être mis en communication par la soupape f avec les réservoirs auxiliaires d'air comprimé F F. Dans le grand accumulateur de Bochum, ces réservoirs sont au nombre de six. Le plongeur a, en acier fondu, est creux, de façon à augmenter d'autant le volume de l'air en jeu en A a, et maintenu étanche par une couche d'huile : cette huile pénètre à l'intérieur du piston dans un espace annulaire h, réservé entre ses parois et une tôle de fer : cette précaution serait, d'après les constructeurs, indispensable, aucun acier ne pouvant tenir indéfiniment sans fuites de l'air sous une pression d'une cinquantaine d'atmosphères.

(1) *Stahl und Eisen*, 1891, p. 132. M. Kinney a aussi proposé un système d'accumulateur à air. Gustave Richard, *La Chaudière. Locomotive*, p. 631.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Applications du multiplicateur à vapeur. — Le multiplicateur simple a, pour le moment, fréquemment remplacé la pompe et l'accumulateur dans les étampeuses, les emboutisseuses, les cisailles, etc. La fig. 3, par exemple, en représente l'application à une cisaille de *Breuer Schumacher* pour lingots d'acier. Quand on abaisse à la main la soupape *a*, la vapeur soulève les pistons A et C, qui font descendre le piston D de la cisaille, dont le croisillon *m* actionne, par le levier *l*, la soupape *b*, de manière à couper l'admission de la vapeur au point de l'opération à partir duquel elle peut se terminer par la détente de la vapeur. Ce point est

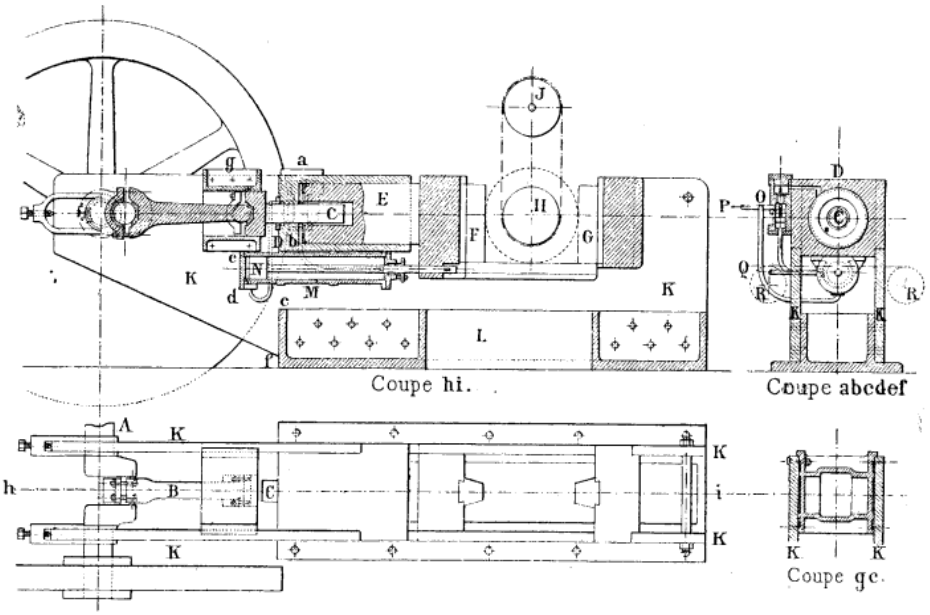


Fig. 5 à 8. — Pompe à vapeur Daelen avec volants, sans accumulateur et sans tuyauterie.

A, Manivelle double menant par B le petit plongeur C, à garniture D, et pénétrant dans le plongeur E F, rappelé par le piston N de M. — P et Q, Entrée et sortie de l'eau à basse pression de M. — O, Retour de l'eau au réservoir d'alimentation de D. — K, K Flasques du châssis L portant le cylindre D et l'enclume G. — J, Treuil de manœuvre du lingot H.

déterminé par la courbure que l'on donne expérimentalement au levier *l*. A la fin de l'opération, ce levier ouvre l'échappement de A, et le piston D remonte, rappelé par la vapeur admise sous le piston de G, avec une vitesse réglée par l'étranglement de *b*.

On donne parfois au plongeur C la forme d'un piston différentiel permettant d'en régler la marche par un échappement d'eau plus ou moins étranglé, de façon à éviter les chocs dus aux arrêts subits, comme dans le forgeage à froid. Lorsqu'il faut frapper un très grand nombre de coups, on peut grouper plusieurs multiplicateurs sur une seule presse.

Pompes à double effet. — On peut les employer sans volants ni accumulateurs,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à la manière des multiplicateurs; mais cela entraîne l'addition, dans le circuit hydraulique, de soupapes actionnées par le piston de la presse, et occasionnant par leur fermeture des interruptions dans la circulation de l'eau. La presse à forger d'*Haswell* (1) marchait avec une pompe de ce type, dont les complications servirent longtemps de prétexte à l'abandon de ces presses, bien que la véritable raison de son échec ait été l'insuffisance de sa pression. Avec certains perfectionnements nouveaux, l'emploi des presses à double effet est parfois avantageux en raison du peu d'encombrement du système.

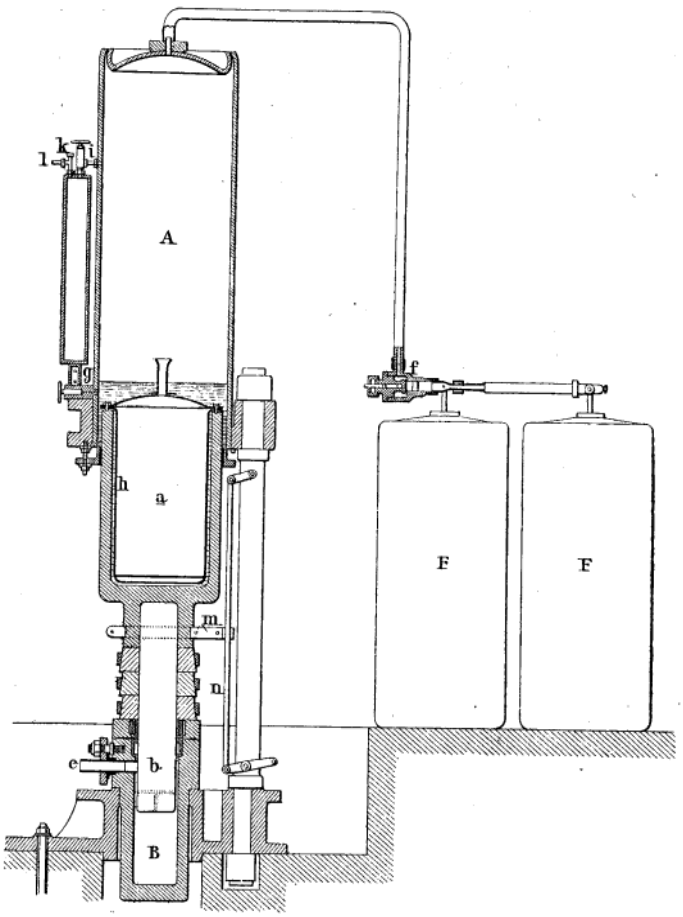


Fig. 9. — Accumulateur pneumatique Prott et Sulhoff.

A, Cylindre à air à plongeur creux *a* avec garniture d'huile *h*, chargeant directement le multiplicateur hydraulique *l*, B, *e*. — F, Accumulateur d'air comprimé alimentant A par *f*. — *i*, *g*, Alimentation de l'huile au-dessus de *a*, au moyen d'air comprimé admis par *ik*. — *m n*, Commande automatique de la pompe.

La presse à forger de la Société de *Duisburg*, représentée par les figures 10 à 12, a son piston C rappelé par un cylindre à vapeur B, et mené par deux pompes F et G, dont les plongeurs sont actionnés directement par le cylindre à vapeur E, que commandent les leviers H. Cette presse se distingue par les deux particularités suivantes : 1° la vapeur, après avoir servi en B, passe au-dessus du piston C, pour en accélérer l'abaissement; 2° les pompes

(1) GRUNER, *De l'acier* (Dunod, 1867); PERCY, *Métallurgie*, traduction Petitgand et Ronna, vol. IV, p. 361 (Baudry, 1867). Voir aussi le brevet anglais de Shanks et Kohn, 2908 de 1882.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sont contrôlées par un servo-moteur qui limite automatiquement la course du marteau au point voulu.

On peut aussi citer la pompe à forger du système *Trappen*, établie à l'usine

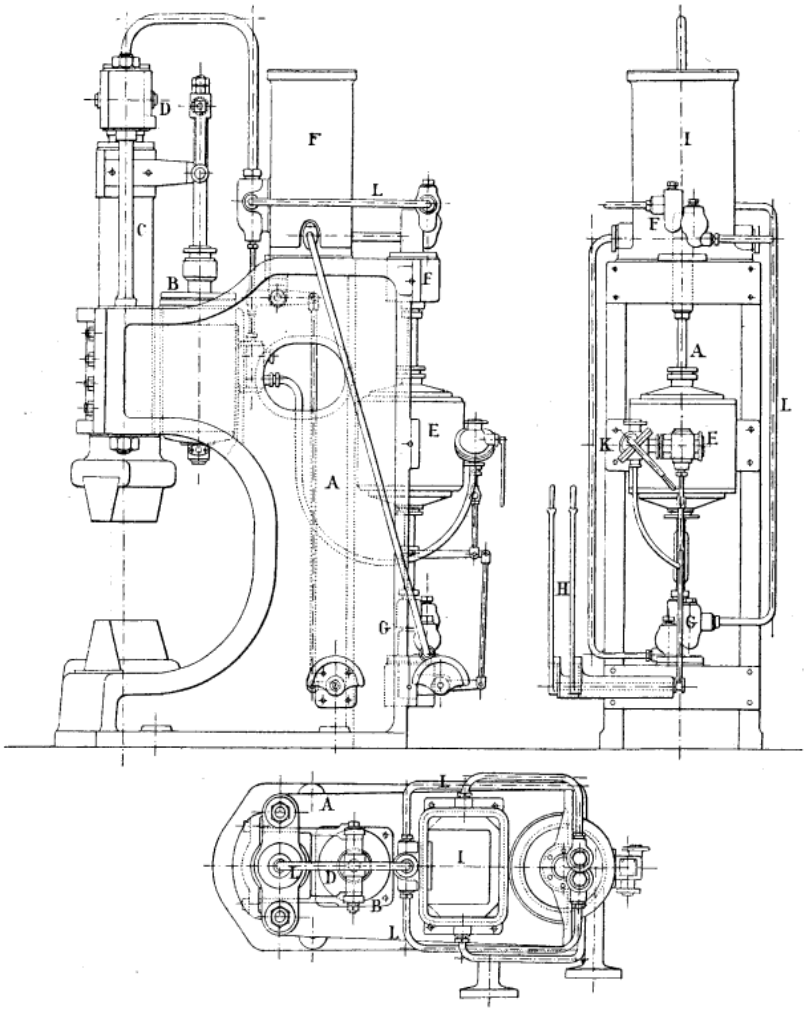


Fig. 10, 11 et 12. — Presse à forger de Duisburg.

B, Cylindre à vapeur relié par D au marteau C. — E, Cylindre à vapeur actionnant directement les pompes G et F, et commandé par les leviers H. — K, Distributeur de la vapeur à E et à B. — LL, tuyauterie reliant les pompes à C.

de Skoda, à Pilsen, avec une pompe à double effet séparée de la presse (2).

La presse Baare. — L'emploi des presses pour le forgeage des lingots d'acier

(1) *Stahl und Eisen*, 1890, n° 8, p. 690. Brevet anglais, 20716 de 1889.
(2) Brevet allemand 45323.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ne s'est guère généralisé que dans ces quatre dernières années, après que la maison *Tannett et Walker* de Leeds eut démontré par de nombreuses applications que ces presses peuvent souvent remplacer avec avantage les marteaux. L'exemple donné par les Anglais ne tarda pas à être suivi par un grand nombre d'aciéries du continent. D'après M. Gauthier, en 1889, Krupp avait déjà établi à Essen une presse de 2 000 tonnes remplaçant un marteau de 75 tonnes : cet auteur cite une douzaine de presses construites ou en construction à cette époque, et affirme qu'une presse de 1 200 tonnes peut remplacer un marteau de 30 tonnes, et une presse de 4 000 tonnes un marteau de 120.

La presse de 4 000 tonnes du système Baare, construite pour les aciéries de Bochum, représentée par la fig. 13, peut donner trois pressions différentes, dont la plus considérable est de 4 000 tonnes effectives sous 600 atmosphères. Son piston différentiel a 930 millimètres de diamètre à la base et 530 millimètres à la partie supérieure; il est rappelé par deux pistons à tiges de 260 millimètre, sous une pression de 50 atmosphères. Sa course, de 1^{m},50, suffit pour les plus grosses pièces, et il est suffisamment bien guidé pour qu'il soit inutile d'abaisser le chapiteau de la presse même quand on fait donner au piston toute sa course; toutes les garnitures, parfaitement accessibles, sont très faciles à changer. La matrice se remplace aussi facilement; on l'enlève par une des grues de la forge, après l'avoir soulevée par les pistons de rappel. La partie supérieure de la presse, en deux pièces d'acier fondu, pèse 64 tonnes; le cylindre, aussi en acier fondu, pèse 35 tonnes. Le distributeur approche d'abord la presse sous la basse pression de 50 atmosphères, puis donne la haute pression; la course de son levier de manœuvre est de 600 millimètres, et n'exige qu'un effort de 5 kilos, de sorte qu'il peut être parfaitement manœuvré par un gamin.

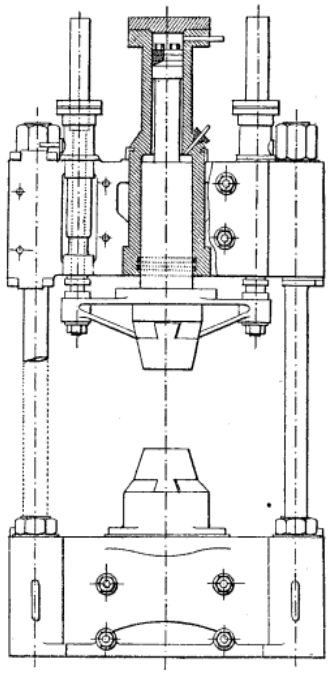


Fig. 13. — Presse Baare de 4 000 tonnes.

L'accumulateur à air comprimé du type *Prott et Sulhoff* a 3 mètres de course et 220 millimètres de diamètre; il arrête et démarre automatiquement la pompe au haut de sa course. Cette pompe, à double effet, est commandée par un cylindre à vapeur de 760 millimètres de diamètre sur 915 millimètres de course. La presse est desservie par des grues hydrauliques à action directe, sous une pression de 50 atmosphères, et tournant autour de la presse sur un cercle de 15 mètres de rayon. Elles desservent très facilement quatre fours disposés autour de la presse, et l'on a

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

prévu deux fours en plus. Les lingots sont retirés des fours, puis retournés sous la presse au moyen de deux tables à rouleaux mus par l'eau à 50 atmosphères. Cette eau est fournie, ainsi qu'à la presse, par une pompe à double effet de 460 ^{mill} × 700 de course, avec un accumulateur à piston de 460 ^{mill} × 3^{m}, 50 de course.

Enfin, on a établi en réserve une deuxième pompe à 600 atmosphères, une pompe à 50 atmosphères, et un second accumulateur pneumatique, ce qui évite toute chance d'arrêt.

La fig. 14 représente schématiquement la disposition générale de la presse et des accumulateurs. Les soupapes *a*, *b* et *c* sont commandées par le tiroir de distribution, mû par le levier *h* (fig. 21), et qui les fait ouvrir et fermer par les petits cylindres à basse pression (50 atmosphères) *m* (fig. 20) recevant l'eau par *p* (fig. 14 et 22) et l'évacuant par *q*. Le haut des cylindres *m* est relié par les tuyaux *u*, *v* et *w* aux canaux *u*, *v*, *w* (fig. 15) de la glace du tiroir de distribution *d*. La soupape *b* admet à la presse l'eau à 50 atmosphères de l'accumulateur B, *c* celle à 500 atmosphères de C, et *a* en ouvre l'échappement. Il faut pouvoir à volonté ouvrir l'une de ces soupapes en laissant fermées les deux autres, ou fermer les trois soupapes pour arrêter la presse en un point quelconque. Ces soupapes restent fermées tant que l'eau à 50 atmosphères est admise sur leurs pistons *m*, et s'ouvrent dès qu'on l'enlève.

En fig. 15 les tuyaux *u* et *v*, ouverts à la pression de 50 atmosphères *p*, ferment les soupapes *a* et *b*, tandis que la soupape *c* est ouverte par *w* à la pression *q*, de 500 atmosphères.

En fig. 16, *a* et *c* sont fermées, et *b* est ouverte, laissant la pression de 50 atmosphères s'exercer sur la presse.

En fig. 17, *b* et *c* sont fermées, et *d* est ouverte à l'échappement ; ce qui permet le rappel de la presse.

Quand le tiroir occupe certaines positions intermédiaires entre les précédentes, les trois soupapes sont fermées, et la presse immobilisée.

On fait varier la vitesse du piston de la presse au moyen de la valve d'étranglement *g* (fig. 18), reliée par *r* (fig. 14) aux valves *a b* et *c*, et par *s* à la presse, parfaitement équilibrée, et manœuvrée sans effort par le même levier *h* que le tiroir *d*.

Types divers. — Afin d'éviter les renversements de la presse par les poussées obliques du piston, *M. Daelen* a proposé de remplacer les montants verticaux par des montants inclinés qui s'attachent directement à la tête du cylindre sans l'intermédiaire d'un chapiteau (1).

La presse verticale de *W. Walker*, établie d'après ce même principe, a été brevetée en Angleterre en 1890 (2).

(1) *Stahl und Eisen*, 1889, n° 12, p. 1044.
(2) Brevets anglais, n° 10450 et 15207 de 1890.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

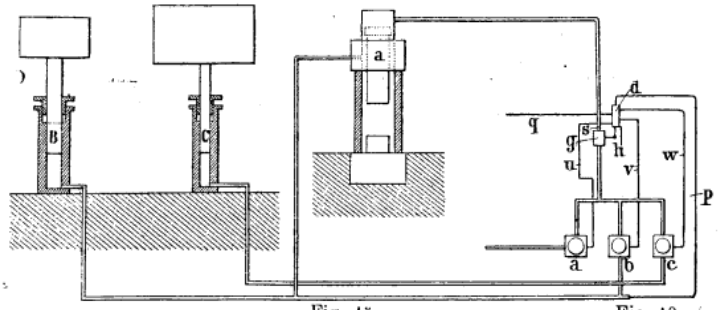


Fig. 15.

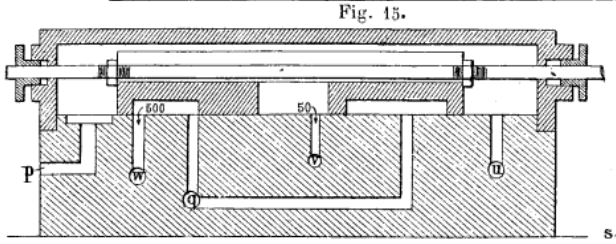


Fig. 16.

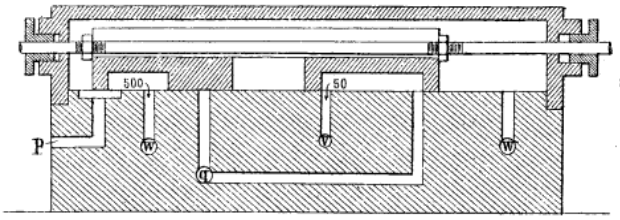


Fig. 17.

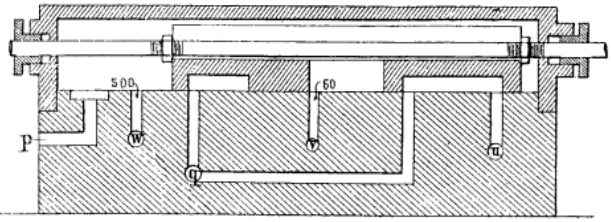


Fig. 18.

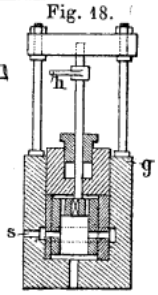


Fig. 19.

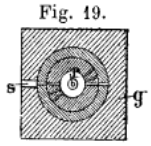


Fig. 20.

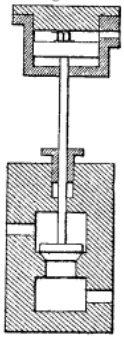


Fig. 21.

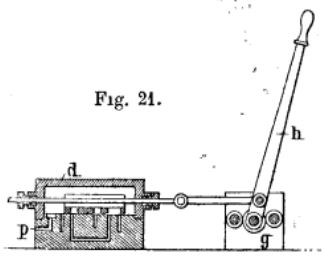


Fig. 22.

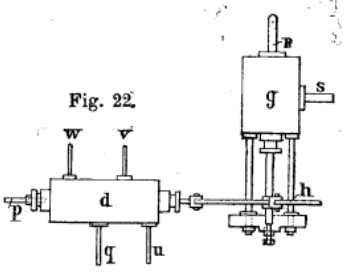


Fig. 14 à 22. — Distribution de la presse Baare (fig. 13).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La presse de *B. Walker*, de Leeds (1), pour le forgeage des sections rectangulaires, est une combinaison de deux presses, l'une verticale et l'autre horizontale, disposées l'une à la suite de l'autre, de manière qu'il soit très facile d'y transposer les lingots. Chacune de ces presses a une enclume fixe et un marteau à trois plongeurs, pouvant fonctionner isolément ou ensemble.

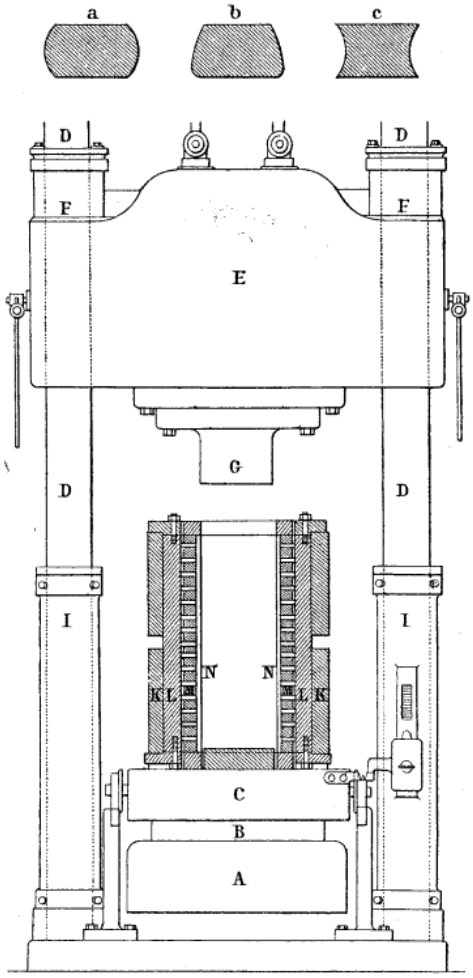


Fig. 23 et 24. — Effets de la presse et du martelage sur les lingots, et presse à comprimer l'acier liquide de *Whitworth*.

A et B, Cylindre et piston de la presse. C, wagon amenant sous le plongeur G du chapiteau E, à levée hydraulique et à butée F sur les colonnes D, le moule K, à chemise d'acier L, avec garniture réfractaire N, N, à trous d'air M.

Dans la presse de 4 000 tonnes de *Châtillon-et-Commentry* (2), les poussées latérales du plongeur principal sont supportées non par les colonnes, mais par deux plongeurs auxiliaires verticaux, placés entre les colonnes, et dont le croisillon effectue le rappel du plongeur principal. Ce dispositif encombre l'espace entre les colonnes dont il augmente l'écartement, ainsi que le volume de la presse. La presse *Withworth*, à comprimer l'acier liquide dans son moule, représentée par la fig. 24, fonctionne aux ateliers de Bethlehem (Pensylvanie) et exerce, d'après M. Howe, un pression augmentant graduellement de 900 jusqu'à 3 000 kil. par centimètre carré de section horizontale du lingot.

Comparaison de la presse avec le laminage et le martelage. — L'action mécanique exercée par la presse sur le lingot est supérieure à celle du marteau parce qu'elle s'exerce avec une certitude absolue sur toute sa masse : si la pression n'est pas suffisante pour vaincre la résistance de toutes les parties de cette masse, la presse s'arrête forcément. La presse donne au lingot comprimé la forme *a* (fig. 23),

(1) Brevets anglais 5729 de 1883, 2098 de 1885, 562 de 1890.
(2) *Stahl und Eisen*, 1892, n° 2, p. 57. *Génie civil*, 5 décembre 1891.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tandis que le marteau lui donne la forme *b*, même dans les conditions les plus favorables, c'est-à-dire, quand son choc suffit pour comprimer la section totale du lingot. Il déforme le lingot, même quand son choc est trop léger pour en affecter toute la masse ; la surface seule est alors réellement martelée, et il en résulte la forme *c*. Dans tous les cas, le martelage ne donne jamais une compression tout à fait uniforme, et ce manque d'uniformité diminue considérablement la résistance de l'acier ; l'expérience a démontré qu'elle occasionne souvent les ruptures des pièces d'acier forgé.

On admet généralement qu'une presse débite en temps égal et avec la même dépense de vapeur deux fois plus d'acier forgé — en poids — que le marteau ; ce qui s'explique en partie parce que la presse utilise toute la puissance de la vapeur, tandis que l'énergie du choc du marteau se dissipe en partie dans les vibrations des fondations.

On ne sait pas encore si l'on pourra remplacer avantageusement les laminoirs par la presse. L'auteur a vu fonctionner aux Clarence-Works (Middlesborough) une presse lamineuse de 1 200 tonnes, débitant par équippe 50 à 60 tonnes de lingots rectangulaires, dans des conditions en apparence avantageuses. On l'a, depuis, perfectionnée de manière à porter son débit à 80 tonnes, ce qui la met au niveau des laminoirs qui débitent trois fois plus, mais coûtent trois fois plus cher. Néanmoins, pour la production des lingots carrés ordinaires, presque toujours employés pour le laminage, les laminoirs lingoteurs paraissent devoir l'emporter longtemps encore sur la presse comme économie de main-d'œuvre et de vapeur.

On peut toutefois citer comme remarquables les presses lamineuses spéciales de *Davy* (1) et de *Walker* (2). G. R.

ARTS MÉCANIQUES

SUR LE CALCUL DE LA RÉSISTANCE DES VOLANTS, PAR JAMES B. STANWOOD.

Les tensions développées dans les volants et les poulies sont d'une nature extrêmement complexe, de telle sorte que les règles et formules employées pour les établir dans de bonnes conditions sont tout à fait empiriques. L'expérience a fait connaître dans une large mesure l'épaisseur à donner à la jante, tandis que c'est plutôt le coup d'œil qui a fait adopter pour les bras la forme qui leur est attribuée.

Dans les manuels de mécanique on trouve le mode de calcul de tensions pro-

(1) *Stahl und Eisen*, 1890 n° 6, et 1891 n° 3.
(2) Brevets anglais, 12 920 de 1884, 5510, 17 699, 20 737 de 1889.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

duites dans les bras des poulies par l'effort de la courroie, par l'inertie de la jante ou la force centrifuge. Ces manuels établissent aussi que la résistance de la jante ne dépend pas de son épaisseur, au point de vue de la force centrifuge, parce que toute augmentation d'épaisseur entraîne une augmentation de poids, et par suite celle de force centrifuge et celle de la section, effets dont l'action se centralise.

D'après cela, la vitesse de rotation des poulies faites avec un bon métal, parfaitement construites et bien centrées, n'est limitée que par la vitesse à la périphérie, que l'on suppose être environ de 1 600 mètres par minute, ou de 27 mètres par seconde; cette vitesse donne une très faible tension, soit à peu près $5^{kil},50$ par millimètre carré de section de la jante.

Cependant, on voit se briser des roues qui tournent lentement, tandis que d'autres tournent sans danger à une grande vitesse.

Dans les scieries où la vitesse est grande, des poulies ont été brisées et ont causé de tels dégâts que l'on a adopté généralement des jantes et des bras plus lourds, aussitôt que l'usage des poulies en fonte s'est répandu. Quelquefois même on se sert de disques massifs.

Dans les usines à lumière électrique, beaucoup de poulies motrices ont causé, ou failli causer des dégâts sérieux.

Depuis quelques années, les grands volants à jante larges et minces ont remplacé les volants à jantes carrées, et fonctionnent à une très grande vitesse. On cite un cas où la vitesse tangentielle d'un volant de $5^{m},20$ de diamètre dépasse 2300 mètres par minute.

Dans les scies circulaires, les lames de scie sont maintenant actionnées avantageusement par des poulies de $2^{m},50$ de diamètre, avec une vitesse tangentielle de 2800 à 3000 mètres par minute. Ces poulies, entièrement en fonte, épaisses et lourdes, possèdent un grand nombre de bras.

Dans certaines machines à bois, où on emploie des disques en fonte de 60 à 150 centimètres de diamètre, armées de lames dirigées suivant les rayons, la vitesse tangentielle est fréquemment de 3000 à 3300 mètres par minute.

Pour ce qui est des accidents qui sont arrivés si souvent à des volants, marchant à une moindre vitesse, il paraît probable qu'on n'a pas suffisamment tenu compte des actions produites par la force centrifuge.

Au printemps dernier l'auteur fut désigné, avec d'autres experts, pour rechercher la cause d'un grave accident produit par la rupture d'un volant. Les déclarations d'un constructeur bien connu l'amenèrent à diriger ses recherches sur une action particulière due à la force centrifuge sur la jante; cette action provient de l'élasticité du métal qui réagit. Ce volant avait $6^{m},50$ de diamètre et $1^{m},25$ de large; sa vitesse tangentielle était de 1525 mètres à la minute. Il était fait de plusieurs segments, comme le sont ordinairement beaucoup de ces

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

grandes roues (fig. 1). Les segments étaient assemblés aux bras par leur milieu; cet assemblage fut critiqué par le constructeur dont il est question plus haut, lequel indiqua le moyeu représenté figure 2.

Ceci fut le point de départ de l'étude qui suit.

Un anneau mince ayant l'unité de largeur et une épaisseur t, tournant autour de son centre, est soumis à un effort de tension simple tout à fait semblable à celui d'une tôle de chaudière.

Si r est le rayon de l'anneau et p la charge de rupture, la tension développée dans la section est : $T = \frac{pr}{t}$.

Par suite de la force centrifuge, chaque unité de poids de l'anneau exerce

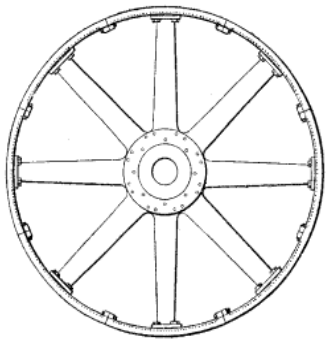


Fig. 1.

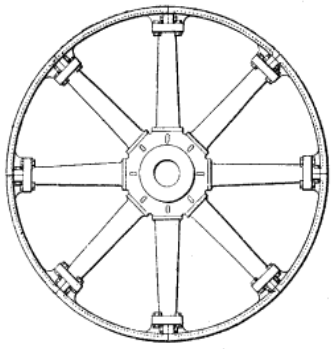


Fig. 2.

une action exprimée par $\frac{v^2}{r}k$, v étant la vitesse à la circonférence et k étant un coefficient dépendant de la pesanteur; d'où

$$p = \frac{v^2 t}{r} k,$$

$$\text{et } T = v^2 k.$$

Si C est le coefficient d'élasticité, la tension à la circonférence de l'anneau est

$$k.\ 2\pi r.\ \frac{v^2}{C}.$$

Si des bras, supposés rigides et sans poids, sont fixés à l'anneau, leur effet sera de le maintenir pendant son expansion à son diamètre primitif, et celui-ci prendrait la forme exagérée de la figure 3.

Maintenant que deviennent les tensions dans l'anneau? Entre chaque bras celui-ci peut être assimilé à une barre uniformément chargée et encastrée à ses extrémités, dont la charge est Rv^2.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La plus grande tension à laquelle chaque fibre est soumise par unité de section est généralement

$$F = \frac{pl^2}{2t^2} + kv^2,$$

formule dans laquelle l représente la distance des bras d'axe en axe, p le poids uniformément réparti par unité de section sur cette longueur l.

En substituant à p sa valeur, n étant le nombre des bras, l est égal pour un diamètre d à $\frac{\pi d}{n}$, et l'on a

$$F = kv^2 \left(\frac{\pi^2 d}{n^2 t} + 1 \right),$$

d'où

$$t = \frac{\pi^2 d}{n^2 \left(\frac{F}{kv^2} - 1 \right)} = \frac{9{,}9\, d}{n^2 \left(\frac{5800}{v^2} - 1 \right)}.$$

Mais les bras ne sont pas rigides, ils s'allongent également sous l'action de la

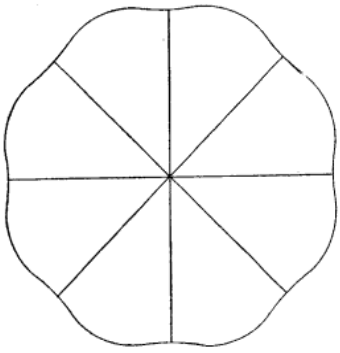


Fig. 3.

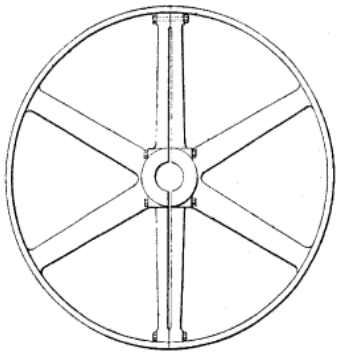


Fig. 4.

force centrifuge développée sur eux-mêmes et aussi par l'extension de l'anneau.

En réalité, un effet complexe se produit, les bras s'allongent, l'anneau s'infléchit près des bras et leur courbure dépend de cet effet qui n'est pas déterminé.

Il semble alors que la force F ne peut être donnée par la formule précédente. Par une comparaison attentive des épaisseurs de jante, déterminées par la dernière équation, avec celles qui donne une bonne pratique, on trouve que t ainsi calculé est trop grand. Au contraire $\frac{t}{2}$ est une valeur admissible et il doit en être ainsi, car on peut supposer que les bras s'allongent d'une quantité qui n'est que la moitié de l'extension que prend l'anneau diamétralement.

Lorsque les bras sont peu nombreux et d'une large section, il se produit une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tension transversale plus grande dans la jante que quand les bras plus nombreux et plus légers.

Pour déterminer des épaisseurs convenables de jantes pour des vitesses, des diamètres et un nombre de bras déterminés, on peut se servir de la table suivante, basée sur la formule

$$t = \frac{4{,}95\,d}{n^2\left(\frac{5800}{v^2} - 1\right)}.$$

Les valeurs trouvées ainsi ne sont que la moitié de celles que donnerait la formule précédente et la valeur de F est supposée de $4^{kil}{,}200$ par millimètre carré.

DIAMÈTRE des POULIES.	VITESSE A LA CIRCONFÉRENCE. PAR SECONDE.	PAR MINUTE.	NOMBRE des BRAS.	ÉPAISSEUR de la JANTE.
	mètres.	mètres.		millimèt.
$0^m{,}60$	15	915	6	3
$0^m{,}60$	27	1620	6	12
$1^m{,}20$	27	1620	6	24
$2^m{,}75$	56	3360	16	63
$2^m{,}75$	56	3360	36	13

Les deux dernières épaisseurs ont été calculées pour un volant de scie de $2^m{,}70$ de diamètre faisant 390 tours par minute. Cette épaisseur a été trouvée de 63 millimètres pour 16 bras et de 13 millimètres pour 36 bras en acier.

En supposant que la limite de la vitesse à la jante, soit 27 mètres par seconde, soit 1620 mètres par minute ; la formule devient :

$$t = \frac{4{,}95\,d}{n^2} = 0{,}7\,\frac{d}{n^2}.$$

Quand les volants sont faits en deux ou plusieurs sections, la force qui produit la flexion peut devenir telle que t soit plus grand que dans cette formule. Ainsi, quand le joint se trouve au milieu des bras, la courbure ressemble à celle d'une lame reposant seulement par les extrémités, et uniformément chargée, t est alors deux fois plus grand. La formule devient alors :

$$t = \frac{7{,}4\,d}{n^2\left(\frac{5\,800}{v^2} - 1\right)},$$

ou pour une vitesse maxima à la jante de 27 mètres par seconde,

$$t = \frac{1{,}06\,d}{n^2}.$$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il est évident que les joints cèdent quand les poulies sont fondues en deux ou plusieurs parties, ce qui a été souvent remarqué. C'est pourquoi la construction des poulies par segments indiquée par la figure 2, est préférable à celle de la figure 1.

Les poulies faites en deux parties, lorsque les jantes sont très minces, devraient avoir des bras doubles le long de la ligne de séparation (fig. 4). Si l'on compare l'épaisseur de la jante d'une poulie faite en deux ou plusieurs parties, le joint se trouvant à égale distance des bras (fig. 1), avec l'épaisseur de la jante d'une poulie faite comme l'indique la figure 2, on verra, par exemple, pour une poulie de 6 mètres animée d'une vitesse de 27 mètres par seconde, avec dix bras, que si elle est construite d'après la figure 1, l'épaisseur sera de 65 millimètres et de 44 millimètres d'après la figure 2.

Il faut faire la plus grande attention aux proportions des grandes poulies. L'épaisseur de la jante pour une poulie de $1^{m},20$, ayant une vitesse de 27 mètres par seconde sera, d'après le tableau précédent, de 24 millimètres. Ceci est très important à noter, car de nombreux accidents ont été causés par la rupture de poulies motrices ou réceptrices dont les jantes étaient trop minces.

D'autre part, il est bon de rappeler aux constructeurs et ingénieurs qu'ils peuvent faire des roues trop légères, car, pour un poids et un diamètre donné, tout poids moindre donnera toute sécurité, d'après les principes déjà exposés. Les volants calculés pour un coefficient donné de résistance, sont fréquemment plus légers que le minimum du poids donnant sécurité. Cela est vrai, particulièrement pour les grands volants.

On peut déduire des formules précédentes un moyen de déterminer le minimum de poids pour les poulies, les bras, le moyeu, la masse, etc., formant ordinairement un quart ou un tiers du poids total.

Soit b la largeur d'une poulie, le poids de la jante (considérée comme un simple anneau) sera :

$$w = 6{,}28\, dtb.$$

Si la limite de la vitesse est de 27 mètres par seconde, on aura pour une poulie d'une seule pièce

$$t = 4{,}65\,\frac{d}{n^2},$$

et si elle est faite en plusieurs parties, les joints étant aux attaches des bras,

$$t = 0{,}7\,\frac{d}{n^2},$$

substituant, le poids d'un poulie d'une seule pièce sera de

$$w = 2{,}9\,\frac{d^2 b}{n^2},$$

ou de

$$w = 4{,}4\,\frac{d^2 b}{n^2},$$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pour une poulie en plusieurs parties; et le poids total de la poulie simple sera de

$$w = 3{,}85\frac{d^3b}{n^2} \text{ à } 4{,}35\frac{d^3b}{n^2},$$

ou pour une poulie en plusieurs pièces

$$w = 5{,}9\frac{d^3b}{n^2} \text{ à } 6{,}6\frac{d^3b}{n^2}.$$

Ces formules ne sont pas d'une rigoureuse exactitude, mais elles servent à montrer la relation qu'il faut observer.

La valeur de $F = 4^{kil},200$ par millimètre carré, correspond au sixième de l'effort de rupture de la fonte pour une action transversale d'après Rankin. Le coefficient de sécurité est donc 6. Il faut se rappeler que dans les poulies ce coefficient peut être grandement diminué; alors l'action varie à peu près comme le carré de la vitesse de la jante; de telle sorte que si la vitesse est double, l'effort est quadruple, et le coefficient de sécurité est réduit de 6 à moins de 2. (*Engineering.*)

ARTS ÉCONOMIQUES

UTILISATION DES HUILES DE PÉTROLE COMME COMBUSTIBLES, PAR W.-S. COLLINS.

Les avantages que présente l'utilisation de l'huile de pétrole comme combustible semblent avoir été reconnus en Amérique par les industriels traitant ces produits, dès leur découverte en Pensylvanie occidentale, car leur emploi pour les chaudières a été décrit, quoique très sommairement, depuis au moins vingt-cinq ans.

On a déjà étudié bien des projets et pris beaucoup de brevets pour l'utilisation de ce combustible liquide, mais ce n'est guère que depuis sept ou huit ans que l'on a réellement trouvé une méthode répondant aux exigences de tous les genres de foyers usités dans les différentes branches d'industrie.

Sans décrire tous les genres de foyers, il suffira d'indiquer les meilleures conditions d'installation d'un foyer à huile.

1° Il devra être susceptible de fournir une intensité de chaleur variant selon les besoins de chaque industrie et de pouvoir être surveillé constamment par l'ouvrier;

2° L'huile devra brûler complètement et ne dégager ni odeur ni fumée;

3° Elle ne devra contenir ni soufre ni autres impuretés;

4° On devra pouvoir produire une flamme plus ou moins oxydante;

5° Le foyer devra présenter une sécurité au moins aussi grande qu'un foyer au bois ou au charbon;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

6° Enfin, comme dernière condition, la plus importante, il devra être d'un prix de revient égal à la dépense occasionnée par le charbon ou le bois.

Les expériences faites jusqu'ici pour arriver à ces différents résultats peuvent être divisées en trois classes principales :

Dans la première on emploie une cornue ou un système de cornues dans lesquelles on transforme l'huile en gaz avant de la brûler. Ce système demande, dans presque tous les cas, l'usage d'un appareil plus ou moins compliqué, ou nécessite une disposition spéciale du foyer, ce qui en rend l'emploi impossible dans le cas où il surviendrait un arrêt dans le fonctionnement du générateur à gaz.

Dans la deuxième classe on emploie de la vapeur, ou de la vapeur mélangée d'air, pour entraîner l'huile. Les objections principales soulevées contre les brûleurs à jet de vapeur sont : qu'il est difficile d'atteindre de hautes températures quand la vapeur est mélangée à l'huile, et que la chaleur d'un brûleur à jet de vapeur ne peut pas être réglée d'une façon parfaite.

Dans la troisième classe on entraîne l'huile avec de l'air. Ce résultat est obtenu de deux manières :

1° En entraînant l'huile au moyen d'air fourni à une pression de $0^k,170$ à $0^k,225$ par un ventilateur, et en dirigeant ensuite la vapeur vers le brûleur. On fait à ce système trois objections principales :

a) Dans ce système, l'huile doit être placée légèrement plus haut que le point où s'opère la combustion pour qu'elle puisse s'écouler vers le brûleur, puisque l'air sortant d'un ventilateur à une pression de $0^k,170$ ou $0^k,225$ n'est pas assez puissant pour élever l'huile vers le brûleur comme cela se produit quand on emploie de l'air à une pression de 5 à 7 kilog. ;

b) Il faut dépenser plus de force pour actionner un ventilateur destiné à entraîner une quantité déterminée d'huile que pour comprimer de l'air devant produire le même effet ;

c) Des expériences différentes et souvent répétées ont prouvé qu'un brûleur alimenté d'un ventilateur consomme, pour un travail déterminé, presque un tiers d'huile en plus qu'un brûleur à air comprimé.

2° Dans le deuxième système d'entraînement par l'air, on soumet l'huile à une pression suffisante pour la faire monter du réservoir placé au-dessous du niveau de la combustion, jusqu'à la hauteur des brûleurs, d'où elle est alors projetée dans le foyer par un jet d'air à la même pression, sous forme de poussière et en passant par un orifice variant entre 0,008 et 0,030 de diamètre.

C'est ce système à air comprimé, étudié et breveté depuis déjà cinq ou huit ans par James Bullard, de Springfield (Massachusets), qui est actuellement la propriété de la Société des combustibles soufflés.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le compresseur peut être actionné soit par une transmission, soit directement par la vapeur de la chaudière.

La figure 1 représente un compresseur double à air, mû par la vapeur. L'air, que l'on comprime ordinairement à 1 kilogr. par centimètre carré, passe ensuite dans le récipient figuré à la partie supérieure du compresseur, ce qui égalise la pression et fait disparaître les pulsations du compresseur. Le régulateur du compresseur à air ne permet pas l'arrivée de plus de vapeur que la quantité nécessitée par le nombre de brûleurs en usage à pression déterminée. Du récipient l'air passe par la conduite principale dans le réservoir à huile qui est toujours placé plus bas que le niveau des brûleurs : comme ce réservoir est étanche, la pression de l'air sur la surface de l'huile la chasse par la conduite principale à huile dans des tubes secondaires allant de cette conduite vers chacun des brûleurs. Il faut remarquer que la conduite d'air principale, outre sa communication avec le réservoir à huile, permet à l'air d'arriver par de petits embranchements jusqu'à l'extrémité supérieure de chaque brûleur, où il entre en contact avec l'huile, qui est elle-même amenée à l'extrémité par un petit tube au centre du brûleur.

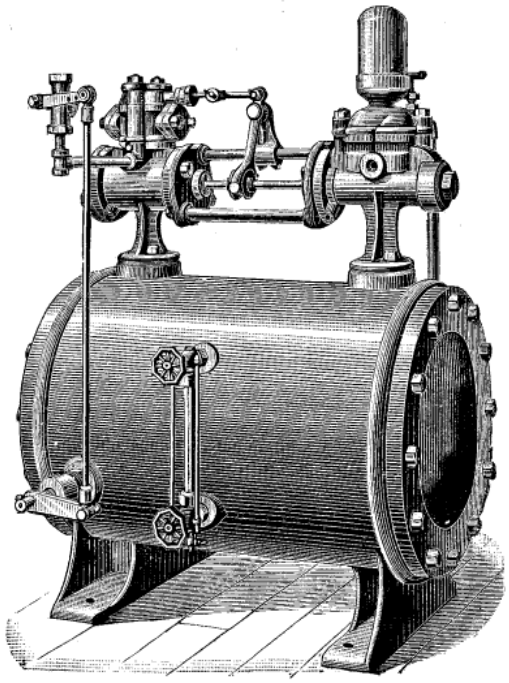


Fig. 1.

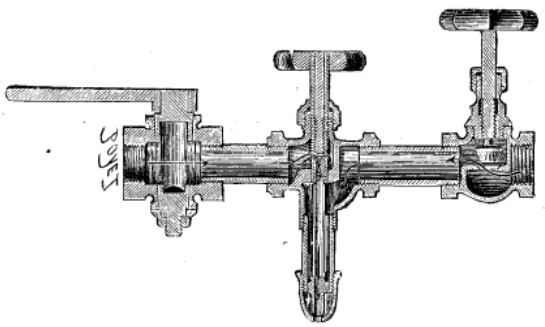


Fig. 2.

La figure 2 représente la coupe d'un brûleur. L'air arrive dans le brûleur tout autour du tube à huile, en sorte que quand il entre en contact avec l'huile, à l'extrémité du brûleur, il l'attaque de toutes parts, se mélange avec elle et la projette pulvérisée. Ce mélange d'huile et d'air est projeté jusqu'à 10 ou 12 centimètres du bord du brûleur qui est toujours lui-même placé à une distance d'environ 25 millimètres de l'ouverture.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Quand on enflamme l'huile à une distance de 12 centimètres de l'extrémité du brûleur, elle prend feu brusquement, et selon que l'on manœuvre les robinets placés à la base de chaque brûleur pour augmenter ou diminuer les proportions d'huile ou d'air, elle donne une flamme pouvant être à volonté, soit jaune et même fumeuse, soit claire et brillante comme la lumière électrique; sa longueur peut également varier de 38 à 40 centimètres et même davantage. La pression sous laquelle on envoie l'huile dans le foyer peut également passer de 100 grammes par centimètre carré à 5 kilogrammes, selon la nécessité du travail à exécuter.

Avant de passer à l'examen d'une autre condition, il faut dire que, dans les établissements où on exploite ce système sur une vaste échelle, il est préférable d'employer une pompe automatique avec réservoir du modèle de celle qui est construite spécialement par la Compagnie des pompes à vapeur Hall, pour être adaptée à ce système, quoique cela ne soit cependant pas absolument nécessaire. Du réservoir principal situé sous terre, l'huile est élevée par la pompe, mue directement par la vapeur ou par une courroie de transmission; cette ascension est réglée par une soupape à flotteur placée dans un petit réservoir situé sous la pompe. Quand l'huile atteint un certain niveau dans le réservoir, la pompe s'arrête jusqu'à ce que les brûleurs en aient absorbé assez pour que son niveau s'abaisse et permette à la pompe de reprendre sa marche; mais, en pratique, dans les grandes exploitations, la pompe à huile fonctionne lentement et d'une façon continue.

Il a déjà été dit, qu'en général, le feu peut à tout instant être réglé directement par l'ouvrier, au moyen du robinet situé à l'extrémité du brûleur. Ce mode de régulation n'est employé que quand la modification à apporter est très peu importante, car s'il s'agit d'introduire une variation plus considérable dans l'arrivée de l'air ou de l'huile, on obtient cette modification en fermant en partie soit l'arrivée de l'air, soit celle de l'huile.

Dans ce qui précède on suppose le tube à air placé au-dessus du brûleur ; mais on peut également bien disposer horizontalement le brûleur et ses branchements à air et à huile en faisant ensuite redescendre la conduite pour la faire passer sous le plancher; cette dernière disposition devra toujours être adoptée pour la conduite à huile. Le brûleur se trouve dans ce cas placé au centre d'un ⊓ renversé.

La deuxième condition, celle par laquelle un brûleur à huile doit présenter une combustion parfaite et ne produire ni odeur ni fumée, a été assurée en alimentant l'extrémité de chaque brûleur avec la quantité d'eau et d'huile exactement nécessaire pour permettre la combustion parfaite. On admet également une certaine quantité d'air libre par l'ouverture ménagée dans la paroi du foyer et par laquelle pénètre l'huile pulvérisée. Les dimensions de cette ouverture peuvent

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

varier entre 2 cm,5, et 10 cent. de diamètre. Quand le système est employé pour produire de la vapeur ou pour exécuter tout autre travail similaire nécessitant une grande quantité d'air libre, on le laisse pénétrer par la porte du cendrier, ou mieux encore par un carneau spécial placé en arrière de la boîte à feu et passant sous le plancher, en sorte que l'air circulant dans ce carneau est déjà échauffé avant de pénétrer dans le foyer.

Les ingénieurs de la Compagnie des combustibles soufflés ont dû se livrer à des études très étendues pour donner satisfaction à la cinquième condition, c'est-à-dire pour que leur système offrît une sécurité non seulement aussi grande, mais même plus grande que les foyers au bois ou au charbon. Les témoignages des Compagnies d'assurances et des industriels faisant usage de leur système semblent du reste leur donner entièrement raison, étant donné que l'appareil est disposé de telle sorte que si, à un moment quelconque, la pression de l'air venait à s'arrêter par suite de la rupture d'un tube d'air ou de vapeur, les feux s'éteignent instantanément et l'huile contenue dans les conduites redescende dans les réservoirs.

Dans les installations où l'on emploie une pompe et un réservoir à huile automatiques, la pompe à huile cesse de fonctionner dès que la pression de l'air ne se fait plus sentir, car l'huile n'étant plus chassée s'élève dans le réservoir placé au-dessous de la pompe, et intercepte l'arrivée de la vapeur dans la pompe, en sorte qu'il ne peut y avoir que 50 ou 100 litres d'huile au-dessus du sol, et encore cette quantité est-elle renfermée dans le réservoir à la base de la pompe. La seule chance d'incendie qui existe ne pourrait se produire que dans le cas où, par négligence, un ouvrier, après avoir ouvert ses robinets à eau et à huile, oublierait d'allumer le feu, ce qui permettrait à une certaine quantité d'huile pulvérisée de s'emmagasiner dans le foyer, en sorte que dans le cas où cette accumulation prendrait de trop grandes proportions, il y aurait des chances d'explosion presque certaines au moment de l'allumage. Il est vrai de dire que tous les feux peuvent être éteints instantanément par le mécanicien ou par toute autre personne en interceptant l'arrivée de la vapeur dans le compresseur et chaque feu peut lui-même être éteint séparément au moyen de ses robinets respectifs à eau ou à huile sans que cela influe en aucune manière sur les autres foyers.

Les caractères spéciaux du système sont : 1° la facilité qu'il offre pour l'établissement de foyers à des niveaux dont la différence peut varier de plusieurs étages dans le même bâtiment et la même installation ;

2° La possibilité d'obtenir dans chaque foyer ou à chaque forge une pression différente en maintenant à chacun d'eux une température également différente.

Quoique les cinq premiers points étudiés soient déjà d'un grand intérêt pour ceux qui utilisent l'huile comme combustible, un système dont le prix de revient

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ne serait pas au moins égal, sinon moindre, à celui du charbon ne serait pas acceptable pour la plupart des industriels.

Il faut d'abord remarquer, résultat qui, en général, est assez difficile à obtenir, que la quantité d'huile équivalente à une tonne de charbon varie beaucoup selon le genre de travail à exécuter.

Dans les petites forges ou dans les fonderies de plomb, ou de tout autre métal tendre, la quantité d'huile équivalente à une tonne de charbon peut être, par une manutention soigneuse, réduite à 200 litres environ, tandis que, quand il faut une grande quantité de chaleur employée à produire de la vapeur, cette quantité peut s'élever à 350, 500, 700 litres et même, dans certains cas, jusqu'à 800 litres. Mais il est très difficile d'obtenir des chiffres exacts car la plupart des industriels ne savent pas ou ne veulent pas dire combien ils dépensent d'huile dans leur travail; cependant l'économie considérable réalisée par l'emploi du système est démontrée largement par les données recueillies par la Compagnie chez tous ceux qui en font usage.

On pourrait supposer qu'il faille augmenter le nombre de brûleurs selon les besoins du travail pour obtenir la combustion complète de quantités d'huile variables; mais, avec le système adopté, le réglage s'obtient d'une façon si parfaite que la quantité d'huile que l'on peut dépenser avec le même brûleur peut varier dans les proportions de 1 à 400 tout en obtenant une combustion complète.

Si les quantités d'huile sont susceptibles de varier dans de grandes proportions, on emploie des brûleurs de calibres différents, le nombre des brûleurs ne doit augmenter que pour obtenir une meilleure répartition de la chaleur dans un grand foyer. Les partisans des principaux procédés pour brûler l'huile avec la vapeur donnent comme principal argument que les gaz obtenus par la décomposition de la vapeur donnent une chaleur supplémentaire. Cela est vrai, mais il ne faut pas perdre de vue que, pour décomposer la vapeur lancée avec l'huile, on absorbe une partie de la chaleur produite. En outre l'alimentation des brûleurs à jet de vapeur s'obtenant par la chute de l'huile, ces brûleurs ne présentent qu'une sécurité très relative. Des expériences faites sur le plus perfectionné et le plus employé de ces brûleurs par la Compagnie Faw Alpaca démontrent qu'il faut environ 6 p. 100 de la somme totale de vapeur des bouilleurs pour volatiliser l'huile et produire cette vapeur; tandis que la quantité de vapeur nécessaire pour actionner un compresseur à air et volatiliser l'huile d'après le système décrit est inférieure à 2 p. 100 de la somme totale de vapeur produite par la chaudière. En outre, la vapeur qui a servi à pulvériser l'huile est dépensée tandis que celle qui a servi à actionner le compresseur peut être soit utilisée pour réchauffer l'eau d'alimentation, soit pour tout autre objet.

Il faut également remarquer que, dans les établissements où l'on emploie les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

brûleurs à jet de vapeur pour produire de la vapeur, l'intensité du feu est variable par la raison que la consommation d'huile varie avec la pression de la vapeur ; le réglage est donc plus délicat.

Afin de constater la quantité de chaleur qui peut être obtenue, dans les deux cas, on fit des essais comparatifs de cuissons à la Société de décoration architecturale en terre cuite de New-York dans un four circulaire de $5^m,50$ de diamètre, muni des brûleurs de la Compagnie et dans un autre plus petit chauffé au charbon. Les deux fours furent allumés le même jour ; maintenus d'abord à basse température, celle-ci fut augmentée graduellement jusqu'à la fin de l'expérience. La fournée du grand four fut prête au bout de 96 heures ; l'autre ne le fut qu'après 120 heures.

Dans une expérience faite à Springfield on a trouvé qu'une barre de 7 centimètres de côté commençait à fondre en 20 minutes dans une forge déjà chaude, et en 30 minutes dans une forge venant d'être allumée, après n'avoir dépensé que 3 litres d'huile au plus.

Comme complément de ce qui précède, voici l'analyse de la *lima oil* employée le plus fréquemment comme combustible. Cette analyse a été faite par le professeur Char Mayr, de Springfield.

Poids spécifique	$0^k,730$
Hydrogène	17,10 p. 100
Carbone	80,20 —
Oxygène et divers	2,70 —

Le pouvoir calorifique de l'huile est d'environ 12 000 calories, tandis que celui de la houille n'est que de 7 800 ; de plus, l'huile peut transmettre 80 p. 100 de sa chaleur, tandis que la houille n'en transmet que 70 p. 100.

En terminant, il y a environ 200 établissements en Europe et en Amérique qui appliquent ce système, utilisant 50 genres de foyers différents, car, en général, on s'en sert pour forger toutes les qualités de fer et d'acier, pour souder, tremper et recuire, pour laminer l'étain, pour les fours de verrerie, pour la cuisson de la chaux, des ciments, des terres cuites de toutes espèces, pour la fabrication des produits chimiques, pour la distillation du gaz, etc.

Par le fait même que ce système est adopté pour des travaux si différents, il ne paraît pas y avoir de foyers dans lesquels il ne puisse être employé.

En Californie, où le charbon est d'un prix relativement très élevé, on emploie déjà ce système à bord des vapeurs où il donne d'excellents résultats. La généralisation de son emploi à bord des navires, où il faut économiser la place et la vapeur, est tout indiquée.

(*Journal of Franklin Institute.*)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

SÉANCES DU CONSEIL D'ADMINISTRATION

PROCÈS-VERBAUX

Séance du 14 avril 1893.

Présidence de *M. Tisserand*, Président.

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 1 500 francs.

M. Borzecki, à Arzacq (B. Pyrénées). — Nouveau système automatique de fermeture des portières de wagon. (Arts mécaniques.)

M. Charles Guillemot, rue Saint-Louis-en-l'Ile, 73, dépose un pli cacheté, contenant les descriptions d'un petit moteur magnétique. (Dépôt accepté.)

M. Hélouis, membre de la Société, dépose un pli cacheté contenant la description d'un procédé de fabrication du phosphate ammoniaco-magnésien. (Dépôt accepté.)

M. le Président de la Société industrielle d'Elbeuf demande l'échange du *Bulletin* avec celui de la Société d'Encouragement. (*Bulletin.*)

M. Auguste Huchon, boulevard de la Chapelle, 94. — Bicyclette démontable. (Arts mécaniques.)

M. Paillon, boulevard de la Gare, 69. — Hausse optique de pointage. (Arts économiques.)

M. Gruson, rue des Prairies, 22, à Calais. — Nouvel appareil d'attelage des wagons. (Arts mécaniques.)

Le Comité des fêtes pour l'inauguration du port de Tunis annonce que ces fêtes auront lieu du 21 au 28 mai, à Tunis.

M. Léo Barbier, ex-capitaine d'état-major auxiliaire, rue Pergolèse, 62. — Système d'attelage en quatre secondes d'un et de deux chevaux, et de dételage instantané. (Agriculture.)

M. Gaspard Pichollet, rue des Charbonniers, 5. — Moyen de coucher les chevaux et les bœufs, au lieu de les jeter à terre, pour le ferrage et les opérations. (Agriculture.)

M. Leperdrieux, avenue Reille, 29. — Nouveau système de compas. (Arts économiques.)

M. Laffargue, ingénieur-électricien. — Manuel de l'ouvrier monteur électricien. (Arts économiques.)

M. Gay, au château de Vauriac par Coulaures (Dordogne). — Livre de pratique viticole. (Agriculture.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Louis Figuier, rue Caumartin, 12, expose ses titres à une récompenses que la Société accorde annuellement. (Arts chimiques.)

M. Mangin, à Gentilly. — Appareil pour préserver les vignes de tous les accidents climatériques. Cet appareil est installé sur une vigne appartenant à M. Rivet, 2, avenue du Bois-de-Clamart. (Agriculture.)

M. le Ministre du Commerce envoie le programme du concours d'entrée pour les Écoles Supérieures de commerce reconnues par l'État.

Les ouvrages suivants sont signalés dans la correspondance imprimée :

Association française pour l'avancement des sciences. — Congrès de Pau. — *M. Émile Lemoine. La géométrographie ou l'art des constructions géométriques. — Résultats et théorèmes divers concernant la géométrie du triangle.*

Instruction sur la règle à calcul à deux réglettes de *E. Peraux*, à Nancy.

Projets de Stations centrales d'énergie mécanique, par *MM. Zweifel* et *R. Hoffmann*, *M. E. Desrozières* et *MM. Burghardt frères* et *Lanhoffer*. Mémoires couronnés par la Société industrielle de Mulhouse.

Analyse chimique des matières grasses agricoles, par *Ernest Milliau*, directeur du laboratoire d'essais techniques de Marseille.

De Châteaudun à Posen. Guerre de 1870, par *V. Menestrel*.

Annuaire de l'enseignement commercial et industriel, publié sous la direction de *Georges Paulet*.

Ministère de l'Intérieur. Service vicinal. *Compte rendu des opérations* présenté par M. Ribot, président du Conseil.

M. Michotte. Traité scientifique et industriel de la ramie. La ramie, conférence faite à la Société centrale du travail professionnel. Le décorticage de la ramie.

Nomination des membres de la Société. — Sont nommés membres de la Société. *M. André Pillon*, ingénieur des arts et manufactures, à Paris, *M. Jules Velter*, ingénieur des arts et manufactures, à Paris, présentés par *M. Deleuil*.

Rapports de comités. — *Couleurs vitrifiables.* — *M. de Luynes* fait, au nom du Comité des Arts chimiques, un rapport sur les couleurs vitrifiables au grand feu de four de *M. Édouard Peyrusson*, de Limoges.

M. Peyrusson s'est proposé de préparer des couleurs et émaux capables de s'appliquer sur la porcelaine dure cuite et de l'y fixer par une seconde cuisson dans le four, de la même façon, à la différence de température près, que les couleurs tendres de moufle. Il a cherché à préparer les deux éléments de la couleur, le composé colorant et le fondant dans des conditions leur permettant de conserver leur ton à la haute température qu'ils devaient subir.

Le Comité propose d'adresser des félicitations à M. Peyrusson pour son intéressante communication et de voter l'insertion du présent rapport au *Bulletin*.

Ces conclusions sont adoptées.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Suspension des véhicules. — *M. Sauvage* fait, au nom du Comité des Arts mécaniques, un rapport sur un mode de suspension des véhicules de *M. Féraud*, ingénieur des travaux extérieurs du matériel et de la traction des chemins de fer de l'Ouest, rue de Berlin, 33.

M. L. Féraud, ingénieur à la Compagnie des Chemins de fer de l'Ouest, a imaginé, pour les menottes des ressorts à lames, une disposition qu'il a présentée à la Société d'Encouragement.

Les menottes intérieures peuvent améliorer la suspension des véhicules, en réduisant le travail nécessaire pour le déplacement relatif du châssis et de l'essieu, et en augmentant la durée de l'oscillation du châssis lorsque le ressort travaille près de l'aplatissement ou du moins s'il a une flexion suffisante.

Le Comité propose de remercier *M. Féraud* de son intéressante communication et d'ordonner l'insertion du présent rapport au Bulletin avec les dessins nécessaires.

Ces conclusions sont adoptées.

Communications. — *Fabrication de la bonneterie.* — *M. Simon*, membre du Conseil, fait la présentation suivante : *MM. Edmond Rousset et Cie*, imprimeurs-éditeurs à Paris, et *M. André Simon*, manufacturier (à qui la Société d'Encouragement a décerné une de ses récompenses honorifiques pour la traduction de l'ouvrage allemand : *Le tissage mécanique*, de M. l'ingénieur-professeur Franz Reh), m'ont chargé de vous présenter une nouvelle traduction d'un autre ouvrage du même auteur : *La fabrication de la bonneterie*.

Comme le remarque M. André Simon dans la préface de ce manuel pratique, à l'heure où les industriels de notre pays, constatant le danger de rester plus longtemps démunis d'institutions analogues aux écoles allemandes, ont créé à Troyes l'École française de bonneterie, au moment où notre commerce recherche les moyens de réagir contre l'envahissement du marché par la surproduction étrangère, la traduction de l'ouvrage le plus récent sur la bonneterie semble opportune.

En déposant ce volume sur le bureau, j'ai l'honneur de demander à M. le Président de vouloir bien en renvoyer l'examen au Comité de Mécanique.

M. le Président remercie *M. Simon* de son intéressante communication qui est renvoyée au Comité des Arts mécaniques.

La ramie. — *M. Michotte*, ingénieur, fait une communication sur la ramie, il s'est attaché à établir :

1° Que la ramie peut être industrielle;

2° Que les procédés permettant un travail industriel sont trouvés;

3° Que les échecs éprouvés jusqu'à ce jour sont dus aux moyens employés.

Il divise son étude en trois parties :

1° Culture ; 2° travail agricole ; 3° travail industriel.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La ramie ne peut être cultivée qu'aux colonies, où elle donnera pratiquement 4 coupes; avec un rendement de 6 000 kilogrammes de lanières sèches, son coût étant de 1 000 francs au maximum par hectare, cela donne le prix de revient des 100 kilogrammes de fibres brutes à 16 fr. 66.

La récolte d'un hectare représente par coupe 75 000 kilogrammes mesurant 1 200 mètres, lesquels ne rendent que 1 p. 100 de matière utilisable.

Les 99 p. 100 doivent être éliminés le plus économiquement possible.

Le séchage et le vernissage étant impossibles, la plante se pourrissant, il démontre par les chiffres du procédé Blaye que le rouissage chimique est impossible en pratique et que, essayé en pratique par M. Fremy, il a échoué; qu'il n'y a qu'une solution pratique, celle du décorticage en vert.

Étudiant les divers genres de machines produites, il en déduit que seules les machines à mouvement direct peuvent donner des résultats, que ces machines doivent être simples, peu coûteuses, avoir un fort débit et ne pas demander plus de deux hommes. Établissant pour les machines Faure, Landtsherr et « la Française » les prix de revient en tenant compte de l'amortissement, du personnel, des frais de la production, il trouve que, suivant le coût de la main-d'œuvre, les 100 kilogrammes de lanières sèches produites coûtent :

Machine Faure.	de 21 fr. 66 à 16 fr. 15
— Landtsherr	de 16 fr. 31 à 13 fr. 35
— la Française	de 6 fr. à 4 fr. 60

que si l'on ajoute à ces prix ceux de la culture, le bénéfice et le transport, on arrive aux prix de 53,32 à 47,80 pour la première, 40,19 à 48,47 pour la seconde et de 37,66 à 36,56 pour la troisième; étudiant le coût pour une machine travaillant 1 000, 800 et 600 kilogrammes à l'heure avec deux hommes et coûtant 800 francs, il trouve les prix de

Décorticage.	4 fr. 40	5 fr. 03 et	5 fr. 90
Prix de revient total..	36 fr. 06	36 fr. 70	37 fr. 56

il conclut que, pour qu'une machine fût industrielle et pratique, elle doit se tenir dans ces limites.

D'après un examen rapide des procédés de dégommage, de leurs difficultés pratiques et de leurs résultats, il conclut que seul le dégommage par dissolution est pratique et que, de tous les procédés, celui de MM. Fremy et Urbain, dont le coût est bien inférieur à 30 francs les 100 kilogrammes obtenus, est pratique et que la racine achetée 40 francs les 100 kilogrammes peut être établie à 110 francs les 100 kilogrammes, prête à être livrée au filateur.

Il signale en terminant le cercle vicieux dans lequel tourne la ramie; on en demande mais l'on n'en trouve pas.

M. Michotte explique ensuite les travaux de mécanique auxquels il s'est livré

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

depuis cinq ans, et montre les perfectionnements successifs apportés aux sept machines qu'il a établies successivement.

M. le Président remercie *M. Michotte* de son intéressante communication qui est renvoyée au Comité des Arts mécaniques.

Séance du 28 avril 1893.

Présidence de *M. Tisserand*, Président.

M. Casimir de Candolle fait part de la mort de son père, le professeur Alphonse de Candolle, correspondant de la Société, mort à Genève, dans sa quatre-vingt-septième année.

MM. Girod et *Dexheimer*, découpeurs en maroquinerie, rue Keller, 1. — Nouvelle matière pour des imitations de marbres. (Beaux-Arts.)

M. Duverger, peintre de genre à Écouen (Seine-et-Oise). — Propulseur applicable aux ballons dirigeables. (Arts mécaniques.)

M. Benjamin-Bohin, manufacturier, à Laigle, fait hommage à la Société, dont il est membre, du premier copeau circulaire de 22 centimètres de large et de 50 mètres de long, obtenu par l'emploi de sa raboteuse, récompensée à l'Exposition de 1884.

M. Houbertie, rue Coppel, 16. — Projet de chauffage par le gaz, l'air forcé et la vapeur décomposés en leurs éléments. (Arts économiques.)

La *Chambre de commerce de Dunkerque* envoie le mois de février 1893 de son *Bulletin* mensuel, et demande l'échange avec le *Bulletin* de la Société. (*Bulletin.*)

MM. Simonds, Burdett et Protingham, Park Row, à New-York City, annoncent qu'ils ont formé une agence, à partir du 1er avril 1893, pour l'obtention des brevets d'invention, marques de commerce, etc.

M. Corthell, président du Comité exécutif des sociétés d'ingénieurs, à l'Exposition de Chicago, prie les ingénieurs de s'adresser, après le 1er mai, à M. Max E. Schmidt, secrétaire, à Chicago.

M. Collingwood, secrétaire de la Société des ingénieurs civils de New-York, se met à la disposition des membres de notre société qui passeront à New-York.

M. Manceau, rue Vavin, 29. — Perfectionnements apportés aux ustensiles de cuisine. (Arts économiques.)

M. X... — Mémoire sur l'utilisation des résidus de fabrique. (Arts chimiques.)

M. Hélouis, membre de la Société, à Colombes (Seine). — Note sur les résultats obtenus avec le *Phosphate ammoniaco-magnésien*, engrais dont il a déposé le procédé de fabrication sous pli cacheté, dans la dernière séance. (Agriculture.)

M. Drot-Gourville, Bordage street, 8, à Guernesey. — Appareil pour arrêter les chevaux emportés. (Agriculture.)

M. le Maire du VIe arrondissement demande le concours de la Société pour

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'œuvre de l'*Union d'assistance par le travail* qui a été fondée en 1892 dans le but de procurer *temporairement* de l'ouvrage aux ouvriers et ouvrières, en attendant qu'ils aient trouvé une occupation régulière. (Bureau.)

M. Aimé Girard, secrétaire de la Société, fait hommage de la brochure qu'il vient de publier sous le titre de : *Amélioration de la culture de la pomme de terre industrielle et fourragère.*

M. le vicomte An. Chaptal, secrétaire d'ambassade, fait hommage d'un ouvrage intitulé : *Mes souvenirs sur Napoléon, par le comte Chaptal*, publiés par son arrière-petit-fils, le vicomte An. Chaptal.

M. Tresca, membre du Conseil, fait hommage du 1er volume de son ouvrage : *Le Matériel agricole moderne*. Instruments d'extérieur de ferme.

M. Laussedat, membre du Conseil, fait hommage d'une brochure qu'il vient de publier : *Exposition universelle de Chicago en* 1893, section française. — *Instruments et appareils iconométriques et métrophotographiques des collections du Conservatoire national des arts et métiers.*

Les ouvrages suivants sont signalés dans la correspondance imprimée :

Pertes de charge dans les conduits d'eau d'après la formule de M. Flamant. par *M. Sauvage*, ingénieur des mines, membre du Conseil de la Société. (Offert par l'auteur.)

Bibliographie de la technologie chimique des fibres textiles, par *M. Jules Garçon*, ingénieur-chimiste. Ouvrage couronné par la Société industrielle de Mulhouse,

Problèmes et calculs pratiques d'électricité, par *M. Aimé Witz*, correspondant de la Société. (Offert par l'auteur.)

Premiers principes d'électricité industrielle, par *M. Paul Janet*, professeur à la Faculté des sciences de Grenoble. (Offert par MM. Gauthier-Villars, éditeurs.)

Conférences scientifiques et allocutions (*Constitution de la matière*), par sir *William Thomson* (lord Kelvin), traduites et annotées sur la deuxième édition, par *P. Lugol*, professeur au lycée de Pau ; avec des extraits de mémoires récents de Sir William Thomson, et quelques notes par M. Brillouin, maître de conférences à l'École normale. (Offert par M. Gauthier-Villars et fils, éditeur.)

Collection Léauté. — Unités et étalons, par *Ch.-Ed. Guillaume*. — *Principes de la machine à vapeur*, par *Ed. Widmann*.

Alloys of iron and chromium, par *R.-A. Hadfield*, membre de la Société, avec un rapport de *F. Osmond*. (Offert par l'auteur.)

Essais des machines et chaudières à vapeur, par *Robert Thurston*, traduit de l'anglais par *Aug. Roussel*, ancien élève de l'École nationale supérieure des mines. (Offert par M. Baudry, éditeur.)

Traité sur la machine à vapeur, par *Robert Thurston*. Traduit de l'anglais, annoté et précédé d'une introduction, par *Maurice Dumoulin*, 2 vol. in-8 avec planches. (Offerts par M. Baudry, éditeur.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Smithsonian Institution. — Rapport du Bureau d'Ethnologie, 1885-1886, par *J.-W. Powell*, directeur.

Dagota-English Dictionary, par *Stephen Return Riggs*, 1890, Washington.

Bibliographie des langues Athapascan, par *James Constantine Pilling*, 1892, Washington.

Projet de décentralisation de l'Exposition universelle française de 1900-1901 (Exposition dans et hors Paris), par *D.-A. Casalonga*, ingénieur civil, membre de la Société.

Étude sur les régulateurs de vitesse, par *Ch. Compère*, ingénieur-directeur de l'Association parisienne des propriétaires d'appareils à vapeur, membre de la Société.

Note sur les travaux de *M. H. Pellet*, chimiste.

Rapport. — *Harmonium. — M. Carpentier* fait, au nom du Comité des Arts économiques, un rapport sur l'orgue *Celesta*, de *M. Mustel*, fabricant d'orgues-harmoniums, rue de Malte, 42.

Le Comité des Arts économiques propose de remercier *M. Mustel* de sa très intéressante communication et de voter l'insertion du présent rapport au *Bulletin* de la Société.

Ces conclusions sont adoptées.

Communication. — *Dynamique de la vis. — M. Ringelmann*, directeur de la station d'essais de machines agricoles, fait une communication sur le travail produit par la vis.

La vis est la représentation matérielle de l'hélice; elle peut être considérée comme formée par l'ascension d'une figure géométrique (carré, triangle ou trapèze) le long de l'hélice, qui porte alors le nom de *filet;* animée d'un mouvement égal à 2π, cette machine avance longitudinalement de l'intervalle compris entre deux spires consécutives, appelé *pas*.

Si P est l'effort à exercer sur un levier de rayon R solidaire avec l'écrou ·

Q la résistance, ou la pression effectuée par l'écrou ;

h la hauteur du pas ;

on a, en négligeant les frottements :

(1) $$P.\,2\pi R = Q\,h$$

en pratique il faut écrire :

(2) $$P.\,2\pi R = Q\,h + M$$

ou :

(3) $$\frac{Q\,h}{P.\,2\pi R} = K$$

K étant le *rendement mécanique* de la vis.

On a déjà cherché à déterminer rationnellement le rendement mécanique de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la vis, en supposant la charge Q uniformément répartie sur un filet, appelé *filet moyen*, de rayon r, constituant un plan incliné α sur l'horizon $\left(\text{tg } \alpha = \frac{h}{2\pi r}\right)$; ce rayon r est moyen entre le moyeu et le rayon extérieur de la vis. En désignant par tg φ le coefficient de frottement du filet sur sa portée de l'écrou, on a :

$$P = Q \frac{r}{R} \text{tg}(\alpha + \varphi) \tag{4}$$

dans laquelle on ne tient pas compte du frottement latéral qui peut s'exercer lorsque l'écrou appuie contre les parois de la vis ou du filet; on néglige également le frottement de l'écrou sur son siège.

Pour une fraction de tour θ de l'écrou, le travail moteur est :

$$P.\ 2\pi R\ \theta$$

et le travail résistant :

$$Q\ h\ \theta$$

Si TP est le travail de la puissance;

TQ celui de la résistance;

on a :

$$K = \frac{TQ}{TP} = \frac{\text{tg } \alpha}{\text{tg}(\alpha + \varphi)} \tag{5}$$

Ainsi, par exemple, si :

$$\alpha = 3^\circ\ 46'$$

$$\varphi = 6^\circ\ 50'$$

il vient : $K = 0{,}352,$

c'est-à-dire que, dans cet exemple, le rendement mécanique de la vis est de 35, 2 p. 100.

On remarquera que le rendement K est ici fonction de $\frac{\text{tg } \alpha}{\text{tg}(\alpha + \varphi)}$ (5), et par suite qu'il est indépendant de P ou de Q, c'est-à-dire de la pression.

Il ne doit pas en être évidemment ainsi en pratique par suite des frottements additionnels de l'écrou comme du mécanisme, frottements qui sont loin d'être négligeables et qui augmentent avec Q, de sorte que K devrait, au contraire, tendre à devenir de plus en plus petit à mesure que TP ou Q augmente.

D'ailleurs, quand on presse des matières compressibles, on sait en effet qu'à un moment il est impossible de faire tourner l'écrou, la matière étant pourtant encore susceptible d'être comprimée; cela prouve qu'à ce moment le rendement K est nul ou tout au moins voisin de zéro, car l'effort P exercé sur le levier est toujours positif.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Ringelmann a cherché à réaliser des expériences permettant de mesurer directement le travail moteur TP ainsi que le travail résistant de la vis TQ, afin de trouver le rendement K.

$$K = \frac{TQ}{TP}$$

dont la connaissance peut être d'une grande utilité pour la résolution d'une foule de problèmes de mécanique appliquée.

Les expériences ont été faites à la Station d'essais de machines sur un excellent modèle de pressoir de MM. Mabille frères.

M. Ringelmann présente à la Société et décrit les appareils de mesure qu'il a été obligé de construire pour ces essais :

MODE D'ACTION du MOTEUR.	ESSAI C.		ESSAI D.	
	PRESSION obtenue.	RENDEMENT mécanique.	PRESSION obtenue.	RENDEMENT mécanique.
	kilog.	p. 100.	kilog.	p. 100.
I.	6 800	33,55	8 200	32,17
II	30 000	21,19	31 600	19,68
III.	46 600	20,42	56 400	19,55
IV.	81 000	17,82	84 600	15,07
V	90 000	14,66	101 600	15,03

1° Le *levier dynamométrique*, de son invention, actionné par un petit moteur magnéto-électrique. Cet appareil a été combiné pour servir à toutes les machines mues par un levier : pompes, presses à fourrages, treuils, etc. ; il peut fonctionner dans le plan vertical comme dans le plan horizontal et comble une lacune dans la série de nos appareils de mesure de la puissance ;

2° Le *dynamomètre de compression*, établi sur un principe qui lui a été communiqué par un de ses amis, M. Émile Petit, ingénieur des Arts et Manufactures.

L'auteur passe ensuite à la discussion des résultats. Le pressoir en expérience avait une vis de 0,08 de diamètre et 0,022 de pas.

Les expériences montrent que le rendement mécanique diminue à mesure que la pression augmente :

Les différences constatées d'un essai à l'autre tiennent aux changements des surfaces frottantes qui, n'ayant pas toutes le même poli, ont par suite des coefficients de glissement différents.

Les pressions obtenues avec ce pressoir, actionné par un seul homme ont atteint 103 200 kilogrammes, correspondant à plus de 13 kilogrammes par centimètre carré de marc pressé.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Ringelmann montre un graphique de ces résultats : le rendement s'abaisse très rapidement jusqu'à la pression de 46 000 kilogrammes, pour diminuer plus lentement de 46 000 à 56 000 kilogrammes, limite à partir de laquelle correspond un changement de régime de la machine ; au delà de 56 000 kilogrammes, le rendement diminue très rapidement pour devenir très voisin de zéro, car à un moment donné l'homme, quel que soit l'effort qu'il exerce sur le levier, ne peut plus démarrer l'écrou.

Il doit évidemment se produire à ce moment (56 000 kilogrammes) un engrènement des surfaces en contact et la pression sur le filet et sur la rondelle de l'écrou est telle qu'il n'y a plus de corps gras interposé.

D'ailleurs le tableau suivant donne ces pressions par centimètre carré de surface de la rondelle de l'écrou :

MODE D'ACTION du MOTEUR.	ESSAI C.		ESSAI D.	
	PRESSION par unité de surface de la rondelle.	RENDEMENT mécanique.	PRESSION par unité de surface de la rondelle.	RENDEMENT mécanique.
	kilog.	p. 100.	kilog.	p. 100.
I.	111,55	33,55	97,60	32,17
II	262,54	21,19	390,43	19,68
III.	562,40	20,42	683,25	19,55
IV.	952,84	17,82	1 022,56	15,07
V	1 059,74	14,66	1 199,18	15,03

D'après les expériences de Wood, la pression sur les essieux des wagons dans leurs boîtes à graisse ne doit pas dépasser $6^{kil},33$ par centimètre carré de surface de contact ; au-dessus de cette limite la graisse ou le lubrifiant est écrasé et chassé : les corps frottent alors à sec. Aujourd'hui que le graissage est fait avec soin et régulièrement, on admet que la pression peut atteindre 25 à 30 kilogrammes par centimètre. Dans les essais de la station, la rondelle a supporté, à la fin du travail, une pression voisine de 1 200 kilos.

En résumé, ces essais montrent :

1° Que l'*effort moyen* exercé par un homme de force ordinaire, sur un levier manœuvré dans le plan horizontal, est de 43 à 48 kilogrammes (moyenne de 62 essais), alors qu'on fixait ce chiffre à 25 kilogrammes.

2° Que le *rendement mécanique* de la vis n'est pas constant ; que pour une même machine, ce rendement est en raison inverse de la pression.

3° Que le travail mécanique subit un changement de régime à partir d'une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pression voisine de 680 kilos par centimètre carré de surface frottante de la rondelle de l'écrou.

4° Qu'à partir d'une limite correspondant à une pression voisine de 1 200 kilos par centimètre carré de la surface frottante de la rondelle de l'écrou, les matières lubrifiantes sont complètement chassées; les surfaces grippent et le rendement devient voisin de zéro.

Ces données seront utiles pour le calcul des dimensions des pièces des machines et du travail mécanique de la vis.

M. le Président remercie *M. Ringelmann* de son intéressante communication qui est renvoyée au Comité des Arts mécaniques.

BIBLIOGRAPHIE

JOURNAUX ET REVUES

Comptes rendus de l'Académie des sciences. — *Séance du 17 avril* 1893, n° 16. — Recherche des alcools supérieurs et autres impuretés dans l'alcool vinique, par *E. Gossart*. — Sur les propriétés hygroscopiques de plusieurs matières textiles, par *Th. Schlœsing* fils. — Sur les sucrates de chaux, par *Petit*.

Séance du 24 avril, n° 17. — Sur la vérification du compteur de vapeur et son application à la mesure de la sursaturation et de la surchauffe, par *H. Parenty*. — Sur la tension de la vapeur d'eau saturée par *Antoine*.

Séance du 1er mai, n° 18. — Recherches pour établir les bases d'une nouvelle méthode destinée à reconnaître la falsification des beurres par la margarine employée seule ou en mélange avec d'autres matières grasses d'origine végétale ou animale, par *A. Houzeau*. — Sur les densités et les volumes moléculaires du chlore et de l'acide chlorhydrique, par *A. Leduc*. — Sur la diminution du coefficient de dilatation du verre, par *L. C. Baudin*.

Séance du 8 mai, n° 19. — Moulage méthodique du verre, par *Léon Appert*. — Essai d'une méthode générale de synthèse chimique, par *Raoul Pictet*.

Séance du 15 mai, n° 20. — Le travail de la terre et la nitrification, par *P.-J. Dehérain*. — Résultats obtenus sur des mélanges de beurres et de matières grasses diverses par l'emploi de la nouvelle méthode destinée à reconnaître la falsification des beurres, par *Auguste Houzeau*. — Influence de la température de recuit sur les propriétés mécaniques et la structure du laiton, par *G. Charpy*. — Sur la migration de la fécule de pomme de terre dans les tubercules à repousses, par *Aimé Girard*.

Séance du 29 mai, n° 22. — Sur les densités de quelques gaz et la composition de l'eau, par *A. Leduc*. — Méthode générale pour l'analyse des beurres, par *Raoul Brullé*.

Séance du 5 juin, n° 23. — Sur l'essai des oxydes de manganèse par l'eau oxygénée, par *Adolphe Carnot*.

Séance du 12 juin, n° 24. — Sur le dosage du manganèse par les méthodes oxydimétriques, par *Adolphe Carnot*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Annales des Ponts et Chaussées. — *Mars* 1893. — Notice sur le tramway funiculaire de Belleville. par *Maurice Widmer.*

Mémoires de la Société des ingénieurs civils. — *Avril* 1893. — Étude sur la flexion des montants dans un pont à entre-croisement supérieur, par *P. Rey.* — Le Tout à l'égout, par *Duvillard.* — Le matériel agricole à l'exposition des Champs-Élysées de 1893, par *le comte de Salis.*

Revue générale des Chemins de fer. — *Avril* 1893, n° 4. — Locomotives Compound à quatre cylindres et à grande vitesse du chemin de fer de Paris-Lyon-Méditerranée, par *Ch. Baudry.* — Roues de chemins de fer pleines à nervures, dites antipoussières, en fer forgé du système Arbel, par *L. Burant.* — Locomotive express du New-York central and Hudson river Railroad. — Le matériel des chemins de fer français à l'Exposition de Chicago.

Mai 1893, n° 5. — Essais entrepris par la Compagnie de l'Est pour le chauffage des trains au moyen de la vapeur et de l'air comprimé combinés, par *Lancrenon.* — Locomotives Compound à grande vitesse du Jura-Simplon.

Comité des forges de France. — 19 *juin* 1893, n° 928. — L'assurance contre les accidents en Allemagne.

Génie civil. — 15 *avril* 1893, n° 24. — Installation du service des eaux à l'Exposition de Chicago par la compagnie Worthington, par *R. Madison.* — Pont ascenseur à Chicago, par *A. Crépy.* — Les perforatrices rotatives Bornet, par *B. de Langlade.* — Nouvelle méthode photométrique, par *J. Duroy de Bruignac.*

22 *avril*, n° 25. — De l'inexplosibilité des chaudières à vapeur, par *F. Delannoy.* — Emploi du mouvement pendulaire dans la manœuvre des coupoles cuirassées à éclipses, par *L. Faraud.* — Appareils d'enclenchement, système *Manuel Olin.*

29 *avril*, n° 26. — Emploi du mouvement pendulaire dans la manœuvre des coupoles cuirassées à éclipse, par *L. Faraud* (fin). — Distribution à changement de marche, système Fouquemberg, par *Crépy.* — Nouveau système de fermeture pour portières en essai sur les voitures de la Compagnie des chemins de fer du Nord, par *Ch. Talansier.* — Nouveau surchauffeur de vapeur, système E. Schwœrer, par *L. Viennot.*

6 *mai*, n° 1. — La sténographie et la dactylographie. — Les emplois de l'aluminium. — Solution du procès des lampes électriques à incandescence, par *Max de Nansouty.*

13 *mai*, n° 2. — Le chemin de fer Boynton à une voie.

20 *mai*, n° 3. — Outillage pour reproduire en tissus sans armures ni cartons, à une échelle quelconque, les peintures et dessins de toutes sortes, par *Henry Danzer.*

27 *mai*, n° 4. — Éclairage par réflexion, par *Paul Gahéry.* — L'Algérie au point de vue cultural et commercial, par *Schield-Tréhenc.* — Nouvelle distribution pour machines à vapeur, par *Isidore Claeys.* — Régulateurs de vitesse des machines à vapeur. — Valves à tiroir équilibré, système Douge frères, par *F. Desquiens.* — Sur la rectification approchée des arcs d'ellipse, par *Alban Gros.*

3 *juin*, n° 5. — Utilisation par l'électricité des chaleurs industrielles perdues. — Mesure, par la photographie, des vibrations d'un pont, d'une poutre ou d'un plancher. — Fabrication du cidre par diffusion.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

10 *juin*, n° 6. — Le funiculaire de Belleville, par *P. Crépy*. — La peinture mécanique à l'exposition de Chicago. — Emploi des minerais titanifères au haut-fourneau. — Étude sur les silico-titanates et titanates. — Application de la vapeur surchauffée aux machines à vapeur, par *N.-J. Raffard*. — Les levures pures et l'amélioration des vins, par *C. Crépeaux*.

Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse. — *Avril* 1893. — Rapport de *Walther-Meunier*, ingénieur en chef, sur les travaux exécutés sous sa direction pendant l'exercice 1892.

Mai 1893. — Note sur le sondage exécuté dans la propriété d'André Kœchlin, au Hasenrain, pendant les années 1836 et 1837, par *Mathieu Mieg*. — Machine à flamber au gaz de Scheurer-Rott et C^ie^, par *M. Lévy*. — Recherches sur la constitution de la fuchsine et des matières colorantes analogues par l'étude de leurs sels acides, par *A. Rosenstiehl*. — Note sur le rouge ponceau des Japonais, documents présentés par *Albert Scheurer*.

Revue industrielle. — 15 *avril* 1893, n° 15. — Appareil à désinfecter les parois des habitations par la pulvérisation d'un liquide antiseptique. — Tour électrique de la Société universelle d'électricité. — Outils et porte-outil de tour, système *Blear*. — — Fabrication de naphtaline pure. — Séparation des micro-organismes par la force centrifuge.

22 *avril*, n° 16. — Régulateur automatique de chauffage, construit par la compagnie du régulateur Mason. — Transformateur de courants alternatifs en courant continu, système *Hutin* et *Leblanc*. — Influence des enveloppes de chaudière sur la dépense du combustible.

29 *avril*, n° 17. — Éclairage électrique des voitures de la Compagnie de Paris-Lyon-Méditerranée, par les accumulateurs multitubulaires, Donato, Tomasi. — Chauffage des locomotives au pétrole. — Sur la distillation de mélanges d'eau et d'alcool. — Pertes de charges dans les conduites d'eau, d'après la formule de *M. Flamant*.

6 *mai*, n° 18. — Touage par adhérence magnétique, système *de Bovet*. — Nouvelle distribution par soupapes équilibrées à ressorts de vapeur, sans mécanisme de précision, système *Montreuil*.

13 *mai*, n° 19. — Surchauffeuse de vapeur, système *Uhler*, perfectionné par *MM. Grouvelle* et *Arquembourg*. — Photographie des projectiles en mouvement.

20 *mai*, n° 20. — Soupape de sûreté à échappement rapide et graduel, système *Hafner*. — Procédé d'essai rapide des betteraves. — Essai du caoutchouc. — Enduit contre l'adhérence des incrustations dans les chaudières. — Moulage méthodique du verre, par *M. Léon Appert*.

27 *mai*, n° 21. — Appareil indicateur et enregistreur des flexions des constructions métalliques, par *Émile Heserthon*.

3 *juin*, n° 22. — Ventilateur pour les fusions rapides. — Appareil pour la coulée des lingots d'acier sans soufflure. — Nouvelle peinture contre la rouille.

10 *juin*, n° 23. — Nouveaux procédés *Bertrand* pour recouvrir d'oxyde magnétique et émailler le fer et les carbures de fer. — Applications de pompes centrifuges conjuguées construites par *H. L. Dumont*. — Épuration du jus de betterave au moyen de l'électrolyse. — Propriétés photographiques des sels de cérium.

17 *juin*, n° 24. — Matière active pour accumulateurs électriques. — Purification du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

zinc de commerce. — Nouveau procédé de fonte et de coulage des métaux et minerais.

Chronique industrielle. — 16 *avril* 1893, n° 16. — Machine à affûter les forets hélicoïdaux.

22 *avril*, n° 17. — Rouleau compresseur à vapeur avec mécanisme indépendant.

7 *mai*, n° 19. — Chaleur développée par les lampes à incandescence. — Purification du bismuth.

14 *mai*, n° 20. — Production du platine.

21 *mai*, n° 21. — Collecteur de poussière, dit le Cyclone.

28 *mai*, n° 22. — Emploi du nitrate de soude pour la betterave à sucre.

4 *juin*, n° 23. — Exploration de la haute atmosphère. (Expérience du 21 mars 1893.) Note de *M. Gustave Hermite* de l'Académie des sciences.

11 *juin*, n° 24. — Treuil roulant électrique de 15 tonnes.

13 *juin*, n° 25. — Industrie vélocipédique : machines-outils pour la construction des vélocipèdes.

Bulletin de la Société internationale des électriciens. — *Avril* 1893. — Accumulateur système Peyrusson, par *Ed. Peyrusson.*

Mai. — Appareils Carpentier pour la mesure des isolements, par *Armagnat.* — Considérations sur le transport et la distribution de la force (concours de Mulhouse), par *Desroziers.* — Remarques à propos de la communication de *M. Desroziers*, par *Hillairet.*

La Lumière électrique. — 22 *avril* 1893, n° 16. — Chemins de fer et tramways électriques, par *Gustave Richard.* — Fabrication électrolytique du chlore liquide, procédé *Cutten.*

29 *avril*, n° 17. — Le secteur des Champs-Élysées, *Franck Géraldy.* — Applications mécaniques de l'électricité, *Gustave Richard.*

6 *mai*, n° 18. — Les lampes à arc, *Gustave Richard.* — Microphone pour les sourds de *Shapley.*

15 *mai*, n° 19. — Le téléphote, par *J. Blondin.* — Le télautographe *Elisha Gray*, par *Gustave Richard.* — La précipitation simultanée du cuivre et de l'antimoine par le courant électrique, par *W. Hampe.*

20 *mai*, n° 20. — Les lampes à incandescence, par *Gustave Richard.*

29 *mai*, n° 21. — Recherches de M. Ditte sur la pile Leclanché et autres piles similaires, par *A. Renault.* — Applications mécaniques de l'électricité, par *Gustave Richard.* — Transport et distribution de l'énergie électrique par courants polyphasés à Heilbronn-sur-Neckar, par *Ch. Jacquin.*

3 *juin*, n° 22. — Sur l'utilisation des chutes d'eau de faible puissance, par *F. Chadeville.* — Détails de construction des machines dynamo, par *Gustave Richard.* — Recherches de M. Ditte sur la pile Leclanché et autres piles similaires, par *A. Renault.* — Le transmetteur automatique de Peyer, Fararger et C^ie^, par *E. Zetzche.*

10 *juin*, n° 23. — Sur l'essai des dynamos, par *W. E. Aryton.* — Chemins de fer et tramways électriques, par *Gustave Richard.* — Turbo-moteur *Dow.* — Chaufferettes électriques *Dewey.* — Fabrication électrolytique des bichromates.

17 *juin*, n° 24. — Élimination des harmoniques supérieures dans les courants pério-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

diques et production de courants parfaitement sinusoïdaux, par *A. Hess*. — Une nouvelle cloche électrique, par *Étienne Chateau*.

L'Électricien. — 29 *avril* 1893, n° 122. — Le transformateur Patin, par *E. M.* — Prix de revient de l'éclairage électrique des voitures du chemin de fer du Nord.

6 *mai*, n° 123. — L'électricité dans les villages. — Éclairage électrique d'Avesnes-les-Aubert, par *W.-C.-Rechniewsky*. — Nettoyage et polissage de l'aluminium.

20 *mai*, n° 125. — Éclairage électrique des trains de la Compagnie de Paris-Lyon-Méditerranée, par *J. A. Montpellier*. — L'électrolyse de l'aluminium (suite), par *Ch. Haubtmann*.

27 *mai*, n° 126. — L'électrolyse de l'aluminium, par *Ch. Haubtmann*. — Chemin de fer bicycle électrique.

3 *juin*, n° 127. — Les moteurs hydrauliques et les stations centrales d'électricité, par *Em. Dieudonné*.

10 *juin*, n° 128. — Les brevets Faure-Sellon-Wolckman devant la juridiction française, par *Ch. Haubtmann* — Sur les machines à grande et à petite vélocité et leur accouplement avec les dynamos, par *P. Simon*.

Annales de chimie et de physique. — *Mai*. — Mémoire sur l'élasticité et la dilatabilité des fluides jusqu'aux très hautes pressions; par *E.-H. Amagat*.

Journal de pharmacie et de chimie. — 15 *avril*, n° 8. — Application de la galvanoplastie à la décoration des porcelaines. — La fermentation ammoniacale de la terre, par *A. Müntz et H. Coudron*.

1er *mai*, n° 9. — Sur la préparation de l'uranium, du chrome et du manganèse à haute température, par *H. Moissan*. — Propriétés physiques du ruthénium fondu, par *A. Joly*. — Sur l'osmium métallique, par *A. Joly et Véres*. — Analyses qualitative et quantitative du papier, par *Herzberg*.

15 *mai*, n° 10. — Sur un procédé nouveau de dosage volumétrique du mercure, par *J. Laborde*. — Analyses qualitative et quantitative du papier (fin).

1er *juin*, n° 11. — Sur la valeur des sels de cuivre comme désinfectants, par le Dr *Green*. — Transmission des maladies par la margarine. — Sur le dosage de l'acide phosphorique, par *A. Villiers* et *Fr. Borg*. — Sur la volatilité du manganèse, par *S. Jordan*. — Recherche du sucre par la méthode polarimétrique, par *Jolles*. — Sur l'échauffement sulfurique du beurre et de la margarine, par *E. Hairs*.

15 *juin*, n° 12. — La production du camphre à Formose, par *M. Roques*. — La traite des gommes au Sénégal, par *M. Cotton*. — Action de l'acide sulfurique pur ou chargé de composés nitreux, et de l'acide nitrique sur diverses sortes de plomb, par *Lunge* et *Schmid*. — Recherche des huiles végétales dans le saindoux, par M. *Welmans*.

Moniteur scientifique. — *Mai*, n° 617. — Revue de photographie. — Sur la production électrolytique du chlore et de la soude, par *G.-F. Cross* et *E.-J. Beran*.

La vulcanisation du caoutchouc par la chaleur sèche, avec emploi d'un vulcanisateur perfectionné, par *M. Charles A. Fawsitt*.

Juin, n° 618. — Le dosage de l'oxyde de fer et de l'alumine dans les phosphates minéraux, par *Alfred Smetham*. — Dosage du phosphate d'alumine par précipitation de ses solutions au moyen de l'ammoniaque et des acétates alcalins, par *C. Glazer*. —

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Méthode volumétrique pour le dosage du plomb, par *Knight* (*F.-C.*). — Méthode facile pour doser l'azote dans les azotates, par *Carl Arnold* et *Conrad Wedemeyer*. — Récupération des sous-produits des fours à coke, par *Charles Dreyfus*.

Revue scientifique. — 6 *mai*, n° 18. — Les alliages de l'aluminium, par *L. de Djéré*. — La désinfection des appartements, par *Chamberland* et *Fernbach*.

29 *mai*, n° 23. — L'expansion du système métrique, par *D. Bellet*.

24 *juin*, n° 25. — Les derniers progrès de l'unification des heures, par *W. de Nordling*.

Revue générale des sciences. — 19 *juin*, n° 11. — La géométrie des masses, par *M. Haton de la Goupillière*.

La Nature. — 29 *avril*, n° 1039. — Les nouvelles méthodes d'apiculture, par *Ch. Derosne*. — La pulvérisation des métaux, par *Henri Fourtier*.

13 *mai*, n° 1041. — Compteurs de distances parcourues pour vélocipèdes, par *X...* ingénieur.

3 *juin*, n° 1045. — L'oxygène et l'air liquides. — Le funiculaire de Bellevue, par *Max de Nansouty*.

17 *juin*, n° 1046. — Tiges articulées de M. Tchebichef, par *X...* ingénieur.

24 *juin*, n° 1047. — Le concours chronométrique en 1892 à Besançon.

Journal d'agriculture pratique. — 20 *avril*, n° 16. — Gommage du pin maritime, par *Raymond Brunet*.

28 *avril*, n° 17. — La sécheresse et les ressources fourragères, par *Gustave Heuzé*. — Dépotage et purification de la gomme, par *Raymond Brunet*.

4 *mai*, n° 18. — Distillation de la gomme et emploi des produits résineux, par *Raymond Brunet*. — La fermentation alcoolique et les principes d'une vinification raisonnée, par *A. Sabouraud*. — Les cerisiers à kirsch, par *M. Baltet*.

11 *mai*, n° 19. — Falsification des beurres, par *A. Houzeau*. — Emploi des feuilles d'arbres dans l'alimentation du bétail, par *A. Ch. Girard*. — Appareil servant à sécher les fruits, par *J. Manol, L. Tritschler*.

18 *mai*, n° 20. — Les fourrages de haut rendement en azote, par *E. Lecouteux*. — Travail de la pomme de terre en distillerie, par *Léon Lindet*. — La sécheresse et les fourrages, par *Vilmorin-Andrieux*.

25 *mai*, n° 21. — Emploi des feuilles d'arbres dans l'alimentation du bétail, par *Ch. Girard, P. Roussille, Léon Dumas*.

8 *juin*, n° 23. — Distillateurs industriels et bouilleurs de cru, par *B. Roujou*. — L'ostréiculture dans le Morbihan, par *A. M. Blanche*.

15 *juin*, n° 24. — Emploi des feuilles de vigne pour l'alimentation du bétail, par *A. Müntz*. — Méthode générale pour l'analyse des beurres, par *Brulhé*.

22 *juin*, n° 25. — Sur la fermentation alcoolique du vin, par *J.-B. Malric*.

Journal de l'agriculture. — 22 *avril*, n° 1379. — Sur la désinfection des étables par *Jules Japy, Boulland*.

29 *avril*, n° 1380. — Une plante fourragère d'avenir, par *Schribaux*.

6 *mai*, n° 1381. — Nouvelle méthode pour l'analyse du beurre, par *Houzeau*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

13 *mai*, n° 1382. — La culture électrique, par *Crépeaux*. — Le phosphatage des fumiers, par *Larbalétrier*.

20 *mai*, n° 1383. — La culture électrique, par *Crépeaux*, II.

27 *mai*, n° 1384. — Nouvelle étude pour l'analyse des beurres, par *Houzeau*, II.

3 *juin*, n° 1385. — Utilisation des produits du bois comme litières, par *Japy*.

10 *juin*, n° 1386. — Sur l'ensilage des fourrages verts, par *Henry Sagnier*. — Sur les cultures actuelles du froment, par *Deumié*.

17 *juin*, n° 1387. — Appareils de chauffage des serres, par *de Sardriac*.

24 *juin*, n° 1388. — Travaux du comte *Paul de Gasparin*, par *Schlœsing*.

Bulletin de la Société française de photographie. — 1er *avril*, n° 7. — Emploi du sulfite anhydre en photographie, et dosage de l'alcali dans les sulfites commerciaux, par *A. Lumière* et *A. Scyewetz*. — Revivification des épreuves sur albumine. — Récupération de l'or et de l'argent contenus dans les résidus, par *Clemmon*.

15 *avril*, n° 8. — Obturateur *Masson*.

1er *mai*, n° 9. — Tirage et fixage Tansor.

15 *mai*, n° 10. — L'ortochromatisme appliqué à la photomicrographie, par *Monpillard*. — Bain pour orthochromatisme, par *Waterhouse*.

1er *juin*, n° 11. — Méthode d'essai scientifique et pratique des objectifs, par le *capitaine Houdaille*. — Reproduction photographique des réseaux et micromètres gravés sur verre, par *Izarn*. — Restauration des plaques donnant des voiles, par *W.-B. Bolton*. — Restauration du papier sensible, albuminé, altéré, et sa transformation en papier au bromure d'argent, par le même.

15 *juin*, n° 12. — Identité de l'amidol et du diamidophénol. — Préparation du collodio-bromure rapide, par *David*.

OUVRAGES REÇUS

ALBUM DES SERVICES MARITIMES POSTAUX FRANÇAIS ET ÉTRANGERS. *Lignes télégraphiques internationales, câbles sous marins, colis-postaux, réseaux téléphoniques*; par MM. Paul Jaccottey et Maxime Mabyre, sous la direction de M. E. Levasseur, membre de l'Institut. — Librairie Ch. Delagrave.

Cet ouvrage se compose de huit cartes contenant les renseignements relatifs aux transports et aux communications nationales et internationales. Il peut rendre de grands services à l'industrie et au commerce. Ses auteurs ont eu à leur disposition tous les documents officiels, à l'aide desquels ils ont su multiplier, sous la forme commode d'un album, les informations complètes et exactes qui intéressent le monde des affaires. A ces divers titres, il nous a paru digne d'être signalé à l'attention des lecteurs du *Bulletin*.

MINEL (P.), Ingénieur des Constructions navales. — **Introduction à l'Électricité industrielle. Potentiel. Flux de force. Grandeurs électriques.** Petit in-8°. (*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire.*)

Le but que s'est proposé l'auteur, dans cet ouvrage, a été de réunir les principes

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de la théorie électrique nécessaires à l'étude des machines électriques et de l'éclairage par l'électricité. Ayant en vue les applications pratiques de l'électricité, il n'a envisagé que le système d'unités électro-magnétiques, basé sur la loi de Laplace et dont dérive le système des unités pratiques.

D'une façon générale, aucune hypothèse n'a été faite sur la nature des phénomènes électriques et l'expérience seule a été prise comme point de départ. Les conceptions de l'esprit, généralement acceptées pour la dénomination et l'étude des qualités des phénomènes électriques, n'ont été admises que pour permettre de suivre ces phénomènes d'une façon tangible, sans les rapporter à des résultats expérimentaux abstraits n'ayant aucun lien avec les agents et phénomènes matériels qui les présentent tous les jours sous nos yeux.

Ce volume est spécialement consacré à l'étude des grandeurs électriques : ampère, coulomb, ohm, volt, farad. Dans l'étude de chacune de ces grandeurs, l'auteur s'est attaché à donner d'abord la notion de cette grandeur, établie d'après les résultats de l'expérience, puis la définition et enfin la mesure.

L'auteur a évité d'assimiler le courant électrique dans un fil à la propagation de la chaleur dans un corps conducteur : le potentiel a été défini en électro-statique comme une quantité d'énergie contenue dans l'électricité, cette énergie étant regardée comme une réalité physique objective au même titre que la matière, et en électro-dynamique, la différence de potentiel, qui existe entre deux points d'un fil parcouru par un courant, a été considérée comme un résultat mis en évidence par l'expérience.

MINEL (P.), Ingénieur des Constructions navales. — **Introduction à l'électricité industrielle. Circuit magnétique. Induction. Machines.** Petit in-8°. (*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire.*)

Ce volume fait suite au volume « Introduction à l'électricité industrielle. Potentiel. Flux de force. Grandeurs électriques ». Il est spécialement consacré à l'étude du circuit magnétique, de l'induction et des machines.

Le premier chapitre traite de l'action d'un champ magnétique sur un courant : de même qu'en électro-statique, dans la définition du potentiel de l'électricité, l'auteur a cherché, dans la définition du potentiel d'un pôle par rapport à un circuit et par rapport à un feuillet, à mettre en évidence la notion d'énergie.

Le chapitre II est consacré au circuit magnétique, envisagé comme possédant trois qualités : Force magnéto-motrice, Intensité, Résistance, analogues aux trois qualités correspondantes du circuit électrique.

Le chapitre III donne la loi fondamentale de l'induction et définit l'induction et la self-induction.

Dans le chapitre IV est étudié le fonctionnement des machines à courant continu.

Le chapitre V traite l'application du circuit magnétique à l'étude des conditions de fonctionnement des machines électriques.

Enfin, dans le dernier chapitre, l'auteur a cherché à grouper les remarquables résultats d'expérience qui établissent des relations entre l'électricité statique, l'électricité dynamique, le magnétisme et la lumière ; il a indiqué, comme conséquences de ces résultats, les aperçus qui permettent peut-être d'entrevoir actuellement la nature des phénomènes électriques.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MADAMET (**A.**), Ingénieur de la Marine, ancien Directeur de l'École d'application du Génie maritime. — **Tiroirs et distributeurs de vapeur.** *Appareils de mise en marche et de changement de marche.* Petit in-8°. (*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire.*)

En présence de l'innombrable variété de détails des distributeurs de vapeur, un Traité d'un format restreint ne peut avoir qu'un objet, celui de décrire sommairement les diverses formes adoptées en les classant par grandes catégories, de montrer en quoi elles diffèrent essentiellement les unes des autres, à quel objet spécial répond chacune d'elles et, d'une manière générale, quels sont ses avantages et ses inconvénients. Tel est le but du volume de M. Madamet.

Les constructeurs y trouveront l'ensemble des renseignements dont ils ont besoin ainsi que la description raisonnée des divers mécanismes employés pour la conduite des distributeurs. La question du changement de marche, si importante pour les locomotives et les machines marines, a été également l'objet d'une étude sérieuse et tout cet ensemble est complété par un exposé sommaire de ce que l'on sait au sujet des frottements des tiroirs et de la résistance qui s'oppose à leur marche, tant par suite de ce frottement qu'en raison des forces d'inertie dont l'importance est capitale dès qu'il s'agit de machines à allure rapide et d'une puissance un peu considérable.

GIRARD (**Aimé**), Professeur au Conservatoire des Arts et Métiers et à l'Institut agronomique, Membre de la Société nationale d'Agriculture. — **Recherches sur la culture de la Pomme de terre industrielle et fourragère.** Deuxième édition, revue et augmentée. Grand in-8 de 216 pages avec figures, et Atlas in-4 cartonné, contenant 6 belles planches en héliogravure; 1891.

La culture de la pomme de terre s'étend, en France, sur un vaste territoire : le vingtième de notre domaine agricole lui appartient ; la culture des céréales, celle des fourrages, celle de la vigne ont seules un développement plus considérable.

Sur les 1 500 000 hectares que l'agriculture française lui consacre, cette culture, cependant, n'a jusqu'ici obtenu que de pauvres résultats. C'est, en effet, autour du chiffre de 75 quintaux seulement qu'oscille, depuis plus de cinquante ans, son rendement moyen à l'hectare. Dans quelques départements, il est vrai, on voit la moyenne locale remonter à 12 000 et 14 000 kilogrammes; mais dans quelques-uns aussi on la voit, par contre, s'abaisser à 3 000 et même à 2 000 kilogrammes.

En d'autres contrées, en certaines régions de l'Allemagne, notamment, c'est à des résultats tout autres que la culture aboutit; là les rendements de 250 et même 300 quintaux à l'hectare sont considérés comme normaux; là les tubercules, au lieu de contenir 14 à 15 p. 100 de fécule anhydre seulement, se montrent riches à 16 et 18 p. 100.

C'est à l'état arriéré des procédés suivis en France pour la culture de la pomme de terre qu'est due cette infériorité, et c'est la considération des faits d'où cet état arriéré dérive qui a conduit M. Aimé Girard à entreprendre la série de recherches dont, pour la seconde fois, nous présentons les résultats au public agricole et manufacturier.

Au début de ces recherches, M. Aimé Girard s'est préoccupé de démontrer par des expériences culturales, conduites d'abord sur de petites, ensuite sur de grandes surfaces, la possibilité d'obtenir normalement en France des rendements en tubercules riches aussi élevés que ceux que l'on obtient en certaines parties de l'Allemagne, c'est-à-dire des rendements de 200 à 250 quintaux par hectare.

Ceux qu'il a obtenus dans ces conditions ont été plus élevés encore; ils ont en certains cas atteint 35 000 et même 45 000 kilogrammes à l'hectare.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour obtenir des résultats si différents de ceux que l'on obtient habituellement en France, des conditions précises de culture perfectionnée devaient être établies; mais, auparavant, il convenait de suivre pas à pas le développement végétal de la pomme de terre en ses diverses parties, tubercules, tiges, feuilles et radicelles, afin de déduire des données acquises de cette façon sur le poids, la surface, la longueur, la composition des diverses parties, les besoins mêmes de la plante, et, par suite, les conditions dans lesquelles il convient de la placer.

Une étude des phénomènes auxquels ce développement donne lieu a fourni à M. Aimé Girard des conclusions aussi importantes au point de vue physiologique qu'au point de vue cultural.

Pour fixer les idées au sujet de ces phénomènes, M. Aimé Girard a reproduit par la photographie, au 1/10 de la grandeur réelle, et nous avons fait graver héliographiquement par M. Paul Dujardin l'image de la plante aux principales périodes de sa végétation; le développement progressif des parties aériennes, l'accroissement graduel des tubercules, la dispersion à travers le sol des radicelles fines et allongées, permettent alors de comprendre, à simple vue, le rôle de ces diverses parties au point de vue du résultat agricole qu'il s'agit d'obtenir.

Profitant des données que ces recherches scientifiques avaient mises entre ses mains, M. Aimé Girard est parvenu à fixer avec précision les conditions pratiques auxquelles le cultivateur doit s'attacher, s'il veut obtenir à la fois des rendements en poids assez élevés et des richesses en fécule assez grandes pour lui assurer une recette de 800 francs à 900 francs par hectare.

L'influence exercée par les conditions météorologiques, par les labours, par les engrais, par la régularité et la date de la plantation, par les espacements, etc., a été successivement étudiée par lui, mais c'est principalement sur le choix du plant que son attention s'est portée et qu'il appelle l'attention des cultivateurs. Des faits nouveaux ont été signalés par lui relativement à la grosseur des tubercules de plant, relativement aux qualités héréditaires des sujets; et, de l'ensemble de ces observations, il a pu déduire une méthode de sélection singulièrement facile et qui, pratiquée avec soin, doit assurer à la culture de la pomme de terre, non seulement des succès comparables à ceux qui, déjà, avaient été obtenus hors de France, mais des succès plus grands encore.

Les procédés culturaux conseillés par M. Aimé Girard ont, depuis deux années, reçu la sanction de la grande pratique agricole.

En 1889 et 1890, plus de cent cultivateurs les ont appliqués, quelquefois sur des champs de plusieurs hectares, et les résultats qu'ils ont obtenus ont généralement été au delà des espérances que l'auteur de ces procédés avait conçues à l'origine.

Les observations faites par ces cultivateurs sont réunies et discutées par M. Aimé Girard dans la deuxième édition de ses *Recherches* que nous offrons aujourd'hui au public agricole; toutes les conditions nécessaires à la production des hauts rendements et des grandes richesses sont ainsi passées successivement en revue; les données les plus récentes relatives au traitement de la maladie y sont exposées en leur place; les indications pratiques pour la culture résumées en un chapitre spécial; de telle sorte que de l'ensemble des faits constatés depuis six ans tant par M. Aimé Girard que par ses collaborateurs résulte, en fin de compte, un véritable manuel de la culture de la pomme de terre industrielle et fourragère.

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 1894 A 1896

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 :

1894. Arts économiques.	à l'effigie	d'Ampère.
1895. Commerce	—	de Chaptal.
1896. Arts mécaniques	—	de Prony.
1897. Arts chimiques.	—	de Lavoisier.
1898. Architecture et beaux-arts.	—	de Jean Goujon.
1899. Agriculture.	—	de Thenard.

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.*

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 c. 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 1895.

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 1895.

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 donné 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 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 1894.

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 tous les deux ans à 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 un procédé perfectionné de culture ou un végétal, ou un animal nouveau propre à accroître les profits de la petite ou de la moyenne culture.

Il sera décerné, en 1894, aux concurrents résidant dans le département de l'Isère.

Il sera attribué en 1895 et 1901 aux concurrents des autres départements de France, en 1897 aux concurrents de la région du Sud-Est et ainsi de suite de façon à revenir tous les six ans dans cette dite région du Sud-Est.

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 1^er^ janvier de l'année du concours.

Le prix tel qu'il est formulé ne sera pas disputé par de nombreux concurrents; le champ des inventions d'outils et machines pour la petite et moyenne culture est en effet limité et il est à craindre que souvent le prix ne puisse être décerné. En conséquence, la Société a admis une variante.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le prix tel qu'il a été défini sera décerné tous les six ans. Il sera mis au concours dans toute la France.

Pendant la période de six ans, il y aura deux prix biennaux qui seront décernés :

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 sera décerné alternativement et successivement dans chacun des départements de la région du Sud-Est; d'abord dans la Drôme, puis dans l'Isère, etc., etc.

Ce prix aura une certaine importance, il constituera une petite fortune pour celui qui l'obtiendra, et fera bénir le bienfaiteur par les familles laborieuses du pays.

La Société joindra à la récompense pécuniaire une médaille d'argent qui en perpétuera le souvenir dans les familles.

Pour atteindre le but et empêcher le prix d'aller à de gros cultivateurs, il faudra tenir la main à ce que les concurrents soient ceux qui cultiveront leur bien avec leurs bras, *seuls ou avec l'aide d'un ouvrier au plus* (homme ou femme).

SUCCESSION DES PRIX

Prix en 1894 de petite culture dans l'Isère.
— 1895 pour l'invention dans toute la France.
— 1897 prix de petite culture dans l'Ardèche.
— 1899 — — dans le Rhône.
— 1901 pour l'invention dans les départements de la région Sud-Est.
— 1903 prix de petite culture dans la Savoie.
— 1905 prix de petite culture dans la Haute-Saône, etc.

PRIX MELSENS

M^me^ 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

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 1894.

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 ci-après :

2° **Prix de 2 000 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

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

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 1894.

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 1894.

4° **Prix de 3 000 francs** *pour un appareil diminuant dans une large mesure la fumée des foyers industriels et en particulier de ceux des chaudières à vapeur.*

Les foyers industriels alimentés avec de la houille ou des agglomérés, notamment ceux des chaudières à vapeur, donnent lieu à une production abondante de fumée dont tout le monde connaît les inconvénients.

On a proposé un grand nombre de dispositions pour y remédier, on est même parvenu à obtenir des foyers complètement fumivores. Tous ces appareils sont restés à l'état d'essai et n'ont pas été adoptés principalement à cause de leur complication, de leur prix élevé, de leurs fréquentes réparations, de la prompte destruction des chaudières et parfois de la nécessité de faire usage d'une puissance motrice.

En présence de l'augmentation toujours croissante du nombre des chaudières à vapeur et des plaintes de plus en plus pressantes des voisins des grandes usines, la Société d'Encouragement a pensé qu'elle rendrait un service signalé aux habitants des grandes villes en mettant au concours la construction d'un appareil simple et peu coûteux atténuant la production de la fumée de telle façon qu'elle cesse d'être incommode.

La préférence sera accordée au système qui, pouvant s'appliquer à tous les foyers, procurera la plus grande économie de combustible.

Pour avoir droit au prix, il faudra que l'appareil soit en fonction depuis envi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ron six mois sur un groupe de chaudières vaporisant au moins deux mille litres d'eau par heure.

Ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1894.

5° **Prix de 1 000 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 1894.

6° **Prix de 3 000 francs** *pour une machine motrice de 25 à 100 chevaux, dépensant au maximum, en travail courant, 7 kilogrammes 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 1894.

7° **Prix de 2 000 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

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

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 pratique, 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 1894.

8° **Prix de 2 000 francs** *pour des perfectionnements dans l'exécution des sondages profonds.*

Les sondages rendent de grands services pour les recherches géologiques, pour l'exploration des gisements souterrains, pour l'obtention de l'eau, pour l'exploitation de certains produits solides, liquides ou gazeux.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La Société d'Encouragement voudrait voir des améliorations se produire dans l'art du sondage en France, et elle propose un prix de 3 000 francs pour cet objet.

Pour avoir droit au prix proposé, le sondeur, français ou étranger, devra avoir foré en France ou dans une colonie française, au moins un sondage de 200 mètres au minimum. Les procédés employés et les résultats obtenus seront soumis ensemble à l'appréciation de la Société d'Encouragement.

Le prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1895.

9° **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 1895.

10° **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 1895.

11° **Prix de 2 000 francs** *pour un petit moteur destiné à un atelier de famille, fonctionnant isolément ou rattaché à une usine centrale.*

On a souvent signalé l'intérêt qu'il y aurait, pour le petit fabricant en chambre, à se procurer commodément et à bon marché, toutes les fois qu'il en aurait besoin, la petite quantité de travail pour laquelle il a ordinairement recours à l'assistance momentanée d'un tourneur de roue.

Un prix est proposé, dans ce but, pour un moteur à arbre rotatif, pouvant mettre à peu de frais, à la disposition de l'ouvrier en chambre, un travail de 6 à 20 kilogrammètres par seconde. Les dispositions proposées devront permettre de faire varier, entre ces limites, la puissance disponible, sans présenter de trop grands écarts dans le rendement; et, s'il est possible, elles devront se prêter aux vitesses les plus convenables, suivant la nature de l'opération à effectuer.

La solution de cette question aurait pour conséquence de favoriser le travail en famille.

La Société a décerné quatre fois ce prix : la première fois, à un moteur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

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 1895.

12° **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 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 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS CHIMIQUES

1° **Prix de 1 000 francs** *pour l'utilisation des résidus de fabrique.*

Il fut un temps où les chimistes rejetaient, comme inutile et sans objet, le résidu, le *caput mortuum*, de leurs opérations. En tenir compte fut une révélation qui, de proche en proche, conduisit de Glauber à Lavoisier, c'est-à-dire de la manipulation indécise à la théorie la plus sûre.

Beaucoup d'industries en sont encore à cette période où les résidus de leurs travaux demeurent sans emploi et deviennent, par leur importance, l'occasion de troubles pour l'hygiène publique, ou de lourdes dépenses et de grandes gênes.

Tout emploi utile de ces matériaux dégrèverait d'une charge les industries qui les produisent, et réduirait d'autant le prix de revient de leurs produits, au profit du consommateur.

Le prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1894.

2° **Prix de 2 000 francs** *pour la fabrication de verres destinés aux opérations chimiques.*

On sait le rôle important que joue le verre dans la construction des instruments de toutes sortes employés par les chimistes et les industriels dans leurs laboratoires. Le verre destiné à ces usages doit présenter des qualités spéciales que n'offrent pas, en général, les verres préparés pour la gobeleterie. Leur composition doit être telle que, tout en se prêtant aux divers travaux et opérations de laboratoire, ils présentent des conditions de fusibilité et d'inaltérabilité en rapport avec les usages auxquels ils sont destinés. Ils doivent être travaillés dans des conditions d'épaisseur, de forme et de légèreté spéciales. Il est malheureusement certain que les verriers et constructeurs français ne se sont pas encore préoccupés sérieusement de cette question, qui est résolue dans plusieurs pays étrangers.

La Société propose un prix de 2 000 francs pour celui qui aura constitué une fabrication de verrerie de laboratoire satisfaisant aux conditions qui viennent d'être énoncées.

Le prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1894.

3° **Prix de 2 000 francs** *pour une publication utile à l'industrie chimique ou métallurgique (traités, mémoires).*

Les progrès rapides de l'industrie font que les traités technologiques cessent, peu de temps après leur publication, d'être au courant des plus récents 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.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

A côté des traités purement descriptifs où l'énumération des recettes et procédés particuliers à chaque industrie tient une place prépondérante, il est une catégorie d'ouvrages plus utiles encore au progrès de l'industrie et dont la publication ne saurait être trop encouragée. Ce sont les traités qui font surtout connaître les principes et les méthodes scientifiques des divers procédés industriels c'est-à-dire montrent comment ces procédés peuvent se déduire de quelques faits plus simples et plus généraux, susceptibles de mesures précises, tels que réactions chimiques, propriétés physiques, dont les expériences de laboratoire ont permis l'étude rationnelle. — La publication d'un traité de chimie métallurgique résumant les travaux parus sur ce sujet dans ces vingt dernières années rendrait les plus grands services à l'industrie française.

La Société d'Encouragement propose pour de semblables publications un prix de 2 000 francs qu'elle se réserve de diviser. Il ne sera accordé de récompense qu'aux ouvrages d'un mérite réel dont les auteurs auront fait preuve d'une compétence spéciale sur les sujets qu'ils traitent.

Ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1894.

4° **Prix de 2000 francs** *pour une étude sur la dilatation, l'élasticité et la ténacité des pâtes et couvertes céramiques.*

Les différents produits céramiques présentent au point de vue de la solidité des qualités bien différentes. Les porcelaines et les grès peuvent être environ dix fois plus résistants que les terres cuites et faïences communes ; l'addition de fondant 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, 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 bien 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 1894.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

5° **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 1894.

6° **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 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 1894.

7° **Prix de 2 000 francs** *pour une étude scientifique des propriétés physiques et mécaniques des verres.*

La composition chimique des verres varie avec les usages auxquels ils sont destinés. Ce ne sont pas seulement la considération de l'abaissement du prix de revient d'une part, et celle de l'éclat, de la transparence, d'autre part, qui motivent ces variations de composition. Les conditions variées de travail et d'emploi du verre exigent des qualités également variées. D'une façon générale, le verre doit prendre une fluidité telle que l'affinage soit complet, le dégagement des bulles gazeuses parfaitement assuré. En outre, pour la gobeleterie, il faudra un verre restant longtemps malléable et pouvant se travailler jusqu'à une température relativement assez basse ; pour les bouteilles à champagne, il faut un verre résistant et peu altérable; pour les émaux, il faudra des verres ayant une élasticité considérable leur permettant de se prêter aux dilatations inégales des corps qui les supportent.

Ces diverses qualités sont susceptibles, les unes de mesures rigoureuses, les autres de mesures approchées dont la connaissance présenterait un intérêt incon-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

testable. 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 1894.

8° **Prix de 2 000 francs** *pour la découverte de procédés capables de fournir par des transformations chimiques quelconques, des espèces organiques utiles, telles que la quinine, le sucre de canne, etc.*

La chimie organique est en possession de doctrines et de méthodes pratiques au moyen desquelles on peut prévoir et réaliser la production, par voie de transformation, d'un grand nombre de substances. L'urée, l'huile d'amandes amères, l'huile volatile de reine-des-prés, l'alcool, l'acide des fourmis, les essences à odeur de fruit, etc., ont été reproduits au moyen de procédés certains, en partant de substances qui semblaient très éloignées de la composition de ces corps, et quelquefois avec autant d'économie que de facilité.

Il n'y a pas de limites à ces sortes de créations, ou plutôt de ces nouveaux arrangements. Aux yeux de la théorie, il n'y a pas de différence entre la production de l'urée et celle de l'indigo ou de la quinine, entre celle de l'acide formique ou de l'alcool et celle du sucre de canne.

Aux yeux de la pratique, il n'en est pas de même, et, tandis que les alcaloïdes artificiels connus demeurent presque tous d'un faible intérêt à ses yeux, la découverte de la quinine artificielle aurait un retentissement immense et rajeunirait la gloire de Pelletier et de Caventou.

La Société d'Encouragement, convaincue que les progrès de la chimie organique permettent d'aborder ces sortes de problèmes, ne craint pas d'engager les chimistes à s'en occuper; s'ils n'atteignent pas le but, ils seront du moins récompensés de leurs efforts par des résultats scientifiques nouveaux.

Elle fait remarquer, d'ailleurs, qu'il ne s'agit point de la découverte de procédés exploitables au point de vue commercial, mais de la découverte pure et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

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 1894.

9° **Prix de 2 000 francs** *pour la fabrication industrielle, en France, 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, pussent le tirer des fabriques nationales d'où ils tirent leurs autres produits.

La Société d'Encouragement a décidé qu'un prix de 2 000 francs serait décerné au fabricant qui produirait le premier, en France, l'acide fumant ou l'acide anhydre, par un procédé plus économique que ceux qui ont été appliqués jusqu'ici.

Ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1895.

10° **Prix de 2 000 francs** *pour de nouveaux progrès réalisés dans la fabrication du chlore.*

La fabrication de la soude suit, en ce moment, une grave transformation. Au procédé de Le Blanc tend à se substituer, de tous côtés, le procédé de fabrication qui repose sur la décomposition à froid du chlorure de sodium par le bicarbonate d'ammoniaque.

L'exploitation de ce procédé, tentée déjà à plusieurs reprises, et notamment en 1855, par MM. Schlœsing et Rolland, a, depuis quelques années, pris rang définitivement parmi les grandes industries chimiques, et, dès à présent, elle livre au commerce des quantités de sel de soude dont le prix de revient est, dans une large mesure, inférieur au prix de revient de la soude fabriquée par le procédé Le Blanc.

Cependant le développement de cette nouvelle industrie se trouve forcément limité par la nécessité, pour la fabrication des produits chimiques, de fournir aux arts non seulement le sodium, mais encore le chlore que le sel contient. En effet, tandis que, dans le procédé Le Blanc, le manufacturier, par la production du sulfate de soude et de l'acide chlorhydrique, utilise ces deux éléments, on voit, dans les procédés à l'ammoniaque, tout le chlore évacué à l'état de résidus et généralement sous la forme de chlorure de calcium. D'où résulte d'une façon nécessaire et dans une mesure fixée par les besoins du blanchiment, de la papeterie, etc., la conservation actuelle du procédé ancien en face du procédé nouveau.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

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 1895.

11° **Prix de 2000 francs** *pour la fabrication de grès cérames.*

Les poteries que Brongniart a désignées sous le nom de grès cérames présentent des propriétés précieuses, qui permettent de les employer à un grand nombre d'usages. Elles sont solides, dures, imperméables; elles peuvent être fabriquées sous de grandes dimensions, et elles se prêtent, dans l'industrie et dans les constructions, aux applications les plus variées et les plus utiles. La fabrication des grès cérames a été portée à un haut degré de perfection à l'étranger. Il serait désirable que les grès français pussent être obtenus dans des conditions de qualités et de prix qui leur permissent de lutter contre la concurrence étrangère.

La Société propose un prix de 2 000 francs, qui sera décerné au fabricant qui aurait satisfait à ces conditions.

Le prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1895.

12° **Prix de 2 000 francs** *pour la préparation industrielle de l'ozone et pour ses applications.*

Schönbein a constaté l'existence d'une modification de l'oxygène à laquelle il a donné le nom d'ozone.

Cette modification prend naissance, quand on électrise l'oxygène ou l'air; quand on dégage par certains procédés spéciaux l'oxygène des corps qui en contiennent; quand le phosphore, les essences et certains corps combustibles s'oxydent à froid, enfin quand l'air est agité par les orages ou modifié par l'action de végétaux vivants.

L'ozone possède, comme corps oxydant, une activité incomparable à celle du chlore. Il oxyde l'argent à froid ; il détruit instantanément une foule de substances

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

organiques; il décolore les matières colorantes; il brûle les miasmes, etc. Il aurait tous les avantages du chlore sans en avoir peut-être les inconvénients.

Si l'industrie avait à sa disposition un procédé qui lui permît de produire l'ozone avec économie et de le conserver ou de l'utiliser facilement, elle pourrait en tirer un parti avantageux; car, après avoir agi sur les matières organiques, par exemple, l'ozone ne laisse que des substances inertes, l'eau et l'acide carbonique. Le chlore donne, comme on sait, de l'acide chlorhydrique, dont il faut se débarrasser; de plus, il se substitue à l'hydrogène dans une foule de cas et crée ainsi des complications dont il faut tenir compte et que l'ozone ne fait jamais naître.

La Société est disposée, en conséquence, à favoriser tout effort tendant à produire l'ozone avec économie et facilité, et donnant les moyens de récolte et de conservation nécessaires pour que ce corps remarquable puisse être mis régulièrement à la disposition de l'industrie.

Le prix est proposé pour une solution complète du problème, mais la Société se réserve d'encourager toutes les tentatives sérieuses, soit de préparation, soit d'application.

Le prix sera décerné s'il y a lieu, en 1895.

13° **Prix de 1 000 francs** *pour la découverte d'un nouvel alliage utile aux arts.*

La plupart des alliages employés dans l'industrie sont connus depuis longtemps. Cependant de nouveaux métaux ont été découverts, et l'un d'eux, l'aluminium, a fourni un bronze doué de qualités extraordinaires dont les arts et les beaux-arts tireront un parti considérable, lorsque son prix de revient le rendra accessible aux emplois communs de la vie.

Le bronze d'aluminium, éminemment malléable et ductile, partage avec le fer et l'acier la propriété de se laisser forger à chaud et de pouvoir être soudé. Fusible à une température élevée, il se prête à tous les travaux de moulage. Il résiste mieux à l'air et aux agents d'oxydation que les bronzes ou laitons anciennement connus.

Pourquoi les métaux nouvellement connus ne seraient-ils pas susceptibles de fournir aussi des alliages doués de qualités spéciales dignes de l'attention de l'industrie? Ce sont des études à entreprendre et des essais à tenter : la Société, en les provoquant, tiendra compte, du reste, de tout travail exact, faisant connaître les propriétés des alliages anciens ou nouveaux, lors même que leurs auteurs n'auraient pas trouvé l'occasion de faire sortir de leurs recherches de nouvelles applications industrielles.

Le prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

14° **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 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 1895.

15° **Prix de 2 000 francs** *pour une étude scientifique d'un procédé industriel dont la théorie est encore imparfaitement connue.*

Un grand nombre d'industries se développent d'une façon purement empirique; les procédés permettant d'obtenir un résultat donné sont connus souvent bien longtemps avant qu'on ne soupçonne la nature ou l'enchaînement des phénomènes mis en jeu. Leur connaissance exacte présenterait pourtant un grand intérêt au point de vue industriel en réduisant le nombre des tâtonnements nécessaires pour arriver à réaliser de nouveaux perfectionnements.

La Société propose un prix de 2 000 francs pour le meilleur travail qui lui

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

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.

16° **Prix de 2 000 francs** *pour la fabrication courante d'un acier ou fer fondu doué de propriétés spéciales utiles, par l'incorporation d'un corps étranger.*

On sait par les recherches de Faraday que plusieurs métaux, le platine, le palladium, le chrome, etc., modifient les propriétés de l'acier, d'une façon notable dans le cas où ces métaux ne sont alliés au fer qu'en minime proportion.

Plus récemment, il a été constaté que les aciers sont rendus d'autant plus durs qu'ils renferment plus de tungstène. Leur ténacité statique s'accroît aussi; mais le métal devient plus aigre; il s'allonge moins. Les effets utiles ou nuisibles du manganèse sur l'acier ont été signalés également dans ces derniers temps. Mais il y a loin encore de ces indications plus ou moins vagues à une fabrication régulière et courante.

Cependant aujourd'hui que, grâce aux procédés Bessemer et Martin Siemens, l'emploi de l'acier et des fers fondus s'est considérablement élargi, l'attention se reporte de nouveau sur les travaux de Faraday. Il importe de connaître l'influence spéciale des métaux étrangers sur les propriétés du fer et de l'acier.

La Société d'Encouragement, désirant favoriser ces études, décernera un prix de 2 000 francs à celui qui fabriquera sur une large échelle, et qui aura fait accepter par les arts ou les ateliers de construction un fer fondu doué de propriétés spéciales par l'incorporation d'un corps étranger.

Le prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1896.

ARTS ÉCONOMIQUES

1° **Prix de 2000 francs** *pour l'invention de procédés nouveaux permettant d'utiliser le pétrole pesant au moins* 0,800 *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 1894.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2° **Prix de 3000 francs** *pour la présentation d'une substance pouvant remplacer complètement la gutta-percha dans l'un au moins de ses principaux usages ou pour un ensemble de travaux ayant contribué à développer la production ou à améliorer l'exploitation de cette gomme.*

La gutta-percha, dont l'introduction en Europe remonte seulement à l'année 1847, provient du suc laiteux d'un arbre qui ne se développe que dans la zone équatoriale, à une altitude restreinte et le plus souvent dans la presqu'île de Malacca et les îles de Sumatra et Bornéo. Son usage s'est rapidement répandu; elle a été utilisée pour l'isolement des fils électriques et a reçu les applications les plus diverses. Elle est absolument indispensable pour la construction des lignes télégraphiques sous-marines. Or la production de cette précieuse gomme qui est limitée par les conditions auxquelles est soumise la végétation des arbres d'où on l'extrait n'a pas suivi une progression en rapport avec le développement que prenaient ses applications. L'exploitation par les indigènes ayant été faite sans prévoyance, les arbres ont peu à peu disparu. La gutta-percha, de la qualité de celle qu'on pouvait se procurer à l'origine, la seule qui convienne pour les principales applications, fait aujourd'hui complètement défaut. Malgré une hausse considérable des prix, on ne trouve sur les lieux mêmes de production et le commerce ne peut fournir que des mélanges de gommes de qualité inférieure ayant la même apparence, mais qui ne sauraient remplacer la gutta-percha.

L'industrie des câbles sous-marins est celle qui souffre le plus de cette disette de bonnes guttas; on peut même craindre qu'elle ne soit complètement entravée.

Des ingénieurs et des savants ont été chargés de missions officielles ayant pour but d'étudier sur place les conditions de la production et les moyens de la développer, d'acclimater l'arbre à gutta-percha dans une colonie française. Ils sont arrivés à des résultats intéressants au point de vue de l'avenir; on ne saurait toutefois attendre une solution prochaine de ces recherches que le climat, la distance et l'organisation des pays propres à la culture des arbres à gutta-percha rendent très délicates, très difficiles et très pénibles.

Les inventeurs ont tenté, de leur côté, de substituer diverses substances à la gutta-percha, mais leurs essais n'ont donné que des résultats incertains ou n'ont pas été suffisamment prolongés.

La Société d'Encouragement avait depuis plusieurs années prévu cette fâcheuse situation. Se préoccupant de sauvegarder l'avenir, elle avait cherché à encourager l'étude de la question en proposant un prix de 3 000 francs qui n'a pu encore être décerné.

Elle maintient ce prix à son programme en donnant au concours une base plus large. Elle y admettra non seulement les constructeurs ou inventeurs qui

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

auront présenté une substance propre à remplacer la gutta-percha, dans l'une au moins de ses principales applications, et qui pourront établir sa valeur pratique par un essai prolongé, mais encore les savants et les explorateurs qui, par un ensemble de travaux bien conduits, seront parvenus à développer la production de la gutta-percha ou à améliorer et perfectionner son exploitation.

Ce prix sera donné, s'il y a lieu, en 1894.

3° **Prix de 2 000 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 des cheminées pouvait se répandre dans les planchers, dans les appartements, dans un autre corps de cheminée.

Le prix sera décerné en 1894 à l'inventeur qui aura réalisé des améliorations notables dans l'une ou l'autre de ces directions.

4° **Prix de 2000 francs** *pour la construction d'une essoreuse à effet continu.*

L'industrie des produits chimiques utilise avec grand profit les essoreuses à force centrifuge. Mais dans certains cas, notamment lorsqu'il s'agit d'opérer la séparation et le lavage de précipités, de cristaux, etc., des substances volatiles, l'alcool, la benzine, le chloroforme, etc., avec lesquels ces corps sont mélangés, l'emploi des appareils ordinaires devient très onéreux par suite des pertes occasionnées par la manipulation nécessaire pour retirer les matières solides du panier de l'appareil, ces matières conservant toujours une petite quantité du liquide volatil qu'il s'agissait d'extraire.

Une essoreuse dans laquelle les matières à séparer s'introduiraient d'une manière continue et qui permettrait de recueillir sans arrêt, d'une part, les substances essorées et de l'autre les liquides, réaliserait un grand progrès dans la séparation des matières industrielles.

Le prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

5° **Prix de 2000 francs** *pour un appareil ou procédé industriel qui permette de mesurer ou d'évaluer rapidement l'isolement des diverses parties d'une installation électrique en activité.*

Les industries électriques emploient depuis longtemps des instruments de formes variées pour déterminer les variations du potentiel aux sources des générateurs, l'intensité du courant et par suite le débit ou la quantité d'électricité produite. Des compteurs et le travail effectué servent à évaluer la consommation ou le rendement. Il est un autre élément qui a une grande importance, au double point de vue de l'économie et de la sécurité dans les exploitations : c'est l'isolement des conducteurs, des appareils et des masses métalliques qui entrent en jeu.

Les instruments dont on fait usage en télégraphie ou dans les recherches de précision pour mesurer les résistances d'isolement seraient trop encombrants, trop délicats ou d'un maniement trop lent. Les indications qu'on trouve dans les usines centrales les mieux outillées ne peuvent servir qu'à signaler un grave défaut lorsqu'il est souvent trop tard pour y remédier.

Un appareil ou un procédé industriel nouveau permettant de mesurer ou d'évaluer sûrement et rapidement le degré d'isolement des diverses parties d'une installation électrique en activité (machines, canalisations, transformations, organes divers) et d'en prendre les variations répondrait à un besoin réel. Il pourrait largement contribuer au développement et à la sécurité des industries électriques, s'il leur fournissait les moyens d'éviter des déperditions inutiles qui diminuent le rendement et d'écarter une cause de danger qui est grave dans les installations fonctionnant avec des courants à haute tension, surtout avec les courants alternatifs dont l'emploi tend à se répandre.

La Société d'Encouragement propose un prix de 2000 francs à décerner en 1895 pour l'étude de cette question qui intéresse particulièrement les entreprises d'éclairage électrique ou de transport de l'énergie par l'électricité.

6° **Prix de 3000 francs** *pour la purification des eaux potables.*

Le prix sera décerné à l'auteur de recherches d'ordre physique, chimique ou autre, qui l'auront amené à découvrir et appliquer, dans la pratique générale et domestique, le meilleur procédé de purification des eaux potables. Ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

1° **Prix de 2000 francs** *pour la meilleure étude sur la constitution physique et la composition chimique comparées des terrains d'une des régions naturelles (ou agricoles) de la France, par exemple, de la Brie, de la Beauce, du pays de Caux, etc., etc.*

Les cartes géologiques de détail que publie l'administration des mines indiquent non seulement les divers étages géologiques qui ont formé les terrains superficiels, mais les dépôts de limon quaternaire qui les recouvrent en certains points, sur une épaisseur plus ou moins grande, les dépôts meubles qui, provenant des précédents, sont venus s'accumuler sur les pentes ou former des alluvions au fond des vallées.

Ce sont de véritables cartes agronomiques qu'on pourrait rendre encore plus utiles aux agriculteurs en étudiant chacun de ces étages, d'un côté, par l'analyse dans le laboratoire, et, de l'autre, par des essais méthodiques d'engrais chimiques (engrais analyseurs, analyse du sol par les plantes) dans les champs.

Un petit nombre d'analyses faites sur des échantillons assez bien choisis, d'après les indications des cartes pour représenter le type de chacun de ces terrains, pourrait ainsi servir pour tous les champs désignés sur des cartes par la même teinte. Il faudrait employer pour ces analyses des méthodes qui permettent de donner aux agriculteurs des conseils pratiques sur l'emploi de l'acide phosphorique, de la potasse, etc., pour telle culture ou telle autre (par exemple, les méthodes indiquées par M. P. de Gasparin dans son *Traité de la détermination des terres arables dans le laboratoire*).

Dans les cas où il serait d'usage dans le pays d'employer de la marne ou de la chaux, il faudrait étudier aussi la composition chimique de ces amendements, leur action sur le sol, etc.

Le prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1894.

2° **Prix de 2000 francs** *relatif à la découverte de moyens pour reconnaître les falsifications du beurre.*

Le commerce du beurre a pris un développement considérable ; mais en même temps que la valeur de ces produits a augmenté, que leur commerce à l'intérieur et à l'extérieur a pris une grande extension, les falsifications dont ces matières peuvent être l'objet se sont multipliées. Elles se sont accrues au point que plusieurs conseils généraux des régions intéressées se sont émus des préjudices qu'elles causaient à notre agriculture et de l'atteinte qu'elles portaient à la bonne réputation de nos beurres sur les marchés étrangers. Les associations agricoles s'en sont préoccupées. Nous avons pensé que ce serait rendre un grand service au pays que de trouver des moyens faciles et expéditifs de découvrir les falsifications

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dont il s'agit. Le Comité d'agriculture a, en conséquence, proposée la mise au concours de la découverte de moyens pour reconnaître la falsification du beurre

Ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1894.

3° **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.

7° Les façons données au sol et l'assolement suivi.

8° Les fumures, — fumiers, — engrais complémentaires ou chimiques, quantité, — époque des applications.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

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 1894.

4° **Prix de 3 000 francs** *pour la reconstitution des vignobles sur les terrains calcaires-crayeux.*

Le phylloxera, depuis son apparition en France, a causé de grands dommages dans les vignobles des régions du Sud et du Sud-Ouest. Dans beaucoup de localités appartenant à ces régions, les vignes ont été complètement anéanties, mais grâce à divers cépages américains cultivés soit comme producteurs directs, soit comme porte-greffes pour les anciennes vignes françaises, on est parvenu, depuis quinze années, sur un assez grand nombre de points, à reconstituer des vignobles remarquables par leur vigueur et leur productivité. Toutefois ces excellents résultats n'ont pu être obtenus que sur des terrains argilo-siliceux, silico-argileux ou silico-calcaires, profonds et de bonne fertilité. Jusqu'à ce jour, c'est en vain qu'on a tenté de créer des vignobles sur les sols *calcaires crayeux à sous-sol crayeux*, à la place des vignes détruites par le phylloxera. C'est aussi sans succès qu'on a cherché à reconstituer les vignobles qui ont fait la richesse de la *Champagne* dans l'Angoumois, parce que leurs produits servaient à la fabrication de *l'eau-de-vie dite fine-Champagne*.

La Société d'Encouragement espère qu'un prix de 3 000 francs encouragera les tentatives dans cette voie. Elle se réserve de partager le prix ou de n'en accorder qu'une partie, suivant les mémoires qui lui seront adressés.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

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 1894.

5° **Prix de 2000 francs** *pour le repeuplement des rivières non navigables, ruisseaux et étangs, en poissons et écrevisses.*

Le prix sera décerné à celui qui indiquera le meilleur moyen et le plus économique de repeupler les eaux douces en poissons et écrevisses, qui en aura fait l'application et démontré la réussite.

Le prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1894.

6° **Prix de 2000 francs** *pour la meilleure étude sur l'agriculture et l'économie rurale d'une province ou d'un département.*

L'agriculture et l'économie rurale des diverses parties de la France présentent des différences dignes de remarque, provenant de causes locales encore peu connues. Il serait très utile de pouvoir comparer entre elles les méthodes ou systèmes qui y sont mis en pratique. Une série de monographies faisant connaître ce qui se passe dans chaque région agricole permettrait de faire ces rapprochements et contribuerait ainsi puissamment aux progrès de l'agriculture.

Quelques études de ce genre qui avaient été tentées ont engagé la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale à proposer un prix pour ce genre de recherches, et elle a pu décerner déjà des prix et des mentions honorables aux auteurs de remarquables monographies de ce genre. Ce succès l'a décidée à maintenir la question au concours. Elle propose donc de nouveau un prix de 2 000 francs pour la meilleure description de l'agriculture et de l'économie rurale d'une *région agricole*. L'étendue de cette région pourra embrasser une province entière ou se borner à un département; mais les investigations dont cette contrée sera l'objet devront être précises et détaillées, et faire connaître, aussi complètement que possible, les pratiques agricoles et surtout les méthodes d'économie rurale qui y sont employées. La valeur du prix ne sera délivrée qu'après que l'auteur aura fait imprimer le mémoire couronné.

Le prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1895.

7° **Prix de 3000 francs** *institué 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, mais encore pour développer le goût et le bouquet qui établissent de si grandes différences dans la valeur de ces produits.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

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 1895.

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 1894.

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 1894.

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 3 210 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 619 fr. 20 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, possédait 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 412 fr. 40.

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

1° Les modèles, mémoires, descriptions, renseignements, échantillons et pièces destinées à constater les droits des concurrents seront adressés franco de port au *Secrétariat de la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale, rue de Rennes*, 44. Ils devront être remis avant le 31 décembre de l'année précédant la distribution des prix : ce terme est de rigueur. Ainsi la clôture des concours pour 1894 est fixée au 31 décembre 1893.

2° Les procédés ou machines seront examinés par des commissaires que la Société désignera.

3° Les membres du Conseil d'administration sont exclus des concours.

4° Les autres membres de la Société sont admis à concourir ; les étrangers le sont également.

5° Les concurrents sont avertis que la communication qu'ils font à la Société de leurs procédés ne peut leur tenir lieu d'un brevet d'invention, et que, s'ils veulent prendre le brevet, il faut qu'ils le fassent avant de se présenter au concours.

6° Les brevets d'invention n'étant délivrés que sur la description détaillée des procédés, et chacun, d'après la loi du 5 juillet 1844, pouvant en prendre connaissance, la Société se réserve expressément la faculté de publier, en totalité ou en partie, les découvertes qui auront obtenu les prix et médailles, mais les concurrents ne pourront user de cette faculté sous quelque prétexte que ce soit.

7° Les auteurs jugés dignes d'une récompense, qui ne se seraient pas pourvus d'un brevet d'invention et qui désireraient garder le secret de leurs procédés. seront tenus d'en déposer sous cachet la description, dont l'exactitude sera attestée par un membre du comité compétent. La durée du dépôt ne pourra excéder quinze ans, à l'expiration desquels la description sera publiée.

8° La Société conservera les mémoires descriptifs et les dessins qui n'auront point été couronnés; mais elle permettra aux auteurs d'en prendre copie et elle leur rendra les modèles.

9° Les concurrents qui auraient traité plusieurs des questions mises au concours sont invités à envoyer des mémoires séparés sur chacune d'elles.

10° Les médailles ou les sommes seront remises à ceux qui auront obtenu les prix ou à leurs fondés de pouvoir.

LES PIÈCES DÉPOSÉES RESTENT LA PROPRIÉTÉ DE LA SOCIÉTÉ.

Le Gérant : J.-H. GINESTOU.

Paris. — Typ. Chamerot et Renouard, 19, rue des Saints-Pères. — 30221.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

92e ANNÉE. Quatrième Série, Tome VIII. JUILLET 1893.

BULLETIN

DE

LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

SÉANCE GÉNÉRALE DU 9 JUIN 1893

PRÉSIDENCE DE M. TISSERAND

PRÉSIDENT, CONSEILLER D'ÉTAT, DIRECTEUR DE L'AGRICULTURE

La Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale a procédé le 9 juin 1893, en séance générale, à la distribution des récompenses instituées par elle (prix et médailles).

Le fauteuil de la présidence était occupé par M. Tisserand, président de la Société. A ses côtés siégeaient : M. le colonel Pierre et M. Gustave Roy, vice-présidents ; MM. Collignon et Aimé Girard, secrétaires.

M. le président ouvre la séance et, dans un discours, il énumère les faits principaux qui se sont passés depuis la dernière séance générale consacrée à la distribution des récompenses.

Les récompenses sont ensuite distribuées.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

DISCOURS DU PRÉSIDENT

DISCOURS DE M. TISSERAND, CONSEILLER D'ÉTAT, DIRECTEUR DE L'AGRICULTURE, PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ

MESSIEURS ET CHERS COLLÈGUES,

Une pieuse tradition, que je me garderais d'oublier, oblige votre Président à compter, comme on le fait dans une armée après la bataille, ceux des membres de notre Société qui sont restés debout à leur poste de combat, à supputer les vides qui depuis un an se sont produits dans nos rangs et à rendre un nouvel et solennel hommage à ceux de nos collègues que nous avons eu le malheur de perdre!...

L'année dernière l'énumération de nos pertes avait été longue et douloureuse : sept membres du Conseil, et autant de membres correspondants avaient été enlevés à notre affection et à l'œuvre de progrès que nous poursuivons!...

Cette année, la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale a été moins éprouvée; la mort a fait moins de victimes parmi nous; puisqu'elle a frappé moitié moins de nos collègues! Ce serait une consolation si nos pertes n'étaient pas toujours trop grandes et toujours aussi douloureuses!

A notre dernière séance annuelle, je vous avais annoncé que M. le général Mengin-Lecreulx, membre de la Commission des fonds depuis 1873, nous avait envoyé sa démission quelques jours auparavant. « Son grand âge et ses infirmités ne lui permettaient plus, écrivait-il, de remplir ses fonctions. »

Je vous avais demandé de respecter la volonté du vieux soldat, mais de le rattacher au Conseil par les liens de l'honorariat.

Malheureusement la mort est venue le frapper peu de jours après; notre vénérable collègue aura eu toutefois la suprême consolation de voir, par l'assentiment unanime que vous aviez donné à mes paroles, son talent et ses services hautement appréciés par le Conseil.

Un autre de nos collègues qui occupait aussi un haut grade dans l'armée, M. l'amiral Paris, nous a été enlevé à peu de mois d'intervalle; né en 1806, il entra à quatorze ans dans la marine et fit pour ses débuts une campagne de circumnavigation. La nature de son esprit le porta bientôt vers l'étude

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des questions d'application de la vapeur à la marine de guerre : c'était l'époque où la marine préparait sa grande transformation. Il publia un dictionnaire de la marine à voile et de la marine à vapeur, ainsi qu'un essai estimé sur les constructions navales.

Ses travaux remarquables lui ouvrirent en 1863 les portes de l'Académie des sciences et, en 1876, vous l'avez appelé à siéger au Comité des Arts économiques.

Les liens puissants qui l'attachaient à la marine, le souci qu'il prenait de l'organisation et de l'administration du musée dont il était le Directeur absorbèrent, dans les dernières années, tous ses instants; ce musée était toute sa vie et, si nous ne l'avons pas vu dans nos réunions plus souvent, aussi souvent que nous l'eussions souhaité, c'est qu'il ne pouvait se détacher de ce musée dont les riches collections lui rappelaient sa jeunesse, sa carrière, ses goûts et les grandes gloires de la marine française !

Avec Henry Peligot a disparu parmi nous un nom cher à la Société et qui figura pendant près de soixante ans sur la liste des membres du Conseil.

Eugène Peligot était entré dans le Comité des Arts chimiques en 1836 et Henry Peligot en 1862, dans le Comité des Arts économiques ;

Le premier mourut le 15 avril 1890 après avoir parcouru la longue et brillante carrière que vous savez.

Henry Peligot le suivit de près dans la tombe, en octobre 1892 !...

D'un caractère bienveillant et sympathique, Henry Peligot était devenu l'ami de tous ses confrères : la rectitude de son jugement, l'indépendance de ses opinions donnaient à ses appréciations un prix que chacun recherchait : la Société lui doit plusieurs rapports sur des questions importantes qui resteront comme des documents précieux.

Vous vous rappelez la large, loyale et sympathique figure de M. Redier !... c'est le 30 décembre 1892 que ce collègue, aimé de tous, nous a été enlevé.

M. Redier faisait partie du Comité des Arts mécaniques depuis 1879.

Notre honorable et excellent collègue, M. le colonel Pierre, nous a tracé dans une notice touchante les détails de sa vie et je ne puis mieux faire que d'en rappeler ici les traits principaux.

Né en 1817 à Perpignan, Redier reçut de son père, qui était un petit horloger, une éducation virile et prit de bonne heure dans l'atelier paternel cette ardeur au travail qui ne s'est jamais démentie chez lui, et cette habileté de main qui devait faire de lui un mécanicien émérite.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Grâce à la protection d'Arago, il put venir tout jeune à Paris et entrer à l'École d'horlogerie. Il se signala bientôt par un rare esprit d'invention. Il construisit le réveille-matin et les petites pendules huitaines qui portent son nom. Puis, embrassant un horizon plus vaste, il s'occupa des appareils enregistreurs, conçut et fabriqua lui-même cette remarquable balance qui permet de suivre, de mesurer à chaque moment les variations de poids d'une plante pendant toute la période de son développement.

Cette belle découverte lui valut en 1877 la médaille d'or de la Société.

L'inventeur était doublé d'un patriote ardent : pendant le siège de 1870-71, il rendit d'importants services à la défense nationale en prenant une part active à la fabrication des fusils à aiguille et à la transformation de notre armement.

Telle était la fécondité de son esprit, qu'il put prendre vingt-sept brevets d'invention, et toutes ses inventions étaient empreintes d'une réelle originalité.

Redier avait obtenu, en 1878, un grand prix à l'Exposition universelle. La croix d'officier de la Légion d'honneur vint couronner ses succès.

Pendant les quatorze ans qu'il fut membre du Conseil, il se fit remarquer par son assiduité à nos séances, par la sûreté de ses appréciations et par l'extrême bienveillance de son caractère.

Redier, dont les inventions ont fait la fortune de bien des constructeurs et ont permis de créer une industrie qui fait la prospérité d'une commune entière (Saint-Nicolas-d'Allierman), est mort pauvre !...

« Je ne laisserai en mourant, disait-il naguère à notre collègue M. le colonel Pierre, pas d'autre richesse que mes onze enfants et mes seize petits-enfants !... »

Exemple réconfortant dans ce siècle d'assoiffement d'argent !... et qui rappelle les vertus antiques.

Nous devons être fiers, Messieurs, d'avoir possédé dans nos rangs un homme qui fut le fils de ses œuvres, qui vécut toujours par le travail et dans l'amour du travail enrichissant l'industrie et la science de découvertes fécondes et qui a donné au pays onze enfants élevés dans le culte du travail et de l'honneur, et occupant tous des positions honorables dans l'armée, dans le professorat, dans la médecine et dans l'industrie !...

Deux pertes cruelles se sont produites parmi nos correspondants ; celles

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de M. Hippolyte Boulenger, fabricant de faïence près de Choisy-le Roi (Seine) et de M. Mame, imprimeur-éditeur à Tours (Indre-et-Loire).

Devenu, bien jeune encore, propriétaire et directeur de la faïencerie de Choisy-le-Roi, M. Hippolyte Boulenger avait su faire de cette manufacture un établissement modèle; pendant près de trente années il en avait incessamment développé l'importance et l'avait enfin amené à prendre dans l'industrie céramique française une des premières places : procédés de fabrication, outillage, décors, tout avait été successivement perfectionné par lui en même temps qu'à ces perfectionnements industriels venaient se joindre de remarquables institutions de prévoyance et de secours qui l'ont fait bénir par ses ouvriers.

M. Mame, de Tours, laisse dans l'industrie typographique un nom impérissable. Chacun connaît l'énorme développement qu'il est parvenu à donner à la grande imprimerie d'Indre-et-Loire; chacun sait qu'à côté des volumes populaires du prix le plus modeste, on y voit se produire les ouvrages du plus grand prix et de la plus grande valeur artistique.

Chacun sait encore combien sont nombreuses et importantes les institutions d'épargne et de prévoyance créées par M. Mame, en faveur de ses ouvriers.

MM. Hippolyte Boulenger et Mame ont été à la fois des hommes de bien, de grands industriels et des bienfaiteurs; aussi leur perte a-t-elle été vivement ressentie par la Société.

Parmi les correspondants étrangers qui nous ont été enlevés, il nous faut citer :

M. Agudio, ingénieur constructeur à Turin, le doyen des correspondants étrangers du Comité des Arts mécaniques.

M. Von Rysselberghe, ingénieur électricien à *Saint-Jorre ten Noode* (Belgique), membre du Comité des Arts économiques.

M. Easton, ingénieur de la Société royale d'agriculture d'Angleterre, à Londres.

M. Lippens, membre du Parlement belge à Gand.

M. Alphonse de Candolle, à Genève.

Les trois derniers appartenaient au Comité d'Agriculture.

Chacun de ces noms, Messieurs, évoque en nous le souvenir de services éminents et de hautes positions occupées dans l'industrie et dans la science.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Je rappellerai enfin à vos regrets M. Charles Lorilleux, qui fut membre de notre Société et dont les importantes découvertes dans la fabrication des encres d'imprimerie sont bien connues.

Si la mort, Messieurs, nous enlève chaque année de savants et précieux collaborateurs, elle n'interrompt jamais notre œuvre.

Le travail est la loi de l'humanité comme le besoin du beau et du vrai est sa plus pure aspiration.

Les générations succèdent aux générations continuant les traditions, et la science plane au-dessus de la vie, animant ceux-ci de son souffle puissant et inspirant ceux-là en les poussant vers la recherche de la vérité.

Les découvertes de la veille préparent celles du jour et celles-ci, les recherches du lendemain, assurant la continuité indéfinie du progrès, suivant la pensée profonde de Leibnitz : « Le présent chargé du passé est gros de l'avenir. »

Cette continuité d'efforts et de travaux pour le plus grand bien de l'humanité, nous en avons, Messieurs, la preuve dans les travaux de notre Société, dans les communications qui nous ont été faites et dans les œuvres qui ont mérité vos récompenses.

Je voudrais, Messieurs, pouvoir m'étendre sur le mérite de chacun de nos lauréats ; vous tracer les longs et éminents services qui ont valu la grande médaille de la Société à M. Édouard Lecouteux, qui pendant plus de cinquante ans lutta pour la grande cause de l'agriculture comme publiciste, comme professeur et comme praticien.

M. Lecouteux ne fut pas seulement un écrivain distingué, il ne produisit pas seulement des ouvrages agricoles devenus classiques, il ne propagea pas seulement les saines doctrines de l'agronomie par la parole dans les chaires qu'il a occupées à l'Institut agronomique et au Conservatoire des arts et métiers, il a joint l'exemple au précepte, il a mis en valeur et cultivé un vaste domaine au cœur de la Sologne, en montrant aux cultivateurs de cette contrée comment on peut et doit exploiter les terrains incultes et marécageux et en indiquant la juste part qu'il faut faire à la culture intensive et à la culture extensive.

En lui attribuant sa grande médaille, la Société d'Encouragement a récompensé un puissant initiateur et une longue vie de travail et de dévouement à la cause agricole !

Vous savez, Messieurs, avec quelle sollicitude notre Société s'occupe de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la situation des ouvriers mineurs si souvent menacés par les terribles explosions qui viennent périodiquement jeter le deuil dans de nombreuses familles.

Elle avait mis au concours un prix de 3000 francs pour le perfectionnement de l'aérage des mines.

M. Murgues, ingénieur de la Compagnie houillère de Bessèges, dans l'excellent mémoire qu'il nous a présenté, a rendu compte d'une foule d'expériences relatives au mouvement des fluides, sujet sur lequel on n'avait jusqu'ici que des données expérimentales insuffisantes.

Son travail jette un grand jour sur une question pratique dont les lacunes étaient vivement senties par les ingénieurs.

En décernant le prix de 3000 francs à M. Murgues, vous récompensez comme il le mérite un chercheur distingué, en même temps que vous rendez un nouveau service à l'industrie minière.

Votre Comité d'Agriculture vous a signalé les remarquables travaux de deux jeunes savants, MM. Kayser et A.-Charles Girard, tous deux sortis de l'Institut agronomique et appartenant maintenant au personnel d'élite de ce grand établissement. Vous les avez jugés l'un et l'autre dignes de vos récompenses.

Appliquant à l'étude des levures du vin, du cidre et de la bière les conceptions lumineuses de notre illustre collègue, M. Pasteur, le jeune chef du laboratoire des fermentations de l'Institut agronomique a obtenu des levures donnant au vin des qualités de bouquet et de finesse inhérentes à leur nature et pouvant servir à améliorer les crus ordinaires.

M. Kayser, poursuivant ses recherches avec une méthode d'une sûreté remarquable, a découvert encore des levures qui par leur aptitude à faire fermenter les moûts à des températures élevées, sont appelées à rendre de grands services dans les pays chauds comme l'Algérie et la Tunisie, où la vinification est si difficile à obtenir d'une façon régulière ; il y a là une mine précieuse à exploiter dans l'intérêt de notre vignoble algérien et une source d'application de grande valeur à faire partout.

M. Charles Girard, chef des travaux chimiques à l'Institut agronomique, s'est occupé d'une question dont il n'entrevoyait certainement pas l'importance, ni l'actualité, quand il a entrepris ses recherches. Se préoccupant d'accroître les ressources alimentaires du bétail, le jeune chimiste a fait l'analyse des feuilles de nos principales essences forestières, établi leur valeur alimentaire et fait des recherches sur les moyens pratiques de les uti-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

liser et de les conserver. Le travail dans lequel il a condensé le résultat de ses travaux est très bien fait et fait ressortir l'énorme quantité de fourrage d'excellente qualité qu'on pourrait tirer des arbres de nos cultures et de nos forêts pour l'alimentation de nos bestiaux!

Dans une période de disette de fourrages comme celle que nous traversons actuellement, les études de M. Charles Girard présentent un intérêt de premier ordre; les cultivateurs qui mettront à profit les renseignements et les conseils du jeune agronome sauveront leur bétail menacé.

L'agriculture et la viticulture applaudiront certainement aux justes récompenses que vous avez accordées à MM. Kayser et à Charles Girard.

Je voudrais pouvoir m'étendre encore sur le mérite de nos autres lauréats; je voudrais surtout glorifier ces vaillants et laborieux auxiliaires des patrons qui ne sont pas seulement des vétérans du travail, mais des hommes d'élite dans leur profession, avec lesquels les problèmes sociaux seraient vite et facilement résolus.

Je voudrais pouvoir vous entretenir de la longue carrière toute de dévouement de M^lle^ Floris, à laquelle a été attribué le prix Fourcade...

Mais je craindrais de lasser votre patience et je ne veux pas faire attendre plus longtemps la proclamation des récompenses que vous avez hâte d'entendre.

Messieurs les rapporteurs vous diront d'ailleurs, mieux que je ne pourrais le faire, les travaux et les services de nos lauréats.

Je dois toutefois, avant de finir, remercier, au nom de la Société, MM. Émile Damour, Lindet, Ringelmann, Dybowski, le courageux explorateur de l'Afrique centrale, qui nous ont fait de si intéressantes conférences sur leurs recherches et leurs observations. Vous les applaudirez par un juste sentiment de reconnaissance, quand ils viendront recevoir la médaille commémorative que le Conseil leur a décernée.

L'année dernière, mes chers collègues, vous vous étiez justement préoccupés du désir d'accroître les ressources disponibles de la Société de façon à pouvoir récompenser tous les mérites qui sont signalés.

Le Conseil, assisté de votre très zélée Commission des Fonds, a pu réaliser ce désir. La Société pourra donc à l'avenir accroître le nombre et l'impor-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tance de ses récompenses, porter ses encouragements dans toutes les branches des sciences, des arts, de l'industrie et de l'agriculture, et poursuivre ainsi l'œuvre de progrès et d'initiation que lui ont assignée ses illustres fondateurs dans l'intérêt de la prospérité et de la grandeur de la Patrie française.

GRANDE MÉDAILLE D'AGRICULTURE.

RAPPORT *fait par* M. HEUZÉ, *sur les* TITRES DE M. LECOUTEUX A LA GRANDE MÉDAILLE DITE DE THÉNARD.

Votre Comité d'Agriculture a cette année une bien douce mission à remplir. C'est à lui, en effet, que revient, en 1893, l'honneur d'attribuer pour la troisième fois la *grande médaille d'or* que les divers comités sont chargés successivement de décerner.

La première médaille attribuée à l'agriculture a été décernée en 1878 à l'illustre Boussingault, pour ses remarquables travaux, et la seconde, à M. Gaston Bazille, en 1887, pour ses études sur les vignes américaines et sur leur pouvoir de résister aux attaques du phylloxera. Aujourd'hui, votre Comité d'Agriculture vous propose de décerner cette haute récompense à M. Édouard Lecouteux, propriétaire-agriculteur à la Motte-Beuvron (Loir-et-Cher), professeur au Conservatoire des arts et métiers, membre de la Société nationale d'agriculture de France, membre du Conseil supérieur de l'agriculture et rédacteur en chef du *Journal d'Agriculture pratique*.

M. Lecouteux naquit à Créteil (Seine), le 19 août 1819, d'une famille de cultivateurs. Après avoir terminé ses études universitaires, il alla s'asseoir sur les bancs de l'école d'agriculture de Grignon. Sorti le premier de sa promotion, il fut nommé répétiteur à Grignon, mais il ne conserva cette fonction que pendant une année. Après avoir régi divers grands domaines dans le Piémont, il dirigea les cultures des colonies de Clairvaux, de Fontevrault et de Mettray durant trois années. En 1848, il devint directeur des cultures de l'Institut agronomique qui venait d'être fondé à Versailles.

C'est en 1866 que lui furent confiées des fonctions de rédacteur en chef du *Journal d'Agriculture pratique*. En 1876, il fut nommé professeur d'Économie rurale, à l'Institut agronomique, lorsque cet établissement fut réorganisé à Paris et, en 1881, professeur d'agriculture au Conservatoire des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

arts et métiers. Il avait été élu en 1861 membre de la Société nationale d'agriculture de France dans la Section de grande culture, en remplacement de M. Tiburce Crespel.

Son séjour en Italie lui avait été très utile. Doué d'un grand esprit d'observation et d'un jugement droit, il avait recueilli des faits nombreux et intéressants sur les terrains, les climats, les procédés culturaux et les nombreuses solutions que comporte le problème agricole suivant le milieu économique. Aussi, est-ce riche de savoir et d'expérience qu'il était revenu en France, après quatre années d'absence.

C'est alors qu'il fut appelé par M. le comte de Gasparin à la direction des cultures de l'Institut national agronomique de Versailles. Le poste était difficile; il fallait être à la fois un administrateur habile, un agriculteur versé dans toutes les branches de l'économie rurale. Mais le jeune agronome était à la hauteur de la situation. Le domaine de 1 500 hectares, confié à son habile administration, eût été entre ses mains un admirable champ d'expériences si on lui eût laissé le temps de l'organiser; malheureusement l'Institut agronomique de Versailles fut supprimé en 1851.

Rendu à lui-même après la fermeture de cette première école supérieure d'agriculture, M. Lecouteux ne se contenta pas de continuer et de perfectionner ses études théoriques; il voulait que les théories fussent confirmées par la pratique, et c'est pour cela qu'en 1857 il acheta en Sologne une propriété de 622 hectares. Le but qu'il se proposa par cette acquisition fut de mettre en culture un terrain désert, de transformer une vaste lande en une terre productive et couverte de belles moissons. Pour rendre verdoyantes les terres sur lesquelles la bruyère seule végétait, il lui a fallu faire preuve de patience, de connaissances pratiques étendues et d'une persévérance inébranlable. Il aurait pu, en faisant de fortes avances au sol, marcher plus vite dans la voie où il s'était engagé; mais, dans sa pensée, la culture améliorante doit compter avec le temps et être dirigée avec prudence pour que l'entreprise se solde en bénéfice; il persista donc dans ses vues avec une fermeté qu'il puisait dans la conviction d'être utile à l'agriculture des contrées où de grandes conquêtes sont encore à faire sur la nature. La relation pleine d'intérêt et si riche de faits qu'il a publiée récemment sur ses trente-cinq années de pratique, d'expériences et d'observations en Sologne, est très instructive à lire; elle montre bien les difficultés que doit vaincre le cultivateur aux prises avec l'ingratitude du sol et l'inclémence des saisons dans une contrée où la terre est encore peu fertile. C'est donc avec vérité qu'on peu dire de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Lecouteux, qu'il s'est voué avec un grand zèle et un succès incontestable à la régénération de la Sologne. Les travaux qu'il y a accomplis peuvent servir d'exemple aux agriculteurs appelés à mettre en valeur des terrains pauvres.

Alex. Bixio, le fondateur du *Journal d'Agriculture pratique*, avait su grouper autour de lui tous ceux qui avaient à cœur de propager l'instruction professionnelle à tous les degrés. M. Lecouteux ne pouvait manquer de prendre sa place au milieu de tous ces hommes dévoués à l'agriculture, et de s'inspirer de leurs sentiments. Il regrettait depuis longtemps de voir les agriculteurs privés de tout lien qui les unît entre eux, et il songeait à les arracher à l'isolement pour les rendre forts par l'association et par la discussion de leurs intérêts généraux.

L'Exposition universelle de 1867 lui donna l'occasion de réaliser ce projet. Les machines agricoles avaient été reléguées à l'île de Billancourt, et c'est sur cet espace restreint que devaient être essayés les appareils de labourage à vapeur alors peu connus en France. Pour instituer des expériences dans des conditions véritablement pratiques et utiles, M. Lecouteux fit appel aux agriculteurs et réunit en quelques semaines une somme de plus de 12 000 fr. qui lui permit d'organiser à Petit-Bourg, avec le concours actif et dévoué de MM. Maurice Bixio et Ronna, les mémorables expériences internationales de labourage par machines à vapeur et par charrues à labours profonds. C'est là qu'il jeta les bases de la Société des agriculteurs de France. « La France, disait-il aux cultivateurs rassemblés à Petit-Bourg, est le pays des grandes centralisations, le pays où ce qui est groupé écrase ce qui ne l'est pas, le pays où les forces disciplinées l'emportent sur les forces purement numériques comme celle de nos 25 millions de cultivateurs, et dans cet état de choses, vouloir que l'agriculture reste sans union, c'est vouloir qu'elle reste sans force. » Et il ajoutait : « Puisse votre union engendrer bientôt la Société des agriculteurs de France, destinée à solidariser des intérêts que le régime de l'isolement a condamnés jusqu'ici à l'antagonisme. »

Six mois après, la Société des agriculteurs de France, qui a pris bien vite l'importance et le développement que l'on sait, était régulièrement constituée par une première assemblée générale de 800 membres.

Dans le champ de la pratique agricole, M. Lecouteux a rendu encore à l'agriculture un très grand service en propageant l'ensilage des fourrages verts. Proposée en 1870 pour remédier aux effets désastreux d'une sécheresse dont l'année actuelle nous offre malheureusement un nouvel exemple,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cette méthode de conservation des fourrages est maintenant, grâce à lui, appliquée partout chaque année.

M. Lecouteux ne se borne pas chaque semaine à prendre la défense des intérêts de l'agriculture, à se faire l'infatigable propagateur des progrès agricoles; il est l'auteur d'ouvrages importants dont quelques-uns sont depuis longtemps classiques. Ses *Principes de la culture améliorante* ont eu quatre éditions et ont été traduits en plusieurs langues. Il faut citer encore parmi ses livres : le *Traité des entreprises de grande culture ;* le *Cours d'économie rurale* qu'il a professé à l'Institut agronomique, leçons que les élèves attentifs écoutaient avec intérêt; la *Culture intensive et extensive du blé;* la *Culture et l'ensilage du maïs;* l'*Agriculture à grands rendements,* etc. Tous ses écrits sont inspirés par cette pensée que la prospérité de l'agriculture fait la puissance et la richesse d'un pays.

Ce que votre rapporteur tient particulièrement à mettre en relief, c'est l'admirable unité de cette existence consacrée tout entière à l'agriculture. M. Lecouteux a servi l'agriculture avec éclat pendant plus de cinquante années, sans un seul instant de défaillance ; il l'a servie sur le terrain, en praticien rompu à toutes les difficultés du métier; il l'a servie par ses livres qui ont tant contribué à l'instruction de nos cultivateurs ; il l'a servie par son enseignement à l'Institut national agronomique et au Conservatoire des arts et métiers ; il l'a servie enfin dans le *Journal d'Agriculture pratique* dont il est le rédacteur en chef depuis vingt-sept ans. Nous ne croyons pas qu'il y ait en France d'autre exemple d'une carrière d'agriculteur-publiciste aussi bien remplie que la sienne.

La Société est heureuse de témoigner à M. Lecouteux en quel degré d'estime elle tient tout à la fois sa personne et son œuvre, en lui décernant la grande médaille d'or.

Signé : HEUZÉ, *rapporteur.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PRIX FOURCADE

RAPPORT *fait par* M. AIMÉ GIRARD, *au nom du Comité des Arts chimiques sur le* PRIX FOURCADE, FONDÉ PAR LES EXPOSANTS DE LA CLASSE 47, A L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1878, POUR LES OUVRIERS DES FABRIQUES DE PRODUITS CHIMIQUES.

Prix de 1 000 francs.

C'est à M^lle^ Floris (Marie-Joseph), ouvrière attachée à la manufacture de parfums de M. Chiris, à Grasse (département des Alpes-Maritimes), que la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale décerne, en 1893, le prix fondé par les exposants de la classe 47 à l'Exposition universelle de 1878, en faveur de l'ouvrier ayant le plus grand nombre d'années consécutives de service dans la même maison. Ce prix, dont récemment une libéralité testamentaire de M. Fourcade a permis de porter la valeur annuelle à 1000 francs, sera dorénavant, pour rappeler le nom de celui qui en a eu l'initiative et en a augmenté la valeur, désigné sous le nom de prix Fourcade.

Douze candidats se sont présentés cette année pour concourir au prix Fourcade. Tous, mais à des degrés divers, ont apporté à ce concours des mérites bien dignes d'attention ; parmi ces mérites, ceux de M^lle^ Floris ont paru à la Société se distinguer par une indiscutable supériorité.

M^lle^ Floris est née à Grasse, en 1828, elle a aujourd'hui 65 ans, et depuis 1842, c'est-à-dire depuis 51 ans, elle n'a pas quitté la manufacture de parfums que dirige actuellement M. Chiris.

De toutes les industries chimiques, celle qui pour but se propose l'extraction des parfums que contiennent les fleurs, les feuilles, les fruits et même certains bois, est certainement l'une des plus élégantes et en même temps l'une des plus délicates.

Pour le travail de l'enfleurage surtout, il faut au manufacturier des matières premières, des graisses d'une pureté irréprochable, et c'est une opération particulièrement difficile et méticuleuse que celle qui consiste dans l'épuration et l'appropriation de ces matières premières.

A 14 ans, en 1842, M^lle^ Floris entrait comme petite ouvrière dans l'atelier de la manufacture Chiris où cette épuration et cette appropriation se poursuivent. Son salaire était alors bien modeste, il ne dépassait pas 0 fr. 80 par jour, et c'est dans cet atelier encore que nous la retrouvons aujourd'hui.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Peu à peu, elle a acquis dans l'art d'épurer les matières grasses destinées à l'absorption des parfums, une habileté, une compétence toutes spéciales, et tout en travaillant encore comme ses compagnes, comme ses élèves, c'est à elle aujourd'hui qu'appartient la direction de l'atelier.

Très fidèle, très dévouée, assidue à ses devoirs, d'un caractère aimable et doux, d'une tenue irréprochable, Mlle Floris a su acquérir sur son personnel une grande influence.

Pendant la plus grande partie de sa vie enfin, et au fur et à mesure que s'élevait son salaire, elle a été le soutien de sa famille.

Ses qualités privées, en un mot, comme ses mérites techniques, comme aussi la longue durée des services ininterrompus qu'elle a rendus et qu'elle rend encore à l'industrie chimique de l'extraction des parfums, lui ont fait, sans hésitation, attribuer par la Société le premier rang parmi les douze concurrents au prix Fourcade.

La Société, en décernant ce prix pour 1893 à Mlle Floris, est heureuse de récompenser toute une vie de travail, de bonne conduite et de dévoûment aux devoirs professionnels.

Signé : Aimé Girard, *rapporteur*.

PRIX MELSENS

Rapport *fait par* M. le général Sebert, *au nom du Comité des Arts économiques, sur les* titres de M. Gustave Trouvé au prix fondé par Mme Vve Melsens.

Prix de 500 francs.

Pour la seconde fois, la Société d'Encouragement doit distribuer le prix fondé par Mme Vve Melsens en mémoire de son mari, notre regretté correspondant pour la Belgique.

Ce prix doit être attribué à une application de la physique ou de la chimie, à l'électricité, à la balistique ou à l'hygiène, sciences qui ont été l'objet des études spéciales de M. Melsens.

La Société le décerne cette année à M. Gustave Trouvé pour l'ensemble de ses travaux sur les applications de l'électricité.

Ce choix a à peine besoin d'être justifié. Les nombreux travaux et les multiples inventions de M. Trouvé sont trop connus pour qu'il soit néces-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

saire de les rappeler en détail, et il suffira de mentionner sommairement ceux qui rentrent dans les catégories que le programme du prix Melsens a eues spécialement en vue.

Dans cet ordre d'idées, nous signalerons les perfectionnements qu'il a apportés aux piles de divers types et surtout aux piles portatives, pour les appliquer à l'éclairage électrique, aux usages médicaux et aux services militaires; la série des appareils médicaux qu'il a créés, et notamment ses divers types d'appareils d'électrothérapie et d'appareils d'induction, sa trousse médicale, ses électrodes spéciales, ses appareils galvanocaustiques, etc.

Dans la série des applications à l'éclairage électrique, et sans parler des appareils pour l'usage domestique, des bijoux lumineux, ni même des fontaines jaillissantes que M. Trouvé a établies dans des conditions si ingénieuses, nous rappellerons les photophores électriques qu'il a réalisés, de concert avec M. le Dr Hellot, et qu'il a appliqués à des usages multiples, l'appareil d'éclairage des liquides à culture microbienne, les lampes électriques universelles de sûreté, dont les modèles spéciaux appropriés aux besoins des services civils et militaires ont reçu de nombreuses applications.

Nous citerons encore les lampes sous-marines, les appareils photophores et les polyscopes électriques destinés à l'éclairage des cavités du corps humain, et qui ont été appliqués également à l'exploration intérieure des projectiles et des bouches à feu de l'artillerie, à l'éclairage des hausses lumineuses.

Nous mentionnerons enfin ses explorateurs-extracteurs pour le sondage des plaies dues aux armes à feu, ses appareils de mise de feu électriques et ses appareils complets de télégraphie militaire.

M. Trouvé est un travailleur infatigable, qui a exploré d'innombrables sujets parmi ceux qui s'offrent à l'activité humaine; c'est un chercheur toujours en éveil et toujours prêt à mettre son esprit ingénieux au service de ceux qui viennent lui poser un problème dont la solution peut intéresser l'humanité ou la grandeur du pays.

La distinction que lui accorde aujourd'hui la Société d'Encouragement ne sera qu'une faible récompense pour les services qu'il a rendus.

Signé : Général Sebert, *rapporteur.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PRIX DES ARTS MÉCANIQUES

RAPPORT *fait par* M. HATON DE LA GOUPILLIÈRE, *au nom de la Commission chargée par le Comité des Arts mécaniques de l'étude du* PRIX RELATIF A L'AÉRAGE DES MINES.

Prix de 3000 francs.

MESSIEURS,

La Société d'Encouragement a proposé, en vue du concours de 1893, un prix de 3000 francs pour le perfectionnement de l'aérage mécanique des mines. Un seul concurrent s'est présenté. Son nom seul était à l'avance une garantie suffisante. M. Murgue, ingénieur de la Compagnie houillère de Bessèges, s'est, en effet, acquis depuis longtemps une réputation universelle dans cet ordre de problèmes. Il nous présente en premier lieu la collection de ses ouvrages imprimés, qui ont successivement apporté la lumière dans les questions si obscures de l'aérage mécanique des mines. Il rajeunit en outre cet envoi par la rédaction, faite spécialement en vue du concours ouvert par vous, d'un ensemble très important d'expériences qu'il a entreprises pour fournir à la pratique des travaux souterrains les valeurs numériques des coefficients de résistance relatifs aux diverses sortes de revêtements des galeries et aux circonstances variables des parcours, valeurs qui manquaient presque totalement jusqu'à ce jour.

L'auteur commence par rendre hommage à la libéralité avec laquelle la Société houillère de Bessèges a mis à sa disposition les moyens d'action nécessaires. Votre rapporteur n'omettra pas cette occasion de rappeler que cette puissante et savante Compagnie est, en effet, de celles qui se tiennent toujours en tête de tous les progrès.

Les expériences ont été instituées par M. Murgue avec un soin extrême, une grande intelligence des conditions de succès et une précision remarquable dans les résultats. Elles ont fourni une série graduée de coefficients de résistance relatifs aux galeries à parois nues, voûtées ou cadrées en bois; aux parcours rectilignes, infléchis ou sinueux; aux sections restreintes, normales ou grandes.

En outre, un atlas composé de quinze belles planches fournit la représentation des appareils employés, les profils comparés d'égale perte de charge

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

suivant les divers modes de revêtements, et une douzaine de tableaux très intéressants de courbes d'égale vitesse pour des sections variées.

Cet ensemble est remarquable par le talent et la somme de travail dont il témoigne, ainsi que par l'utilité marquée des résultats. Votre Comité des Arts mécaniques a été unanime à vous proposer de décerner à M. Murgue le prix de 3000 francs.

Signé : HATON DE LA GOUPILLIÈRE, *rapporteur.*

PRIX DES ARTS MÉCANIQUES

RAPPORT *fait par* M. HIRSCH, *au nom du Comité des Arts mécaniques, sur le* CONCOURS RELATIF A UNE ÉTUDE DES COEFFICIENTS NÉCESSAIRES AU CALCUL D'UNE MACHINE AÉRIENNE.

Prix de 2000 francs.

Le programme proposé était le suivant :

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 la 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 1893.

Plusieurs concurrents se sont présentés pour ce prix; la plupart des travaux produits constituent des études importantes, dénotant des connaissances étendues. Malheureusement, ce sont les développements mathématiques qui occupent la place la plus importante dans ces mémoires; et ces développements diffèrent, aussi bien comme point de départ que comme résultats. Dans les pièces de ce concours, on trouve une preuve évidente de l'incertitude complète qui règne encore aujourd'hui sur les valeurs que prend la résistance de l'air, dans les diverses conditions intéressant la navigation aérienne; c'est la base même des calculs qui fait défaut.

Or, le but que poursuit la Société en proposant le prix en question est précisément d'établir enfin la science aéronautique sur des bases solides, que l'expérience seule peut procurer. Les concurrents ont passé à côté de ce

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

but, et ont préféré battre les buissons au hasard du calcul et des hypothèses.

Le programme proposé était cependant fort explicite : il spécifiait notamment que les études présentées au concours devaient avoir un caractère *essentiellement expérimental*, que les calculs ne devaient rien comporter d'hypothétique.

En conséquence, si ingénieuses que puissent être les considérations mathématiques et autres qui ont été présentées, le Conseil a dû les écarter, comme ne répondant nullement à la donnée fondamentale du programme.

Un seul concurrent est entré bien franchement dans la voie indiquée : c'est M. l'abbé *Le Dantec*, à Tréguier (Côtes-du-Nord).

A l'aide d'un appareil construit en grande partie de ses propres mains, et en usant des faibles ressources dont il disposait, il a essayé de mesurer expérimentalement quelques-uns des coefficients; sans doute, ces expériences sont loin d'être complètes et précises; l'appareil et la méthode ont besoin d'être perfectionnés. Mais il a paru que le mémoire dont il s'agit se distingue nettement de ceux présentés par les autres concurrents, et qu'il rentre bien dans les conditions fixées par le programme.

C'est pourquoi la Société attribue à M. l'abbé Le Dantec, à titre d'encouragement, une somme de *cinq cents francs*, prélevée sur le prix de 2000 francs pour l'étude des coefficients nécessaires au calcul d'une machine aérienne.

Signé : J. HIRSCH, *rapporteur.*

PRIX DES ARTS ÉCONOMIQUES

RAPPORT *fait par* M. BARDY, *au nom du Comité des Arts économiques, sur le* PRIX PROPOSÉ POUR L'INVENTION DE PROCÉDÉS NOUVEAUX PERMETTANT D'UTILISER LE PÉTROLE AVANTAGEUSEMENT ET SANS DANGER, SOIT DANS L'INDUSTRIE, SOIT DANS L'ÉCONOMIE DOMESTIQUE.

Prix de 2000 francs.

Le pétrole brut se présente ordinairement sous la forme d'une huile brune, dichroïque, sa densité varie suivant les lieux d'origine; elle est ordinairement comprise entre 0,780 et 0,920.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il est constitué par un mélange à proportions variables d'hydrocarbures homologues du gaz des marais.

Tous ces hydrocarbures sont caractérisés par une très grande indifférence chimique : les uns sont gazeux à la température ordinaire, les autres ont des points d'ébullition plus ou moins élevés, certains bouillent à une température supérieure à 300° centigrades.

Suivant l'état physique qu'ils affectent : densité, viscosité, inflammabilité, point de vaporisation ou de solidification, etc., l'industrie les utilise à des usages spéciaux.

Avant de servir aux divers emplois industriels, le pétrole brut subit l'opération du raffinage qui classe les divers carbures en différentes catégories, dont le point d'ébullition va en croissant.

Ce sont d'abord les gaz incondensables à la température ambiante qui, liquéfiés par refroidissement ou par pression, servent dans l'industrie à l'extraction des parfums, à la fabrication de la glace, etc. ;

Les carbures très volatils, désignés sous les noms d'éther de pétrole, de gazoline, etc., qui sont employés pour la production de l'air carburé, des essences de dégraissage, la fabrication des vernis, de la peinture, etc. ;

Les carbures non inflammables au-dessus de + 35° centigrades, utilisés comme huiles d'éclairage, soit pour l'usage domestique, soit pour des emplois spéciaux : navires, chemins de fer, etc. ;

Les huiles à point d'ébullition élevé et de consistance visqueuse, employées au graissage ;

Enfin les matières épaisses ou solides : vaseline pour parfumerie ou pharmacie, paraffine et goudrons.

Ces divers produits, extrêmement riches en carbone, sont des sources précieuses de lumière et de chaleur.

Il y a une trentaine d'années, l'industrie du pétrole était inconnue en France ; les classes pauvres n'avaient à leur disposition comme succédané des huiles végétales d'éclairage que les produits extraits des schistes, mal raffinés, dont l'odeur forte limitait considérablement l'emploi.

Le développement de l'industrie du pétrole date de 1859 ; c'est à cette époque que remonte l'existence des premiers puits d'extraction d'huile brute forés en Amérique. Le territoire de la Pensylvanie fournit en cette année 82000 barils (de 160 litres environ), puis, peu à peu, à la suite des fortunes colossales qui s'édifièrent, une véritable fièvre se déclara : on fora des puits de tous côtés, des villes se créèrent, et la production atteignit un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

chiffre colossal : en 1869, elle atteignait 4210700 barils; en 1879, 19741661 barils; en 1889, elle était arrivée à 21600000 barils, après avoir atteint un maximum de 31059165 barils en 1883.

D'un autre côté, des gisements considérables de pétrole étaient exploités dans le Caucase, et un nouvel appoint de plus de 2500000000 kilos d'huile se trouvait apporté aux diverses applications industrielles qui n'avaient pas tardé à surgir pour l'utilisation de ces précieuses substances.

Malheureusement, à côté des services très grands que ces hydrocarbures naturels rendent à l'industrie, viennent se placer des inconvénients graves résultant des dangers d'incendie — et souvent même d'explosion — que la volatilité relativement grande des huiles commerciales peut occasionner lorsqu'elles sont utilisées, soit dans des appareils défectueux, soit par des mains inhabiles ou inexpérimentées.

Frappé de ces inconvénients, le Comité des Arts économiques a institué un prix de 2000 francs dans le but « de perfectionner les appareils à l'aide desquels on emploie le pétrole, 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. Ce prix doit être accordé à l'inventeur qui, dans ce double ordre d'idées, aura réalisé les plus grands progrès. »

Parmi les mémoires présentés, le Comité des Arts économiques a retenu celui remis par M. le Dr Paquelin, contenant l'énumération de l'ensemble de ses travaux relatifs à l'utilisation de l'essence de pétrole.

M. le Dr Paquelin est bien connu de la Société d'Encouragement dont il a déjà été le lauréat : dès 1880 il a créé un nouveau type d'appareils éolipyliques à une seule flamme, munis de régulateurs à presse-étoupes. Ces ingénieux appareils présentaient des dangers de maniement résultant des fuites impossibles à éviter par l'emploi des presse-étoupes, aussi leur fabrication n'a-t-elle pas été suivie par leur auteur qui les a laissés tomber dans le domaine public.

De tous côtés, en France et à l'étranger, malgré leur imperfection, on les a copiés servilement et la liste serait longue à produire des soi-disant nouvelles lampes à essence, affublées de noms pompeux et présentées au public comme inventions nouvelles.

Ce débordement de copies suffit à lui seul pour consacrer tout l'intérêt industriel de la découverte du Dr Paquelin.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Eolipyle à régulateur. — Continuant ses recherches, l'inventeur a présenté à la Société d'Encouragement un nouveau modèle de lampe à jet forcé; une médaille de notre Société et une récompense à l'Académie des sciences (concours des Arts insalubres) ont couronné les intéressants efforts de M. Paquelin.

La nouvelle lampe, bientôt adoptée par l'industrie, non seulement en France, mais à l'étranger, fournissait une flamme très chaude et fonctionnait avec une pression très réduite; mais il était impossible soit d'en régler le jet, soit de la mettre en veilleuse, et, dans beaucoup de cas, l'ouvrier a besoin d'être maître de sa flamme : cet éolipyle n'était donc pas encore complet.

S'inspirant des travaux de M. d'Arsonval sur les plaques déformables, M. le Dr Paquelin a doté son éolipyle d'un régulateur absolument étanche et a supprimé par cela même tous les accidents pouvant résulter de l'emploi des presse-étoupes abandonnés par lui.

Enfin un dernier perfectionnement a été apporté, c'est l'absorption de la totalité de l'essence contenue dans le réservoir réalisée au moyen de l'emploi de ouate cardée. A l'aide de cet artifice on évite d'une manière complète les jets de liquide enflammé qui se produisaient quelquefois avec les appareils primitifs. De plus, un réglage judicieux de la longueur de pénétration du tube central dans le corps de la lampe a permis de réduire la pression du régime normal de marche dans des proportions telles qu'on peut considérer cette pression comme étant tout à fait négligeable et en tous cas inoffensive.

Ainsi perfectionnée, la lampe Paquelin est un instrument susceptible de rendre de très réels services dans beaucoup d'usages industriels, aussi son emploi se généralise-t-il tous les jours de plus en plus.

Thermo-cautère à manche refroidi. — Comme tous les inventeurs consciencieux, M. le Dr Paquelin cherche toujours à améliorer ses découvertes; c'est ainsi que son thermo-cautère, si apprécié de tous les chirurgiens, a été lui-même perfectionné par l'introduction d'un courant d'air dans le manche dans le but d'opérer le refroidissement de l'appareil et d'en rendre le maniement plus commode pour l'opérateur. En même temps que cet effet se réalise, les produits de la combustion se trouvent reportés à l'extrémité du manche opposé à la lame incandescente, en sorte que le cautère peut être introduit dans les cavités profondes sans en brûler les parois, avantage inestimable pour une foule d'opérations.

Ces améliorations ont été réalisées tout en diminuant les dimensions de l'instrument, ce qui le met mieux en mains pour le chirurgien.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

A côté de ces perfectionnements apportés à des appareils déjà connus, M. le Dr Paquelin a créé de nouveaux instruments intéressants : un chalumeau, un robinet doseur-mélangeur, et des foyers lumineux pouvant fonctionner au sein de l'eau.

Nouveau chalumeau. — Le nouveau chalumeau est caractérisé par ce fait que la flamme proprement dite, le dard, est amorcé et alimenté par des flammes latérales disposées autour du jet central. Ce dispositif très ingénieux permet d'obtenir à volonté des flammes extrêmement chaudes dont le volume peut être réduit aux dimensions d'une aiguille à coudre. Ces nouveaux chalumeaux, légers à la main, ont immédiatement trouvé leur emploi dans l'industrie, ils sont appelés à rendre de réels services aux orfèvres, aux émailleurs, aux chimistes, etc.

Une intéressante application en a été faite aux fers à souder des ferblantiers.

Foyers lumineux. — Obtenir des foyers restant lumineux, malgré leur immersion dans l'eau, paraît un fait paradoxal, c'est cependant ce qu'a réalisé le Dr Paquelin par la création de ses foyers lumineux à fils de platine. Ces appareils sont constitués par un enroulement très serré de toile ou de fils de platine au milieu duquel est amené un mélange en proportions convenables d'air et de vapeurs hydrocarbonées, en quelques instants la masse métallique se trouve portée à une très haute température et prend un éclat que l'œil ne peut supporter. L'incandescence se maintient aussi longtemps que dure l'afflux gazeux. Si le foyer vient à être immergé dans l'eau, il se forme, tout autour de la petite masse métallique qui produit la lumière, une gaine de gaz et de vapeurs qui l'isole du contact du liquide et lui permet de continuer à fonctionner aussi bien qu'à l'air libre.

Cette invention est encore de date trop récente pour qu'on puisse en préciser l'importance, mais il ne paraît pas douteux que l'art ou l'industrie arriveront avant peu à en faire découler des applications utiles ou intéressantes.

Fers à souder. — Le Dr Paquelin vient déjà de créer un fer à souder, plus spécialement destiné aux fabricants de vitraux, en utilisant le principe sur lequel est basée l'obtention de ces foyers lumineux. Ce fer à souder présente cette particularité qu'il peut être instantanément porté à la température nécessaire à fondre la soudure, sans qu'aucune flamme se produise à l'extérieur ; c'est là un avantage très sérieux puisqu'il s'agit d'opérer des soudures de plombs directement en contact avec du verre. Le nouveau fer

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

peut être abandonné à lui-même pendant un temps relativement assez long sans recevoir de mélange gazeux combustible, il se rallume sans avoir besoin de subir un nouvel amorçage, il laisse donc à l'ouvrier une très grande liberté d'action.

Robinet doseur-mélangeur. — Le fonctionnement des thermo-cautères, des chalumeaux, des fers à souder, en un mot de tous les appareils fonctionnant avec l'air carburé, exige impérieusement la préparation de mélanges d'air et d'hydrocarbures faits dans des proportions rigoureusement déterminées, mais variables, suivant les diverses applications que l'on se propose de réaliser; il restait donc à imaginer un appareil, de maniement simple, permettant de préparer à coup sûr les mélanges convenables pour tel ou tel appareil.

M. le Dr Paquelin a encore comblé cette lacune par la création de l'appareil qu'il a appelé le *robinet doseur-mélangeur*, à l'aide duquel on peut instantanément obtenir, soit un jet d'air ne contenant que des traces d'hydrocarbures, soit un jet de vapeurs d'hydrocarbures ne renfermant qu'une très minime proportion d'air, soit naturellement tous les mélanges intermédiaires entre ces deux mélanges limites.

Ce nouveau robinet, remarquable par sa simplicité de construction et par la rapidité de son fonctionnement, rend possible à l'ouvrier le plus novice l'usage de tous les appareils utilisant l'air carburé; il fait grand honneur à l'ingéniosité de M. Paquelin.

Tous les appareils qui viennent d'être mentionnés ont été présentés à l'Académie des sciences qui leur a attribué une récompense dans la distribution des prix Monthyon; leur examen a vivement frappé l'attention du Comité des Arts économiques qui n'aurait pas hésité à leur attribuer le prix qu'il avait fondé, puisqu'ils diminuent autant que possible les dangers d'accidents, tout en réalisant de sérieux progrès, si dans l'esprit du Comité le prix n'avait été institué, non pour récompenser les auteurs des applications de l'essence de pétrole, mais bien les perfectionnements réalisés dans l'emploi du pétrole; ce mot étant pris dans le sens plus restreint d'*huile de pétrole*, c'est-à-dire du produit de densité 0,800, tel que l'industrie le livre actuellement pour l'éclairage.

Dans ces conditions, le Comité des Arts économiques a décidé de laisser la question au concours. en précisant d'une manière plus nette le sens des recherches qu'il entend provoquer; mais, tenant compte des très intéressants travaux de M. le Dr Paquelin, estimant que ces recherches ont fait faire un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

progrès très sérieux à l'utilisation rationnelle des hydrocarbures légers du pétrole, tout en restreignant dans une large mesure les dangers d'incendie ou d'explosion qui peuvent résulter de l'emploi industriel de ces liquides éminemment inflammables, a accordé à M. Paquelin un encouragement de mille francs.

Signé : BARDY, *rapporteur.*

PRIX D'AGRICULTURE.

RAPPORT *fait par* M. MÜNTZ, *au nom du Comité d'Agriculture, sur le* PRIX PROPOSÉ POUR L'ÉTUDE DES FERMENTS ALCOOLIQUES.

Prix de 3000 francs.

Les travaux de M. Pasteur, en dévoilant le monde des infiniment petits, ont ouvert à l'agriculture et à l'industrie des horizons nouveaux. Les applications de ces découvertes sont déjà nombreuses, mais celles qu'il nous est permis d'entrevoir le sont bien plus encore. Dans le domaine propre de l'agriculture, l'étude des levures alcooliques, de leur différenciation, de leur purification, de leurs aptitudes spéciales, a déjà produit des résultats pratiques de la plus haute importance. Chacune des nombreuses espèces de levures alcooliques aujourd'hui connues paraît avoir des propriétés caractéristiques, en dehors de leur fonction commune, qui consiste à transformer les matières sucrées en alcool. A côté de cette action principale, il en apparaît donc de secondaires, qui peuvent jouer un rôle quelquefois considérable. C'est ainsi que M. Pasteur avait déjà reconnu que les diverses espèces de levure communiquent au milieu dans lequel elles se développent un goût, un parfum se traduisant par des nuances quelquefois presque insaisissables, mais cependant caractéristiques. Dans cet ordre d'idées on a été amené à se demander si le bouquet des vins, qui est dû à la production de faibles traces de substances qui nous sont mal connues, ne tenait pas, au moins en partie, à la levure même qui a produit la fermentation des moûts. De là à isoler les levures des vins bouquetés et à les cultiver dans le moût des crus moins appréciés, il n'y avait qu'un pas. On avait ainsi l'espoir d'améliorer beaucoup la qualité de ces derniers, en leur communiquant le bouquet qui établit une différence de prix énorme entre les vins qui le possèdent et ceux qui en sont privés.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

De nombreuses tentatives ont été faites dans ce sens, mais généralement c'est par des moyens empiriques, ou tout au moins sans employer les méthodes scientifiques rigoureuses qui ont donné de si admirables résultats entre les mains du créateur de la microbiologie, qu'ont procédé les personnes préoccupées de ce point spécial. Il y avait un grand intérêt à appliquer à des recherches de cette nature les méthodes si sûres et si élégantes qu'on possède aujourd'hui pour isoler les diverses levures et les cultiver à l'état de pureté dans des milieux appropriés.

La Société d'Encouragement, en instituant un prix pour l'étude des ferments des vins, du cidre, de la bière, avait en vue de provoquer des recherches effectuées avec toute la rigueur scientifique que comportent les derniers perfectionnements apportés à nos moyens d'investigation. L'appel de la Société a été entendu; M. Kayser, chimiste du laboratoire des fermentations, placé sous la direction de M. Duclaux et établi à l'Institut agronomique, a étudié avec un très grand soin de nombreuses levures alcooliques; il les a différenciées suivant leur morphologie et suivant leur fonction chimique et a pu soumettre à la Société un travail important sur ce sujet délicat. Aidé des conseils d'un maître éminent auquel il est attaché, il a donné à ses travaux le degré de précision scientifique qui amène la conviction et en même temps, dans l'ordre des applications pratiques, il a annoncé des faits nouveaux dont les industries agricoles sauront tirer profit.

M. Kayser a ainsi isolé un grand nombre de levures des vins de la France, de l'Algérie, de la Tunisie et d'autres pays vignobles; il a comparé les différentes levures au point de vue de leur aptitude à transformer le sucre en alcool; à produire les acides fixes et volatils; il a étudié le goût et l'odeur qu'elles communiquent aux liquides, dans lesquels elles se développent. En faisant agir simultanément, sur le moût de vin, des levures ayant chacune leur propriété spéciale, il a réussi à obtenir des vins dans lesquels les quantités de ces levures s'additionnaient et donnaient ainsi des produits supérieurs à des levures prises isolément.

Pour les pays comme l'Algérie et la Tunisie, où l'élévation de la température fait souvent périr la levure qui existe dans le raisin et où de plus elle entrave la fermentation, un grand intérêt s'attache à provoquer dans certains cas la fermentation artificielle et cela en choisissant des levures qui résistent le mieux aux températures élevées qu'atteignent les cuves à fermentation.

Quelques-unes des levures isolées par M. Kayser seraient utilement employées dans ce but. M. Kayser a examiné au même point de vue les levures

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de cidre, de l'hydromel et de divers autres produits fermentés. Dans ces longues séries de recherches, il est parvenu à isoler et à cultiver des levures qui gardent, à travers les cultures successives, auxquelles on les soumet, la propriété caractéristique de transmettre le goût qui leur est propre. C'est ainsi, par exemple, qu'en partant d'une levure de cidre, M. Kayser réussit, en la cultivant dans des liquides artificiels ou dans des jus végétaux très différents du jus de pomme, à communiquer à ces liquides l'odeur si spéciale du cidre naturel. Nous ne pouvons pas insister sur les nombreux résultats obtenus dans cette voie féconde par M. Kayser, dont les travaux ont fait faire des progrès importants à la connaissance des levures des principales boissons fermentées et ont mis à la disposition des agriculteurs des notions précises dont il faut espérer qu'ils sauront tirer parti.

Sur la proposition du Comité d'Agriculture, le Conseil accorde à M. Kayser le prix de 3 000 francs institué par la Société pour les études sur les ferments des vins, du cidre et de la bière.

Signé : A. MÜNTZ, *rapporteur.*

PRIX D'AGRICULTURE

RAPPORT *fait par* M. MÜNTZ, *au nom du Comité d'Agriculture, sur le* PRIX PROPOSÉ POUR LES MEILLEURES EXPÉRIENCES SUR L'ALIMENTATION DU BÉTAIL.

Prix de 2000 francs.

M. A.-Ch. Girard, chef des travaux chimiques à l'Institut agronomique, auquel on doit déjà de nombreuses études sur les questions d'alimentation, a adressé à la Société d'Encouragement un mémoire important par ses conséquences pratiques et par les nombreuses données originales qu'il contient. Pour répondre au programme tracé par la Société, M. Girard a choisi un sujet neuf comme étude théorique et en même temps susceptible d'une application générale; M. Girard a envisagé l'alimentation par les feuilles d'arbres.

Depuis la plus haute antiquité, on cueillait dans certaines régions les feuilles pour les donner aux animaux, soit vertes, soit après dessiccation; mais cette pratique n'a jamais pris une grande extension et les données scientifiques relatives à ce mode d'alimentation faisaient défaut. L'auteur du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mémoire n'entend nullement conseiller le dépouillement des forêts; les idées qu'il expose à ce sujet le mettent à l'abri de toute critique que pourrait lui adresser le corps distingué des ingénieurs forestiers. Il s'attache surtout à faire ressortir les services que peuvent rendre à l'exploitation agricole les effeuillages tardifs et ménagés, les produits d'émondages, d'éclaircies, de coupes de têtards et taillis. Il montre que beaucoup de terres ingrates et abandonnées, trop sèches ou trop humides, terrains vagues, bordures de rivières et d'étangs, etc., pourraient être utilisés à la production fourragère par l'intermédiaire d'essences appropriées qui sauraient trouver des moyens d'existence là où aucun autre végétal ne prospérerait.

L'utilisation des feuillages ainsi comprise profite en même temps au bétail et au sol, en apportant à la ferme des principes alimentaires et des principes fertilisants.

Le problème abordé par M. Girard présente donc une importance pratique sur laquelle nous n'avons pas besoin d'insister.

Après avoir exposé les recherches qui avaient été faites antérieurement et les pratiques suivies dans les pays où l'alimentation par les feuilles est utilisée, M. Girard examine les conditions dans lesquelles ce fourrage peut être récolté. Comment on peut le conserver par la dessiccation ou par l'ensilage. Il établit leur valeur nutritive à ces divers états; il décrit la manière dont elles sont acceptées par les animaux de la ferme; quelle est la proportion dans laquelle leurs éléments constituants sont digérés, et leur influence sur la production du lait.

Les nombreuses données recueillies par M. Girard sur la composition des feuilles de toutes nos essences forestières à diverses époques de l'année, la comparaison qu'il en fait avec les fourrages usuels, les essais d'alimentation et de conservation auxquels il se livre dans les conditions normales de la pratique agricole constituent un ensemble qui donne à ce travail une haute valeur. Ce sont les observations à l'étable qui ont complété celles qui avaient été faites au laboratoire.

Comme enseignement pratique à tirer de ces longues et minutieuses recherches, nous devons retenir surtout la richesse très grande en principes nutritifs d'un grand nombre de feuilles de nos essences les plus communes, richesse qui dépasse toujours celle du foin et souvent celle de la luzerne, la facilité avec laquelle les animaux domestiques acceptent la plupart d'entre elles et leur coefficient de digestibilité très élevé, et enfin la facilité de leur conservation.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Aucun travail d'ensemble n'avait jamais été fait sur cet intéressant sujet et nous n'avions que des notions très vagues sur l'opportunité de s'adresser aux feuilles pour nourrir le bétail. Le travail de M. Girard fixe nos idées et montre tout le parti qu'il est possible de tirer de la grande quantité de substances alimentaires contenues dans les feuillages.

Nous espérons que les recherches frapperont l'esprit des cultivateurs et les porteront à demander aux feuilles un supplément de nourriture susceptible d'augmenter la prospérité de la ferme. Dans les années de sécheresse particulièrement, le produit de ces sortes de prairies en l'air pourra, dans bien des régions, affranchir l'agriculteur de la nécessité de vendre à vil prix son bétail.

Sur la proposition du Comité d'Agriculture, heureux de signaler cet important travail, le Conseil attribue à M. Girard le prix de 2000 francs pour les meilleures expériences sur l'alimentation du bétail.

Signé : A. MÜNTZ, *rapporteur.*

PRIX DU COMMERCE

RAPPORT *fait par* M. CHEYSSON, *au nom du Comité du Commerce, sur le* PRIX PROPOSÉ POUR L'ÉTUDE ÉCONOMIQUE D'UN CENTRE INDUSTRIEL EN FRANCE.

Prix de 2000 francs.

Trois mémoires ont été soumis au Comité du Commerce pour concourir au prix de 2000 francs destiné à l'*Étude économique d'un centre industriel en France.*

Ces mémoires portent les titres ci-après :

1° *La Chambre de commerce de Saint-Étienne et les industries de sa circonscription*, 1833-1890.

2° *Le Creusot.*

3° *L'industrie sardinière.*

Le premier est un mémoire imprimé, qui a été dressé, au nom de la Chambre de commerce de Saint-Étienne, par son secrétaire général M. Lucien Thiollier, en vue de répondre à une demande de renseignements formulée par le ministre du Commerce et de l'Industrie. Avant d'autoriser l'augmentation de nombre des membres de cette Chambre, le ministre avait désiré

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qu'on mît sous ses yeux une étude statistique faisant connaître la situation comparée des industries de la circonscription de la Chambre en 1833 et 1890. Le rapport de M. Thiollier a eu précisément pour objet d'établir cette comparaison.

Le second mémoire est un manuscrit signé de M. Joseph Comagni. Dans une préface autobiographique, l'auteur nous fait connaître qu'après avoir été attaché comme ouvrier à l'usine du Creusot de quatorze à dix-huit ans, il a quitté cette localité pour y rentrer dix ans après et y exercer une profession indépendante de l'usine, tout en consacrant ses loisirs à l'étude des moyens légaux d'améliorer le sort des ouvriers, et notamment à l'organisation de sociétés coopératives de consommation.

Quant au troisième mémoire, il est manuscrit et anonyme, le nom de l'auteur étant renfermé dans un pli cacheté, dont l'enveloppe porte une devise.

Avant d'entrer dans l'examen de ces mémoires, il y avait une question préjudicielle à résoudre. Ne convenait-il pas d'écarter par une fin de non-recevoir préalable et de renvoyer à leurs auteurs les deux premiers mémoires, à raison de la divulgation de leur nom? L'anonymat est, en effet, la règle de tous les concours académiques et se justifie par des raisons très fortes. En instituant le concours dont il s'agit, le Comité n'avait pas entendu déroger à cette tradition. Jusqu'ici aucun des candidats qui ont sollicité ce prix n'a manqué de s'y conformer, et c'est la première fois que le Comité se trouve face à face avec des auteurs qui concourent à visage découvert.

Quelques-uns de ses membres étaient d'avis qu'il y avait là une question de principe, sur laquelle on ne pouvait pas transiger; mais la majorité a pensé que, dans le silence du programme du concours, qui n'impose pas explicitement cette condition, il serait rigoureux de l'opposer aux concurrents; que, pour cette fois, il fallait admettre les mémoires signés, mais sous la réserve que, dans la prochaine édition du programme des concours, la condition de l'anonymat serait expressément énoncée comme éliminatoire, en cas de non-observation.

Cette première question tranchée, il s'en présentait une seconde au sujet du mémoire imprimé de M. Thiollier, pour savoir s'il pouvait être admis au concours.

Ce mémoire est un document administratif imprimé en 1891, envoyé officiellement par la Chambre de commerce au ministre à l'appui d'une demande en instruction. Quand elle a institué son concours et mis à la dis-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

position de ses lauréats un prix de 2 000 francs, la Société d'Encouragement a entendu provoquer des études monographiques et en faciliter la publication ultérieure, ainsi que cela vient d'avoir lieu précédemment pour la monographie d'Anzin, dont le manuscrit récompensé est devenu un livre intéressant. Mais le travail de M. Thiollier a dû le jour à des nécessités administratives ; il est déjà publié et, dès lors, il ne rentre pas dans l'esprit du programme.

Au fond, ce mémoire présente un haut intérêt : il passe en revue les principales industries de la Loire, la rubannerie, la métallurgie, l'armurerie, les charbonnages, et trace pour chacune d'elles un tableau saisissant des progrès qu'elle a accomplis depuis un demi-siècle. Il étend ces comparaisons à tous les autres éléments qui peuvent servir de criterium au développement économique, intellectuel et social d'une contrée, tels que le tonnage des voies de transport, les impôts, les écoles, les salaires, le mouvement des caisses d'épargne, les institutions de prévoyance. Il en conclut la vitalité de ce département, les heureux effets produits par le régime douanier de 1860, et la nécessité de ne toucher à ce régime qu'avec une entière prudence, pour ne pas compromettre la prospérité du département et porter atteinte à ses débouchés extérieurs.

Tout en écartant cette étude d'un concours auquel elle n'était pas destinée, le Comité n'a pas cru devoir laisser sans récompense une œuvre de cette valeur. Il aurait même proposé de lui accorder une médaille d'or, si elle ne trahissait par endroit « un travail un peu hâtif », dont s'accuse lui-même l'auteur, et s'il n'avait pas annoncé « le désir de mener à bien une étude plus complète ». Aussi le Comité s'en tient-il aujourd'hui à la proposition d'une médaille d'argent et donne-t-il rendez-vous à M. Thiollier pour le travail définitif qu'il nous promet et qu'il nous doit.

Ce point ainsi réglé, le Comité ne se trouvait plus qu'en présence de deux mémoires, relatifs l'un au Creusot, l'autre à l'industrie sardinière.

Le premier mémoire renferme des parties intéressantes, notamment sur la fondation et l'histoire du Creusot. Il rend un hommage mérité à la grande figure du véritable créateur de cette usine, M. Eugène Schneider, dont le signataire de ce rapport s'honore d'avoir été le collaborateur et l'ami. Il fait ressortir avec raison la part qui revient dans les succès de ce bel établissement à sa population ouvrière, si laborieuse, si fidèle, si apte aux travaux de l'industrie, et dont personne n'a jamais méconnu ni le rôle économique

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ni les qualités morales. L'auteur fait des efforts méritoires pour atteindre l'impartialité, mais, entraîné par l'exclusivisme de son point de vue, il tombe du côté où il penche, et se laisse aller, tant sur les personnes que sur les choses, à des appréciations et à des théories qu'il serait difficile à la Société d'Encouragement de sembler couvrir de son approbation.

Ce travail est d'ailleurs incomplet sur plusieurs points importants; il est insuffisamment documenté; il paraît avoir été rédigé sur des données de seconde main, plutôt que sur des informations précises, puisées à la source. Il glisse, là où l'on voudrait le voir appuyer; il n'a vu que certains aspects du sujet, au détriment des autres. En un mot, il n'a pas fait pour le Creusot ce que nos lauréats d'il y a deux ans avaient fait pour Anzin, c'est-à-dire une monographie vivante, complète, définitive, décrivant avec ordre, méthode et précision ce grand organisme. Si quelques parties du mémoire que nous analysons sont bonnes et méritent d'être utilisées, on peut dire que, dans son ensemble, la monographie du Creusot reste encore à faire. Il faut espérer que ce beau sujet tentera quelque auteur qui saura pleinement répondre au programme tracé par la Société d'Encouragement.

Le mémoire anonyme sur l'industrie sardinière est bien fait; il doit avoir pour auteur un homme qui vit au milieu des populations adonnées à cette industrie, qui les voit journellement à l'œuvre, plus peut-être en administrateur qu'en commerçant, et qui, à leur contact, s'est pris pour elles d'autant d'estime que d'affection. Écoutez la façon dont il en parle :

« Il faut admirer ces hommes simples, énergiques, menant une existence pleine de périls et se contentant néanmoins d'un bien modeste salaire. On peut les opposer utilement et justement à ces ouvriers des villes toujours en quête de réclamations nouvelles, largement payés, n'exécutant que des travaux constants et réguliers. Aussi les harangues des missionnaires en grève n'ont-elles point de prise sur nos populations maritimes. Peut-être l'habitude et la certitude du danger, incessamment présent, donnent-elles à l'esprit le plus simple une abnégation qui ressemble de bien près à la vertu? »

Telle est l'inspiration générale de ce mémoire qui fait ressortir avec une véritable complaisance : d'un côté, les mérites des marins, leur endurance, leur bravoure, la modicité de leur salaire, la rudesse de leur vie; de l'autre, l'importance économique de l'industrie de la sardine et l'intérêt pour notre pays de la défendre contre les éventualités qui la menacent, notamment contre les importations d'Espagne et de Portugal.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Écrite par un auteur aussi épris de son sujet et de ses héros, cette monographie est attachante et retrace avec beaucoup d'ordre et de clarté les différentes opérations de la pêche, de la salaison et de la préparation des sardines, de leur mise en boîte et de leur expédition. C'est toute une flottille de 4 à 5000 barques montées par 25000 marins qui pêche sur nos côtes, de Royan à Roscoff, en moyenne 1 milliard de sardines par an. Un tiers de ces poissons est consommé à l'état frais; les deux autres tiers sont préparés à l'huile et mis en boîte dans une centaine d'usines disséminées le long du littoral. Le poisson frais se vend en moyenne 10 francs le mille. Une fois préparé et mis dans 100 boîtes, dont chacune contient 10 sardines en moyenne, le même mille se vend environ 40 francs, dont moitié pour le prix des boîtes. Ainsi, en gros, le prix d'une boîte de 10 sardines est de 0 fr. 40, et se décompose ainsi :

Pour les sardines à l'état frais, 0 fr. 10;

Pour la boîte en fer-blanc, 0 fr. 20;

Pour la préparation et divers, 0 fr. 10.

En ajoutant au montant de la vente de ces boîtes celui de la vente des poissons frais, on arrive à une trentaine de millions pour mesurer l'importance de l'industrie sardinière.

Voulant enfler encore cette importance, déjà respectable, l'auteur ajoute à tort au mouvement annuel des opérations les frais de construction des usines de préparation et ceux d'achat des barques et filets, c'est-à-dire des dépenses de premier établissement, ce qui nous confirme dans la pensée qu'il n'est pas accoutumé aux rigueurs de la comptabilité commerciale.

Le mémoire nous décrit avec détail la crise traversée par cette industrie vers 1881, lorsque la sardine désertait les côtes françaises et se portait en abondance vers celles de l'Espagne et du Portugal. La quantité de sardines pêchées est tombée de 2 milliards en 1878 à 372 millions en 1881, à 367 millions en 1886; elle s'est heureusement relevée à 1 milliard en 1890. Il semble que les bancs nous reviennent, sans qu'on se soit bien clairement expliqué les causes de leurs capricieux changements d'itinéraire.

En résumé, le travail est bien composé, bien écrit; mais il n'a pas l'ampleur du programme assigné à nos concurrents. C'est plutôt un rapport administratif qu'une étude profondément fouillée, telle que nous la demandons. Il y manque la vie domestique des marins, des ouvriers d'usine, leur budget, l'emploi de leur temps en dehors de la saison de travail, leur habitation, leur nourriture, leurs épargnes, leur vieillesse, leurs mœurs. En outre,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le côté économique du sujet commande quelques réserves et appellerait à la fois des retouches et des compléments.

Le Comité ne peut donc attribuer le prix à cette œuvre ; mais, à cause des qualités qu'elle révèle, il pense qu'elle est digne d'une récompense et il propose de lui décerner une médaille d'or à prélever sur le montant du prix.

Le pli cacheté qui contient le nom de l'auteur ne devra d'ailleurs être ouvert que si lui-même en exprime le désir, conformément aux traditions académiques qui n'autorisent l'ouverture de ces plis que pour les lauréats du prix intégral.

En résumé, le Comité du Commerce propose au Conseil de la Société d'Encouragement les résolutions suivantes :

1° Une médaille d'or à l'auteur du mémoire manuscrit sur l'industrie sardinière, dont la devise est la suivante : « La pêche a poussé les hommes à devenir industrieux, navigateurs et commerçants (1) » ;

2° Une médaille d'argent est attribuée à M. Lucien Thiollier, secrétaire général de la Chambre de commerce de Saint-Étienne, membre du Conseil général de la Loire, pour son étude imprimée sur la *Chambre de commerce de Saint-Étienne et sur les industries de sa circonscription ;*

3° Le prix de 2000 francs est maintenu pour une *étude économique d'un centre industriel en France ;*

4° Il sera inséré à la suite du programme du concours la mention suivante :

« Pour être admis au concours, les mémoires devront être manuscrits et anonymes. Ils porteront une devise qui sera reproduite sur l'enveloppe d'un pli cacheté contenant le nom de l'auteur.

« Seront écartés du concours et retournés à leurs auteurs les mémoires imprimés ou signés. »

Signé : Cheysson, *rapporteur.*

(1) Depuis la proclamation des prix, l'auteur du mémoire sur l'industrie sardinière s'est *fait connaître* et se nomme M. Eugène Lebœuf.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CONSTRUCTIONS ET BEAUX-ARTS.

RAPPORT *fait par* M. DAVANNE, *au nom du Comité des Constructions et des Beaux-Arts*, SUR LE PRIX PROPOSÉ POUR UN OBTURATEUR PHOTOGRAPHIQUE.

Prix de 1 000 francs.

Le programme des prix mis au concours par la Société d'Encouragement pour l'année 1892 comprend un prix de 1 000 francs pour l'invention d'un obturateur photographique, c'est-à-dire d'un instrument automatique, destiné à ouvrir et fermer l'objectif et à régler ainsi le temps d'admission des rayons lumineux qui doivent impressionner la plaque sensible et former l'image.

Actuellement la sensibilité des préparations photographiques est telle que, si l'on opère en pleine lumière, il est nécessaire de compter le temps de pose non plus par seconde, mais bien par centième ou même par millième de seconde.

Il n'est donc plus possible, comme autrefois, d'opérer à la main en enlevant et en replaçant le bouchon de l'objectif; il faut avoir recours à des appareils mécaniques spéciaux, et depuis une quinzaine d'années il en a été inventé et construit de si nombreux modèles, qu'il serait difficile et trop long de chercher à les classer.

D'ailleurs aucun de ces modèles ne semblait réaliser complètement les conditions qui nous paraissent être celles d'un obturateur type pour les travaux courants de la photographie, conditions qui sont de faire en un temps très court ce que la main fait pour une pose longue; dans ce dernier cas l'opérateur ouvre rapidement, donne un temps de pleine pose pendant lequel l'objectif laisse passer la lumière dans les conditions que le photographe a déterminées pour obtenir l'effet qu'il cherche, puis il referme aussi rapidement qu'il a ouvert, les temps d'ouverture et de fermeture étant très courts relativement à la pleine pose. La plupart des obturateurs inventés opèrent d'une manière opposée, la pleine pose étant presque nulle, tandis que l'ouverture et la fermeture, absorbent la majeure partie du temps de fonctionnement; les uns ont le défaut de découvrir l'objectif en commençant par un point de sa circonférence et en le fermant par le point opposé; d'autres, parmi les meilleurs, ouvrent et ferment par le centre, mais, n'ayant pas de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pleine pose, ou n'ayant qu'une pleine pose insignifiante, ils agissent à la fois comme un obturateur et comme une série successive de diaphragmes; la somme de lumière admise est alors très diminuée et, en outre, l'opérateur n'est plus maître de rechercher telles ou telles qualités qu'il veut faire prédominer dans l'emploi de son objectif pour produire l'effet qu'il comprend et qu'il cherche à obtenir par l'emploi d'un diaphragme déterminé combiné avec le temps de pose, etc.

C'est pour rentrer dans des conditions meilleures que le programme du prix mis aux concours a fixé les conditions suivantes :

La durée de fonctionnement sera environ d'un cinquantième de seconde (20 millièmes) ou moins.

Le temps d'ouverture totale, ou pleine pose, devra égaler la moitié de la durée de fonctionnement, ou plus s'il se peut, le reste étant employé pour ouvrir et fermer (soit pour vingt millièmes de seconde, dix millièmes de pleine pose et dix millièmes à partager pour l'ouverture et la fermeture). Le diamètre de l'ouverture totale égalera au moins le dixième de la longueur focale de l'objectif auquel l'obturateur est principalement destiné (1). Les dimensions seront restreintes, appropriées à un appareil de campagne; la manœuvre sera facile pour la mise au point, la pose à volonté, les variations de pose rapides.

S'il se peut, l'obturateur devra s'adapter à des objectifs de différents diamètres.

Le prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1893.

Au 31 décembre nous avons eu à enregistrer les noms de six concurrents; dans le courant de mars, un nouveau concurrent, M. Duchesne a envoyé un appareil; mais cet envoi, ainsi qu'il le reconnaît lui-même, arrivait après la fermeture du concours. Nous nous proposons toutefois sur sa demande de l'examiner en dehors du concours et, s'il y a lieu, de vous rendre compte de son fonctionnement.

Deux des concurrents inscrits ne nous ayant remis que des plans non réalisés, il était impossible de faire l'examen par l'expérience directe qui est absolument nécessaire; nous avons dû passer outre et procéder à l'examen des obturateurs envoyés par les quatre autres candidats.

Mais pour arriver à la solution de problèmes aussi délicats, demandant l'appréciation du millième de seconde, il faut avoir recours à des instruments

(1) Dans la pratique courante on admet qu'un objectif doit avoir une longueur focale dépassant un peu le grand côté de la surface sensible qu'il est destiné à couvrir.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

spéciaux et nous avons employé l'appareil de vérification que M. le général Sebert a déjà soumis à la Société d'Encouragement et qu'il a expliqué dans la séance du 25 avril 1890.

Ce premier modèle construit et offert à la Société de photographie par M. Fauvel a été amélioré par notre collègue M. Carpentier, dont nous connaissons la haute compétence,et le fonctionnement en est maintenant d'une rare précision; nous en rappelons en peu de mots les principales dispositions.

Un chariot portant une glace sensible passe avec une grande rapidité, réglée par des ressorts, devant une fente horizontale très étroite; le tout est clos dans un châssis dont la paroi faisant face à la fente porte l'obturateur à essayer; au moyen d'une poire en caoutchouc, on déclenche en même temps l'obturateur et le chariot, un rayon de lumière (magnésique ou autre) passe alors par l'ouverture de l'obturateur, par la fente horizontale et imprime sur la surface une figure géométrique qui fait connaître les variations successives d'ouverture, de pleine pose et de fermeture de l'instrument; un diapason donnant un nombre de vibrations connu (dans l'appareil employé ce nombre est de 435 par seconde) trace sur la plaque, au moyen d'un appendice percé d'un très petit trou, une ligne sinusoïdale en regard de la figure géométrique imprimée par la marche de l'obturateur. Il devient facile d'évaluer ainsi avec une précision satisfaisante, au millième de seconde, la vitesse du mouvement pour toutes les phases de la marche de l'instrument.

Un second appareil, également construit par M. Carpentier sur les données de M. le général Sebert, permet de connaître les surfaces de l'ouverture de l'obturateur correspondant aux différentes phases du fonctionnement et, par suite, d'évaluer comparativement les quantités totales de lumière admise. Ces instruments ont été donnés par leur auteur et leur constructeur à la Société française de photographie et nous avons pu suivre ainsi les essais qui ont été faits, puis calculés avec le plus grand soin par M. Cousin, secrétaire de la Société de photographie.

Ces essais nous ont d'abord démontré que sur les quatre obturateurs à essayer, il y en a deux qui ne sont pas dans les conditions du programme. L'un paraît avoir été construit surtout pour répondre aux besoins d'une excessive rapidité; sa durée de fonctionnement peut être réduite environ à un 2/100 de seconde; mis à la petite vitesse, elle est encore inférieure au 1/50 de seconde; mais ces courts espaces de temps sont entièrement absorbés par l'ouverture et la fermeture, la période de pleine pose est nulle, l'appareil

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ne répond donc pas aux données générales du programme. Nous avons dû écarter ce concurrent, malgré toute l'habileté dont il a fait preuve dans la construction de son appareil.

Il en est à peu près de même pour l'instrument présenté par un autre candidat. Lorsqu'on fait fonctionner son obturateur à petite vitesse, le temps de pleine pose n'est pas appréciable, quel que soit le diaphragme, il est nul pour le fonctionnement au cinquantième de seconde ; l'appareil néanmoins est ingénieusement construit et d'un emploi commode.

Nous restons en face des obturateurs de M. Chavanon et de M. Decaux.

L'obturateur de M. Chavanon a été construit pour un objectif de $0^{m},35$ de longueur focale, le diamètre de son ouverture est, en effet, de 0,035. Dans ces conditions, il ne satisfait pas tout à fait à la demande du programme, mais si, pour faire l'expérience comparative, on ramène par un diaphragme l'ouverture à 0,018, qui est celle de l'obturateur Decaux, on obtient, pour une durée de fonctionnement de 1/50 de seconde, un temps de pleine pose égal à 10/17 (soit 58,8 p. 100) et 41, 2 p. 100 à partager pour les temps d'ouverture et de fermeture. La durée de pleine pose dépasse donc la demande du programme.

L'obturateur de M. Decaux a été construit pour un objectif d'environ $0^{m},18$ de longueur focale, sa pleine ouverture étant de $0^{m},018$; il répond aussi aux données du programme, car, pour une durée de fonctionnement de 1/50 de seconde (soit 20/1000), la proportion de la pleine pose dépasse un peu les conditions du concours.

Cet instrument n'a presque pas de pièces saillantes, son poids est relativement léger et sera encore très diminué par l'emploi de l'aluminium pour les parties fixes.

Nous pouvons donc dire que les conditions principales du programme ont été réalisées pour les deux instruments. C'est seulement en nous reportant à des conditions accessoires que nous pourrons ne pas les classer *ex æquo*.

L'obturateur de M. Chavanon, simple dans son mécanisme, est un peu lourd pour un appareil de campagne ; le frein qui règle les variations des temps de pose est à frottement et ne présente pas les garanties que l'on peut désirer ; lorsqu'on arme l'obturateur pour le faire fonctionner, on découvre en même temps l'objectif, et si la surface sensible est découverte, elle est impressionnée, ce qui amène des mécomptes assez désagréables pour l'opérateur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'obturateur de M. Decaux a l'avantage de la légèreté, d'un moindre volume ; par une heureuse disposition, il est armé sans découvrir l'objectif, le frein est pneumatique, son action est réglée par des ouvertures plus ou moins grandes, par lesquelles s'échappe l'air refoulé par le piston du ressort qui fait manœuvrer tout l'appareil et présente donc de plus grandes garanties de régularité.

En conséquence, le prix de 1 000 francs est attribué à M. Decaux et sur la demande du Comité des Constructions et Beaux-Arts, la Société d'Encouragement a donné un autre prix de la valeur de 500 francs qui est attribué à M. Chavanon.

Signé : DAVANNE, *rapporteur.*

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	L. Figuier.	Berard.	Ensemble de travaux.
2	Fournier.	Bienaymé.	Plan incliné pour transbordement de bateaux.
3	Mustel.	Carpentier.	Orgue *Celesta*.
4	Peyrusson.	De Luynes.	Décoration de la porcelaine.
5	Tissandier.	Colonel Laussedat.	Ensemble de travaux.
	MÉDAILLES DE PLATINE		
	MM.	MM.	
1	Dulac.	Sauvage.	Soupape de sûreté et études sur ce sujet.
2	Marix.	Prunier.	Appareil pour la formation rationnelle des mélanges.
	MÉDAILLES D'ARGENT		
	MM.	MM.	
1	Chevalet.	Brull.	Réchauffeur épurateur d'eau.
2	Dubois.	Sauvage.	Cric de sûreté.
3	Dorian.	Bienaymé.	Graisseur.
4	Leclercq.	Tresca.	Système de limes.
5	Neel et Clermont.	Rouart.	Élasticimètre.
	MÉDAILLES DE BRONZE		
	MM.	MM.	
1	Allain.	Bardy.	Système de réchaud.
2	Langlassé.	Colonel Pierre.	Serrure de sûreté.

Les Secrétaires de la Société,

Ed. COLLIGNON. AIMÉ GIRARD.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

DISTRIBUTION DES MÉDAILLES

DÉCERNÉES POUR LES INVENTIONS UTILES OU LES PERFECTIONNEMENTS DANS LES ARTS INDUSTRIELS

(*Extraits des Rapports des différents Comités.*)

(Voir le tableau I.)

MÉDAILLES D'OR

1. Ensemble des travaux de M. Louis Figuier.

Les plus grands maîtres de la science, Davy, J.-B. Dumas, Faraday, Sainte-Claire Deville, n'ont pas dédaigné d'appliquer leur génie à la vulgarisation des notions élémentaires de la science. Répandre, en effet, ces notions, c'est souvent provoquer des vocations, attirer vers la science des protecteurs éclairés ou des bienfaiteurs utiles; c'est toujours vaincre les préjugés et propager les lumières. D'ailleurs, le sentiment public, d'accord en cela avec la logique, impose aujourd'hui cette vulgarisation. Depuis que la science a été introduite en large mesure dans les programmes de l'enseignement secondaire, ceux qu'on appelait autrefois les lettrés demandent à être tenus au courant du progrès scientifique. Le nombre toujours croissant des journaux de science montre que le vœu du public est devenu un véritable courant. M. Louis Figuier a le mérite de s'y être jeté le premier. Préparé, par les études qui lui avaient valu les grades de docteur en médecine et de docteur ès sciences, par les concours qui l'avaient placé dans les écoles de pharmacie de Montpellier et de Paris comme professeur agrégé, aux connaissances qui devaient déterminer plus tard sa vocation de vulgarisateur, M. Louis Figuier a publié dès 1851-1853, sous le titre d'*Exposition et histoire des principales découvertes scientifiques*, une série de livraisons destinées à faire connaître, sous la forme et dans la mesure qui convient au grand public, les principales découvertes qui ont signalé la première moitié de ce siècle. Le succès de cet ouvrage est prouvé par la réimpression, en 4 volumes, qui a été faite, en 1858, sous le titre : *les Merveilles de la science*. Il est complété par l'ouvrage intitulé *les Merveilles de l'industrie, ou Description*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

populaire des procédés industriels, comprenant 4 volumes illustrés de nombreuses gravures.

Deux journaux fournissent à M. Louis Figuier l'occasion de tenir le public au courant des progrès de la science et de l'industrie. L'un est annuel : c'est *l'Année scientifique et industrielle*, dont la publication, commencée en 1856, nous présente, en 1893, son 36e volume ; l'autre, de date plus récente, le *Journal de la science illustrée*, est hebdomadaire : une combinaison de librairie permet de le vendre à un prix abordable pour les bourses les plus modestes.

L'ouvrage le plus original de M. Louis Figuier est celui qu'il a publié, en 1860, sur *l'Alchimie et les Alchimistes*, dans lequel il complète méthodiquement, dans une forme toujours élégante, les admirables esquisses que J.-B. Dumas avait composées sur les prédécesseurs, peu connus jusque-là, des chimistes modernes. M. Louis Figuier a repris l'étude des idées des alchimistes et de leurs biographies pendant le moyen âge et la renaissance, et a porté la lumière dans une histoire demi-légendaire, et qui n'avait été abordée que par quelques érudits allemands.

Les mêmes mérites littéraires apparaissent dans l'ouvrage intitulé : *les Nouvelles Conquêtes de la science*, que l'Académie française a honoré d'une de ses récompenses.

Votre Comité des Arts chimiques estime qu'il y a lieu pour la Société d'Encouragement de récompenser, à son tour, M. Louis Figuier. L'industrie tire un profit tout particulier de la vulgarisation. Si les découvertes se font dans le laboratoire, leurs applications se font par des capitalistes ou des commerçants, peu versés dans les sciences abstraites, et dont l'attention n'est souvent éveillée que par des articles de journaux ou un livre de science agréable. En composant de semblables publications, en mettant en particulier à la portée de tous un grand nombre de rapports et de documents tirés de votre *Bulletin*, M. Louis Figuier, vétéran de la vulgarisation, initiateur de cette branche, aujourd'hui si importante, du journalisme, a mérité une médaille d'or.

2. Plan incliné pour transbordement de bateaux, par M. Jules Fournier.

M. Jules Fournier a établi à Beauval, près Meaux, un plan incliné pour faire passer les bateaux du canal de l'Ourcq sur la Marne et *vice versa*.

Cette installation, bien conçue et bien exécutée, rend et rendra surtout dans l'avenir les plus utiles services. Elle fait le plus grand honneur à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Jules Fournier, qui, simple particulier, a fait preuve, dans une œuvre d'intérêt quasi-public, de cet esprit d'initiative que notre Société cherche à développer et dont elle se plaît à encourager les manifestations. Sur la proposition du Comité des Arts mécaniques, le Conseil accorde une médaille d'or à M. Jules Fournier.

3. Orgue celesta, par M. MUSTEL, fabricant d'orgues-harmoniums, à Paris.

M. Mustel, fabricant d'harmoniums, a présenté à la Société un orgue expressif perfectionné, offrant des ressources toutes nouvelles pour les sons et qui en font un instrument remarquable. Pour cette raison, la Société d'Encouragement accorde une médaille d'or à M. Mustel.

4. Couleur vitrifiables au grand feu de four, par M. ÉDOUARD PEYRUSSON, à Limoges.

M. Édourd Peyrusson, de Limoges, après de longues recherches, a réussi à composer une palette déjà bien assortie de couleurs et émaux destinés à la décoration de la porcelaine dure au grand feu.

Ces couleurs et ces émaux s'appliquent sur la porcelaine déjà cuite, dans les mêmes conditions que les couleurs de moufle ordinaires, se vitrifiant sans altération de leur nuance à la haute température qu'exige le ramollissement de la couverte et présentent à l'emploi autant de facilité que les couleurs ordinaires.

La Société, reconnaissant l'importance de ces recherches et des résultats obtenus, décerne à M. Peyrusson une médaille d'or.

5. Ensemble des travaux de M. GASTON TISSANDIER, fondateur et rédacteur en chef du journal *la Nature*.

Votre Comité des Arts économiques a l'honneur de vous proposer de décerner une médaille d'or à M. Gaston Tissandier, fondateur et rédacteur en chef de la revue scientifique *la Nature*. Le nom de M. Gaston Tissandier est si sympathique, si honorablement connu, que c'est à peine s'il est nécessaire de rappeler les services rendus par celui qui le porte à la science et au pays. Tout le monde a lu les récits émouvants de ses nombreuses et souvent périlleuses ascensions en ballon, dont l'une surtout est demeurée tristement célèbre, lui seul ayant survécu à ses compagnons Sivel et Crocé-Spinelli, victimes de leur audace, il faut même dire, hélas! de leur témérité à tous les trois.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'aéronautique a, en effet, toujours été la grande passion de M. Gaston Tissandier, passion partagée par son digne frère Albert, qui l'a si bien secondé pendant la guerre, en le suivant, à peu de jours de distance, quand il sortit de Paris investi et dans les tentatives qu'il fit pour y rentrer à l'aide de vents favorables.

Si ces tentatives n'ont pas eu le succès qu'elles méritaient, on sait que le même sentiment de patriotisme qui les avait inspirées a guidé les deux frères, élèves et admirateurs enthousiastes d'Henri Giffard, dans les recherches qu'ils ont entreprises pour la direction des ballons allongés pourvus d'une hélice, en employant, les premiers, l'électricité comme force motrice.

D'ailleurs, en dehors des services de guerre qui ont valu à l'un d'eux la croix de la Légion d'honneur et à l'autre la Médaille militaire, toutes les autres ascensions entreprises par l'aîné, depuis plus de vingt-cinq ans — et il n'en a pas effectué moins de cinquante — avaient un but scientifique bien déterminé. Aussi la plupart ont-elles contribué à nous faire un peu mieux connaître quelques-unes des particularités de cet élément encore si mystérieux, l'atmosphère, et cela parce que l'intrépide aéronaute était à la fois un météorologiste, un physicien et un chimiste consommé, aidé, dans bien des cas, du talent de dessinateur de son dévoué frère.

Cette vocation de M. Gaston Tissandier était-elle spontanée ou lui a-t-elle été inspirée par les essais hardis de Giffard qui ont produit une si grande impression sur les hommes de sa génération? Quoi qu'il en soit, on peut affirmer qu'elle n'a pas été embrassée à la légère.

C'est après une solide préparation scientifique de cet esprit ouvert à toutes les grandes, à toutes les généreuses idées, qu'elle s'est manifestée, d'abord pendant les dernières années qui ont précédé celle de la guerre pour s'accentuer au moment du danger.

Il m'est sans doute permis de rappeler ici que Gaston Tissandier, comme Giffard avant son entrée à l'École centrale, et comme tant d'autres hommes distingués, a commencé à prendre le goût des sciences au Conservatoire des arts et métiers. C'est dans un de nos laboratoires qu'il a débuté comme chimiste et je n'ai assurément pas besoin d'ajouter qu'il a toujours trouvé chez nous l'accueil dont il est si digne. Si mon prédécesseur immédiat, Hervé, Mangon, qui l'avait en très haute estime, était encore parmi nous, ce serait sûrement lui qui vous entretiendrait des rares qualités de ce travailleur, de ce chercheur infatigable qui, depuis vingt ans, a employé la plus grande partie de son activité à faire valoir les découvertes et le mérite des autres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

A son défaut, j'ai été chargé par mes collègues du Comité des Arts économiques de justifier devant vous la haute distinction qu'ils vous proposent d'accorder à M. Gaston Tissandier, principalement en sa qualité de rédacteur de la *Nature*.

La tâche que j'ai acceptée n'exigera pas, je l'espère, un grand effort de ma part, car vous connaissez tous l'excellente revue dont il s'agit, et il n'est peut-être pas un de vous qui ne lui soit redevable d'un service personnel. Je ne devais pas moins en faire en quelque sorte l'éloge, et je n'hésite pas à reconnaître que j'y ai pris plaisir.

Ceux qui, comme moi, peuvent faire remonter leurs souvenirs à plus d'un demi-siècle — et c'est un privilège que je céderais volontiers à quiconque me l'envierait — ceux qui ont assisté au prodigieux succès de l'ingénieuse tentative d'Édouard Charton, de ce recueil illustré, à deux sous la livraison, qui s'appelait, qui s'appelle encore le *Magasin pittoresque*, sont naturellement portés à faire un rapprochement à coup sûr très honorable pour M. Gaston Tissandier. Depuis le *Magasin pittoresque*, dont le cadre était d'ailleurs très différent, beaucoup plus étendu que celui de la *Nature*, il n'y a peut-être pas eu de publication hebdomadaire mieux connue et plus digne de réussir, parce qu'elle venait à son heure. Permettez-moi d'insister un moment sur ce que je crois être un fait digne d'attention et de comparer deux recueils qui ont rempli des rôles importants et analogues, sinon identiques.

Le *Magasin pittoresque* avait, je viens d'en faire la remarque, un cadre beaucoup plus étendu que celui de la *Nature :* c'était une encyclopédie complète qui embrassait les sciences, les arts, la littérature, l'histoire, la morale, l'érudition, en un mot, toutes les connaissances humaines.

Édouard Charton, l'homme éminent qui avait conçu le plan de cette précieuse revue et qui a eu le bonheur de la diriger pendant plus de cinquante ans, avait un double but; instruire et moraliser les nouvelles générations. Le bien qu'il a fait, l'influence salutaire qu'il a exercée sur un grand nombre d'esprits encore insuffisamment cultivés, exposés à s'attarder ou à s'égarer sont incontestables, et pour cela seul, indépendamment des autres grands services qu'il a rendus, sa mémoire ne saurait être trop honorée.

Je vous demande encore la permission de prolonger cette digression dans un intérêt qui ne vous échappera sans doute pas. Le nom de *Magasin pittoresque* était emprunté aux *Magazines* anglais, mais l'épithète était nouvelle et eut une grande vogue. Elle signifiait que les articles du journal populaire

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

devaient être accompagnés de dessins gravés et imprimés dans le texte, destinés à le rendre plus intelligible et plus attachant à la fois.

On n'avait encore rien tenté de pareil il y a soixante ans, et l'on est en droit de supposer que ces images engageantes ont été pour beaucoup dans le succès de l'entreprise.

Ce qu'il y a de certain, c'est que cette manière de rendre les lectures plus attrayantes fut aussitôt imitée de tous côtés et que beaucoup d'ouvrages classiques illustrés avec talent datent de cette époque. Et ce n'était point là, comme on pourrait le croire, une simple coïncidence : l'initiative était bien partie du *Magasin pittoresque* où d'habiles artistes dont les noms méritent d'être conservés, Andrew, Best et Leloir avaient, en peu de temps, fait faire de très grands progrès à l'art de la gravure sur bois, si grossier au début et devenu si remarquable entre leurs mains, ce dont on peut aisément s'assurer en parcourant les huit ou dix premiers des soixante volumes du *Magasin pittoresque*.

J'aurai fini cet éloge du précurseur de tant d'autres publications importantes et de la *Nature*, en particulier, en ajoutant que la composition et la rédaction de ce recueil si recommandable sont toujours restées des modèles de goût et de clarté et en souhaitant à ses éditeurs actuels de lui conserver sa grande réputation si méritée.

J'arrive enfin à la *Nature*, non sans appréhender de me voir reprocher de vous avoir entretenus trop longuement de l'œuvre de Charton. Vous m'excuserez peut-être quand je vous dirai qu'ayant fait part à M. Gaston Tissandier de l'idée que j'avais eue de comparer le succès de la *Nature* à celui du *Magasin pittoresque*, il m'a aussitôt déclaré que rien ne pouvait lui être plus agréable que de voir son nom rapproché de celui de Charton dont il était l'élève et dont il s'honorait d'avoir été le collaborateur. Je ne savais pas avoir rencontré si juste, mais je n'en ai nullement été surpris.

Les qualités que je viens de signaler dans le *Magasin pittoresque*, le bon choix des sujets et la clarté, auxquelles j'aurais dû joindre l'indépendance et la probité scientifique la plus scrupuleuse, se retrouvent, en effet, au même degré, dans la *Nature*. Toutes les fois qu'on ouvre un volume ou un numéro de l'un de ces deux recueils, on se sent en bonne compagnie et l'on est bien sûr d'être à l'abri de cette infirmité trop commune de la presse, la réclame.

Quand, en 1873, M. Gaston Tissandier fonda la *Nature*, il ne chercha, en aucune façon, à faire concurrence au *Magasin pittoresque*, qui datait

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de 1833. Le plan de la nouvelle revue était, en effet, nous l'avons déjà dit, très différent de celui de son aîné. Celui-ci continuait et continue encore, à l'heure qu'il est, son œuvre essentiellement philosophique : la dernière venue devait et voulait surtout s'attacher à fournir, le plus promptement possible, des informations scientifiques. Je le répète, elle venait à son heure et répondait à ce besoin que nous connaissons bien, que nous éprouvons tous aujourd'hui, d'être tenus au courant des progrès si rapides des sciences physiques et de leurs applications à l'industrie, qu'elles transforment incessamment et, d'un autre côté, des découvertes utiles ou intéressantes faites dans le domaine de l'histoire naturelle, à la suite des explorations si fréquentes faites, de notre temps, dans toutes les parties du monde.

Vous savez ou vous pressentez aisément, Messieurs, comment et au prix de quel labeur M. Gaston Tissandier est parvenu à remplir ce programme, restreint en apparence si l'on voulait continuer la comparaison que j'ai faite tout à l'heure, en réalité si vaste encore et surtout si assujettissant, car, pour tenir les autres au courant, il faut d'abord s'y mettre soi-même et, par conséquent, être toujours en éveil.

Figurez-vous, et il vous suffira pour cela de vous reporter à tout ce que vous avez appris en lisant la *Nature*, ce qu'il faut entreprendre de recherches et entretenir de correspondances avec les inventeurs, les auteurs, les voyageurs, pour faire ensuite un choix judicieux parmi tous les renseignements que l'on parvient à recueillir, et vous conviendrez avec moi, j'en suis certain, que la tâche de rédacteur en chef de cette revue est l'une des plus ardues et des plus méritantes que l'on puisse imaginer.

Parmi les collaborateurs tous distingués et dont plusieurs ont une grande notoriété auxquels M. Gaston Tissandier se plaît à reporter le succès de sa revue, on ne saurait oublier les artistes de talent, dessinateurs, photographes et graveurs qui contribuent également à ce succès, en suivant les excellentes traditions de leurs devanciers et en profitant de tous les progrès des arts de reproduction. Quand le numéro arrive, chaque semaine sur votre table, je suis bien sûr que vous faites comme moi et que pour avoir une première idée de ce qu'il contient, vous jetez d'abord les yeux sur ces gravures toujours si intéressantes.

Mais n'est-ce pas encore, en même temps que celui de l'éditeur si distingué, M. G. Masson, faire l'éloge du rédacteur en chef qui a présidé à la composition et à l'arrangement des dessins et, en ce qui concerne les auteurs, les artistes, ne lui a-t-il pas fallu aussi les aller chercher et obtenir d'eux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qu'ils se conformassent à l'esprit de la publication qui leur impose des limites souvent très étroites pour exposer les sujets qu'ils ont à traiter, en même temps que l'obligation de rester à la portée du plus grand nombre sans renoncer à intéresser les personnes instruites et jusqu'aux savants?

C'est ce résultat vraiment remarquable qui a été atteint par le journal la *Nature*, où l'on trouve, pour ainsi dire à point nommé, des articles substantiels, en dépit de leur brièveté, sur les questions les plus nouvelles, souvent même sur des découvertes encore généralement ignorées ou méconnues.

On pourrait citer comme exemple l'invention merveilleuse du téléphone de Graham Bell, considérée tout d'abord comme une pure fantaisie d'imagination et bientôt devenue populaire en France grâce à la description raisonnée publiée par M. Gaston Tissandier.

Il ne pouvait être question, dans l'aperçu rapide que je devais vous présenter, de multiplier les citations et de passer en revue toutes les branches des sciences appliquées qui ont été suivies jour par jour dans leur développement par les rédacteurs de la *Nature*. Leur énumération seule eût été même trop longue, et je ne ferai que la résumer en quelques mots.

En parcourant les vingt volumes que M. Gaston Tissandier a offerts à la Société d'Encouragement, sans omettre, bien entendu, l'aéronautique, on trouve de nombreux articles sur l'astronomie, la géographie et toutes les sciences naturelles, y compris l'agriculture ; sur les grands travaux publics et l'art de l'ingénieur, la marine, l'art militaire, l'optique et les précieux instruments qui en dépendent et qu'elle inspire; la photographie et ses innombrables et merveilleuses applications, l'électricité devenue la science aux cent bras, la mécanique non moins féconde, la chimie qui crée sans cesse et transforme tout, sur l'hygiène, la statistique, que sais-je encore? Et n'avais-je pas raison d'hésiter à aborder cette nomenclature ?

J'ai qualifié, comme tout le monde, le *Magasin pittoresque* d'encyclopédie, mais ne sommes-nous pas de nouveau en présence d'un formidable ensemble de connaissances traitées, d'ailleurs, dans des conditions tout à fait différentes et sûrement plus délicates? En tenant compte, en effet, des circonstances dans lesquelles nous vivons, de l'accélération du mouvement scientifique et utilitaire de notre temps, nous devons reconnaître que celui qui a eu le courage d'entreprendre une publication destinée à suivre ce mouvement avait une foi robuste et qu'avec nos encouragements il a droit encore à notre reconnaissance. La proposition faite par le Comité des Arts économiques a été accueillie et la Société décerne à M. Gaston Tissandier une médaille d'or.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MÉDAILLES DE PLATINE

1. Soupape de sûreté, par M. G. DULAC.

M. Dulac a présenté à la Société une soupape de sûreté fort ingénieuse. On sait que les soupapes ordinaires ont le défaut de laisser la pression s'élever dans les chaudières au-dessus de la limite fixée. Il existe plusieurs genres de soupapes entièrement automatiques, capables de limiter effectivement la pression, parmi lesquelles celle de M. Dulac est simple et bien étudiée. En conséquence, sur la proposition du Comité des Arts mécaniques, le Conseil décerne une médaille de platine à M. Dulac.

2. Appareil pour le mélange rationnel des liquides qui ne se dissolvent pas, par M. MARIX.

M. Paul Marix a fait connaître un nouveau procédé destiné à opérer le mélange, dans des proportions exactement déterminées, de liquides qui ne se dissolvent pas, et qui réalise un progrès notable sur les procédés antérieurement usités. Le procédé est dès à présent utilisé dans la pratique avec le plus grand succès pour préparer certains produits alimentaires; c'est une application fort ingénieuse de divers principes combinés de manière à constituer une nouvelle méthode industrielle. C'est pourquoi la Société d'Encouragement accorde à M. Marix une médaille de platine.

MÉDAILLES D'ARGENT

1. Chauffeur-épurateur d'eau, par M. F. CHEVALET, ingénieur-chimiste, à Troyes.

On sait depuis longtemps qu'en chauffant l'eau, le carbonate de chaux qu'elle contient se dépose. Divers appareils ont été combinés pour appliquer industriellement ce principe, mais ils ne se sont pas répandus dans l'usage.

M. Chevalet a repris cette question, a perfectionné les appareils et a établi un modèle d'épurateur à cuves dans lequel l'acide carbonique est chassé par l'ébullition de l'eau et le barbotage de la vapeur. Cet épurateur donne des résultats avantageux pour l'alimentation des chaudières ; à la fin de 1892, on comptait 150 de ces appareils en service.

Pour ces motifs, la Société d'Encouragement accorde une médaille d'argent à M. Chevalet.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2. Cric à manivelle de sûreté, par M. G. DUBOIS.

M. Dubois est l'auteur d'une manivelle de sûreté pour crics, qui a déjà reçu de nombreuses applications, notamment aux Compagnies de chemins de fer de l'Est et de l'Ouest. Dans les crics ordinaires, la descente de la charge exige le soulèvement du cliquet, et, si on laisse alors échapper la manivelle, elle tourne avec une rapidité fort dangereuse. La disposition de M. Dubois évite ce danger : on ne relève plus le cliquet et on reste maître de la descente, pour laquelle il faut détourner la manivelle. Sur la proposition du Comité des Arts mécaniques, le Conseil le décerne une médaille d'argent à M. Dubois.

3. Système de graisseur, par M. G. DORIAN, constructeur, à Paris.

Sur la proposition du Comité des Arts mécaniques, le Conseil de la Société décerne une médaille d'argent à M. G. Dorian, constructeur, 80, quai Jemmapes, Paris, pour le graisseur automatique dont il est l'inventeur.

Ce graisseur, qui a le précieux avantage de fonctionner au besoin et immédiatement comme graisseur à main ordinaire, est installé dans de nombreuses usines où l'on en est parfaitement satisfait. M. G. Dorian a réalisé un réel progrès dans la construction de son graisseur.

4. Nouveau système de limes, par M. LECLERCQ.

M. F. Leclercq a présenté à la Société d'Encouragement des limes à taille interrompue par des sillons permettant une plus grande rapidité de travail, en même temps que le facile dégagement de la limaille. Ces limes peuvent servir, soit au travail des métaux, soit au travail du bois.

En raison des résultats obtenus par l'emploi de ces nouvelles limes, la Société accorde, sur la proposition du Comité des Arts mécaniques, une médaille d'argent à M. Leclercq.

5. Élasticimètre, par MM. NEEL et CLERMONT.

MM. Neel et Clermont ont fait construire un appareil dit Élasticimètre, dont le but est de rendre automatique et de traduire par un tracé graphique de grande précision les observations relatives à l'élasticité d'une barre éprouvette.

Ils ont triomphé des difficultés que présentait la réalisation de cet appareil.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les résultats des expériences sont inscrits sur des plaques de verre, permettant de tirer des épreuves photographiques, sur lesquelles apparaissent très nettement les lois auxquelles obéissent les barreaux élastiques et le moment précis où la limite d'élasticité est dépassée. La Société décerne à MM. Neel et Clermont une médaille d'argent.

MÉDAILLES DE BRONZE

1. **Réchaud à alcool**, par M. ALLAIN.

M. Allain a imaginé une lampe à alcool dont le fonctionnement est exempt de tout danger, et qui utilise en même temps le maximum de chaleur que le combustible peut produire.

Cette lampe est d'une construction simple; elle est peu susceptible d'être détériorée par le fonctionnement, et peut être construite économiquement; elle est ainsi appelée à rendre de réels services.

En conséquence, sur la proposition du Comité des Arts économiques, le Conseil de la Société décerne à M. Allain une médaille de bronze.

2. **Serrure de sûreté**, par M. LANGLASSÉ.

M. Charles Langlassé, mécanicien, avenue du Maine, 95, à Paris, a présenté à l'examen de la Société une serrure munie d'un avertisseur électrique destiné à signaler les tentatives faites pour ouvrir cette serrure.

Cette serrure est pourvue d'un mécanisme au moyen duquel une sonnerie électrique est mise en mouvement, soit qu'on agisse avec la clef ou le bouton, soit que l'on emploie une fausse clef ou tout autre objet en faisant fonction.

Le Conseil, sur la proposition du Comité des Arts mécaniques, accorde à M. Langlassé une médaille de bronze.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

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. Émilio Damour, séance du 22 juillet 1892. — Sur l'utilisation de la chaleur dans les fours à récupération.

Lindet, professeur à l'Institut agronomique, séance du 25 novembre 1892. — Sur l'exploitation des craies et sables phosphatés.

Dybowski, séance du 9 décembre 1892. — Sur les produits et les industries de l'Afrique centrale.

Ringelmann, directeur de la station d'essais des machines agricoles, séance du 24 février 1893. — Sur l'exposition des machines agricoles.

Séance du 28 avril 1893. — Dynamique de la vis.

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	Alem (François).	34	Ouvrier menuisier à la *Compagnie générale des Omnibus*, à Paris.
2	Bancillon (Joseph)	38	Contremaître chez MM. *Poure, O'Kelly et Cie*, manufacturiers à Boulogne-sur-Mer.
3	Berthelier (Joseph).	32	Contremaître à la *Compagnie des chemins de fer de l'Ouest*, à Rennes.
4	Buisson (Mme) Louise.	30	Surveillante chez MM. *Torrilhon et Verdier*, fabricants de caoutchouc, à Chamalières.
5	Carl (François).	39	Chef fondeur à la *Compagnie des chemins de fer de l'Est*, à Epernay.
6	Cellier (Jean-Baptiste)	33	Chef de chantier chez MM. *Torrilhon et Verdier*, fabricants de caoutchouc, à Chamalières.
7	Chabaille (Fidèle).	38	Trieur-magasinier à la *Faïencerie de Choisy-le-Roi*.
8	Chatelain (Urbain)	32	Contremaître-souffleur de verre à la *Société centrale de produits chimiques* (ancienne maison Rousseau), à Paris.
9	Clément (Louis).	57	Ouvrier chez M. *Zentz d'Alenois*, fabricant de draps, à Beauvais.
10	Danger (Auguste)	38	Contremaître chez MM. *Poure, O'Kelly et Cie*, manufacturiers, à Boulogne-sur-Mer.
11	Demosée (Théophile).	34	Ouvrier chez MM. *de Montgolfier et Cie*, à la papeterie de la Haye-Descartes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nos d'ordre.	NOMS ET PRÉNOMS.	ANNÉES DE SERVICE.	ÉTABLISSEMENTS AUXQUELS ILS APPARTIENNENT.
	MM.		
12	Denizot (Jean-Baptiste).	34	Ouvrier raboteur à la *Compagnie des Chemins de fer de l'Ouest*, à Paris.
13	Dresch (Antoine).	28	Ouvrier mécanicien à la maison *Bréguet*, à Paris.
14	Dutertre (Victor)	36	Ouvrier mécanicien chez MM. *Hillairet-Huguet*, constructeurs-mécaniciens, à Paris.
15	Fontenay (Henri)	37	Chef de magasin, chez MM *Boulenger et Cie* à la faïencerie de Choisy-le-Roi.
16	Fourcroy (Pierre)	34	Chef d'équipe à la *Société des ciments français et Portland*, à Boulogne-sur-Mer.
17	Gauchard (Edmond).	40	Ouvrier chagrineur chez M. *Petitpont*, manufacturier, à Choisy-le-Roi.
18	Gilles (Henri).	36	Ouvrier mécanicien chez MM. *Hillairet-Huguet*, constructeurs-méniciens, à Paris.
19	Hardouin (Pierre)	34	Ouvrier sellier, à la *Compagnie générale des Omnibus*, à Paris.
20	Hennevin (Charles).	34	Ouvrier chaudronnier à la *Société des anciens Etablissements Cail*, à Denain.
21	Hugonard (Joseph).	35	Ouvrier charron à la *Compagnie des chemins de fer de Paris-Lyon-Méditerranée*, à Lyon.
22	Huguet (Charles)	36	Ex-contremaître à la *Compagnie des chemins de fer de Paris-Lyon-Méditerranée*, à Marseille.
23	Jeulin (Prosper).	32	Ouvrier extracteur d'argile aux *Carrières* de Cessoy.
24	Lefèvre (Alexandre)	40	Contremaître à la *forge de Sainte-Colombe, Compagnie des forges de Châtillon et Commentry*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nos d'ordre.	NOMS ET PRÉNOMS.	ANNÉES DE SERVICE.	ÉTABLISSEMENTS AUXQUELS ILS APPARTIENNENT.
	MM.		
25	LÉPINE (Pierre)	40	Chef d'équipe à la *Société des ciments français et Portland*, à Boulogne-sur-Mer.
26	MARNAY (Louis)	34	Ouvrier chez MM. *de Montgolfier et Cie*, à la papeterie de la Haye-Descartes.
27	MATHIEU (André)	56	Ouvrier mineur à la houillère de Doyet, *Compagnie des forges de Châtillon et Commentry*.
28	MAYET (Pierre)	35	Ouvrier tourneur à la *Société des anciens Etablissements Cail*, à Paris.
29	MICHARD (Pierre)	56	Ouvrier mineur à Bezenet, *Compagnie des forges de Châtillon et Commentry*.
30	MICHAUD (Alphonse).	40	Ouvrier à la forge de Vierzon, *Compagnie des forges de Châtillon et Commentry*.
31	NOLOT (Mme) Antoinette	42	Ouvrière gardienne de la crèche chez MM. *Boulenger et Cie*, à la faïencerie de Choisy-le-Roi.
32	PARIS (Auguste).	37	Chef monteur à la *Compagnie des chemins de fer de l'Ouest*, à Sotteville.
33	PETIT (Paul)	37	Ouvrier caleur à la *Compagnie des chemins de fer de Paris-Lyon-Méditerranée*, à Paris.
34	PONSARDIN (Jérôme)	39	Ouvrier noireur chez M. *Petitpont*, manufacturier, à Choisy-le-Roi.
35	REMOND (Jules)	36	Chauffeur de générateur à la *Compagnie des chemins de fer de Paris-Lyon-Méditerranée*, à Paris.
36	ROCHE (Claude)..	38	Ouvrier chauffeur à la *Société Chameroy*, à Lyon.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nos d'ordre.	NOMS ET PRÉNOMS.	ANNÉES DE SERVICE.	ÉTABLISSEMENTS AUXQUELS ILS APPARTIENNENT.
	MM.		
37	Saillard (René).	38	Brigadier d'ajusteurs à la *Compagnie des chemins de fer de Paris-Lyon-Méditerranée*, à Oullins.
38	Sannier (Adolphe).	48	Ouvrier faïencier chez MM. *Boulenger et Cie*, à la faïencerie de Choisy-le-Roi.
39	Schiltz (Auguste).	42	Ouvrier plombier à la *Société Chameroy*, à Paris.
40	Soudre (Jean).	34	Conducteur de machine à la *Compagnie des chemins de fer de Paris-Lyon-Méditerranée*, à Paris.
41	Tellier (Théodore)	33	Chef d'équipe à la *Société des anciens établissements Cail*, à Paris.
42	Thom (Joseph)	41	Ouvrier charron à la *Compagnie générale des voitures*, à Paris.
43	Thoriel (Alexandre).	45	Ouvrier tourneur à la *Compagnie générale des voitures*, à Paris.
44	Tournay (Prosper).	35	Ouvrier chaudronnier à la *Société des anciens établissements Cail*, à Denain.
45	Voisot (Édouard)	54	Contremaître puddleur à la orge de Saint-Jacques, *Cie des forges de Châtillon et Commentry*, à Montluçon.

Les Secrétaires de la Société,

Ed. COLLIGNON. AIMÉ GIRARD.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MÉDAILLES

DÉCERNÉES AUX CONTREMAITRES ET OUVRIERS DES ÉTABLISSEMENTS MANUFACTURIERS ET AGRICOLES.

(Voir le tableau II.)

1. Alem (François-Adrien).

M. Alem, âgé de soixante-huit ans, est employé depuis trente-quatre ans à la Compagnie générale des omnibus, à Paris, en qualité de menuisier. C'est un excellent ouvrier qui a toujours donné satisfaction à ses chefs.

2. Bancillon (Joseph-Henry).

M. Bancillon, né en 1827, est entré comme ouvrier, le 2 août 1855, dans les ateliers de la fabrique de plumes métalliques de MM. Blanzy, Poure et C^ie^, à Boulogne-sur-Mer. Il est aujourd'hui contremaître dans cette fabrique, où depuis trente-huit ans il rend d'excellents services.

3. Berthelier (Joseph-Marie-Charles).

M. Berthelier, né à Versailles le 6 août 1838, est entré en qualité de serrurier à la Compagnie du chemin de fer de l'Ouest, aux ateliers de Vaugirard, le 23 janvier 1860; il est passé ensuite aux ateliers de Rennes le 1^er^ septembre 1865. Il a occupé successivement les emplois de serrurier, chef serrurier et contremaître de la serrurerie.

Pendant ses trente-deux années de service, M. Berthelier s'est constamment fait remarquer par son exactitude au travail et ses connaissances pratiques.

4. M^me^ Buisson (Louise).

M^me^ Buisson, née le 24 septembre 1835, à Clermont-Ferrand, est entrée le 1^er^ mai 1863, comme ouvrière confectionneuse à la fabrique de caoutchouc de MM. Torrilhon et Verdier, à Chamalières. Depuis 1868, elle est devenue surveillante de l'atelier de confection dans cette usine, où elle compte trente ans d'excellents services.

5. Carl (François).

M. Carl, né le 4 septembre 1833, à Scheibenhard (Bas-Rhin), est entré le 11 janvier 1853 à la Compagnie des chemins de fer l'Est, en qualité d'aide fon-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

deur; nommé ensuite fondeur le 25 octobre 1871, puis chef fondeur le 2 mai 1873, il dirige la fonderie de bronze aux ateliers d'Épernay. Depuis quarante ans, il s'est toujours fait remarquer par sa bonne conduite et son travail.

6. Cellier (Jean-Baptiste).

M. Cellier, né le 5 octobre 1843, à Clermont-Ferrand, est entré le 4 novembre 1860 à la fabrique de caoutchouc de MM. Torrilhon et Verdier à Chamalières, comme ouvrier tuyauteur. Il a rendu dans cette usine d'excellents services pendant trente-trois ans. Depuis 1865, il remplit les fonctions de chef de chantier de la fabrication des tuyaux.

7. Chabaille (Fidèle).

M. Chabaille, né le 17 mai 1832, à Belleuse (Somme), est entré en 1855 à la faïencerie de Choisy-le-Roi, où pendant trente-huit ans, sans interruption, il a rendu d'excellents services.

Employé aujourd'hui comme trieur-magasinier, il est titulaire d'une médaille de bronze de la Société française de tempérance et de la médaille d'honneur accordée par l'État, conformément au décret du 16 juillet 1886.

8. Chatelain (Urbain).

M. Chatelain, né en 1849, est entré en 1861, comme souffleur de verre, aux ateliers de la Société centrale de produits chimiques (ancienne maison Rousseau), où il occupe aujourd'hui le poste de contremaître. Il a apporté au travail du verre de nombreux perfectionnements et a rendu aux savants des services importants par la réalisation pratique d'idées conçues pour la construction de divers appareils.

9. Clément (Louis-Nicolas).

M. Clément, né à Fontaine-Saint-Lucien, le 25 août 1805, est entré en mars 1830 comme ouvrier dans la fabrique de draps de la maison Loignon, actuellement Zentz d'Alenois et Cie, à Beauvais, où il est resté jusqu'en 1887. Il a quatre-vingt-huit ans et compte cinquante-sept ans de services non interrompus dans cette maison où il s'est toujours fait remarquer par son assiduité au travail et sa conduite régulière.

10. Danger (Auguste).

M. Danger, né en 1835, est entré le 15 février 1855 dans les ateliers de la fabrique de plumes métalliques de MM. Blanzy, Poure et Cie, à Boulogne-sur-Mer.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il est actuellement contremaître, et rend depuis trente-huit ans d'excellents services dans cette maison.

11. Demosée (Théophile).

M. Demosée, né le 20 février 1846, est entré le 28 juin 1859, comme ouvrier papetier, à la papeterie de la Haye-Descartes. Depuis trente-huit ans qu'il est dans cette usine, il s'est toujours fait remarquer par sa conduite et son assiduité au travail.

12. Denizot (Jean-Baptiste).

M. Denizot, âgé de 72 ans, est entré à la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest le 16 juin 1858. Il est actuellement raboteur aux ateliers de Vaugirard; il compte ainsi trente-quatre ans de très bons services, ayant toujours donné l'exemple d'une excellente conduite et de l'exactitude au travail.

13. Dresch (Antoine).

M. Dresch est entré en 1865 comme ouvrier mécanicien dans la maison Bréguet. Il est aujourd'hui employé à la mécanique de précision où il s'est fait remarquer comme un véritable artiste. D'une conduite exemplaire, il compte actuellement vingt-huit ans d'excellents services.

14. Dutertre (Victor-Julien).

M. Dutertre, né le 21 mai 1834, à Chahains près d'Alençon, est entré dans les ateliers de construction mécanique de M. Breval en novembre 1857, actuellement ateliers de constructions électriques et mécaniques de MM. Hillairet et Huguet, à Paris. Cet ouvrier n'a cessé depuis trente-six ans de donner la plus entière satisfaction à ses chefs.

15. Fontenay (Henri).

M. Fontenay, né le 3 mars 1845 à Choisy-le-Roi, est entré le 5 mai 1856 comme ouvrier à la faïencerie de Choisy-le-Roi, où, après trente-sept ans de services continus, il occupe aujourd'hui le poste de chef de magasin.

Il est titulaire d'une médaille de bronze de la Société française de tempérance et de la médaille d'honneur accordée par l'État, conformément au décret du 16 juillet 1886.

16. Fourcroy (Pierre).

M. Fourcroy, né le 4 octobre 1834, à Boulogne-sur-Mer, est entré comme chaufournier aux établissements de la Société des ciments français et de Portland,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en juin 1859. Il compte aujourd'hui trente-quatre ans de service dans cette fabrique. Son travail assidu et sa très bonne conduite lui ont valu, depuis vingt ans, le poste de chef d'équipe.

17. Gauchard (Edmond).

M. Gauchard, né le 11 novembre 1841, est entré à la maroquinerie de Choisy-le-Roi, le 1er janvier 1853. Il est ouvrier chagrineur et a, en cette qualité, rendu des services importants depuis quarante ans.

18. Gilles (Henri).

M. Gilles, né le 5 juillet 1840, à Vitry (Seine), est entré dans les ateliers de constructions électriques et mécaniques de MM. Hillairet et Huguet, à Paris, anciennement maison Breval, en novembre 1857, lors de la fondation de cette maison. Excellent ouvrier, il n'a cessé depuis trente-six ans de donner la plus entière satisfaction à ses chefs.

19. Hardouin (Pierre).

M. Hardouin, âgé de 64 ans, est employé comme ouvrier sellier à la Compagnie générale des omnibus, à Paris. Toujours assidu au travail et d'une conduite exemplaire, il compte trente-quatre ans d'excellents services.

20. Hennevin (Charles).

M. Hennevin, né à Douchy (Nord), le 1er mai 1846, est entré dans les établissements Cail, à Denain, le 15 mai 1859, en qualité de chaudronnier, profession qu'il exerce encore.

C'est un ouvrier très actif et intelligent qui compte trente-quatre ans de très bons services.

21. Hugonard (Joseph).

M. Hugonard, né le 20 juin 1831, à Rives (Isère), est entré à la Compagnie des chemins de fer du Dauphiné le 12 juin 1857, en qualité de charron, au dépôt de Rives. Le 1er juillet 1863, il a passé à la Compagnie de Paris-Lyon-Méditerranée au dépôt de Grenoble et s'est retiré le 20 août 1892.

Pendant cette carrière de trente-cinq années, M. Hugonard a toujours donné entière satisfaction à ses chefs, par son travail et sa conduite.

22. Huguet (Charles-Désiré).

M. Huguet, né le 4 novembre 1825, à Lille (Nord) est entré à la Compagnie du chemin de fer de la Méditerranée, aux ateliers du matériel, à Arles, comme

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ouvrier ajusteur. Le 28 octobre 1864, il est passé, en qualité de chef monteur, au dépôt de Marseille, puis il a occupé à Nice l'emploi de contremaître de l'entretien du 1er juillet 1876 au 1er juillet 1892, époque à laquelle il a pris sa retraite.

Pendant sa longue carrière, comprenant trente-six années de service, M. Huguet a toujours fait preuve d'une conduite exemplaire et s'est distingué par ses aptitudes particulières et une grande activité.

23. Jeulin (Prosper-Pierre).

M. Jeulin, né le 25 novembre 1846, à Dontilly (Seine-et-Marne), chef extracteur d'argile à Dontilly, dirige et surveille à la satisfaction de ses chefs, depuis trente-trois ans, les extractions de terre destinées à la faïencerie de Choisy-le-Roi, à Cessoy (Seine-et-Marne).

M. Jeulin est titulaire de la médaille d'honneur accordée par l'État, conformément au décret du 16 juillet 1886.

24. Lefèvre (Alexandre).

M. Lefèvre, âgé de soixante-six ans, compte quarante ans de bons services à la Société anonyme des forges de Châtillon et Commentry. Il est actuellement contremaître à la forge de Sainte-Colombe près de Châtillon-sur-Seine, et s'est toujours fait remarquer par son zèle et son activité.

25. Lépine (Pierre).

M. Lépine, né le 27 mars 1829, à Boulogne-sur-Mer, est entré le 10 février 1853 comme manœuvre dans les établissements de la Société des ciments français et de Portland, à Boulogne-sur-Mer. Il s'est montré d'un dévouement et d'une conduite exemplaires pendant les quarante années passées dans ces établissements où il remplit actuellement les fonctions de chef d'équipe.

26. Marnay (Louis).

M. Marnay, né le 5 avril 1821, est entré le 1er octobre 1858, comme ouvrier papetier, à la papeterie de la Haye-Descartes (Indre-et-Loire), où depuis plus de trente-quatre ans il a rendu d'excellents services.

27. Mathieu (André).

M. Mathieu, âgé de soixante-dix-neuf ans, est entré comme ouvrier mineur en 1836 à la houillère de Doyet appartenant à la Société anonyme des forges de Châtillon et Commentry; il a rempli successivement les fonctions de chef de poste et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de surveillant et il est maintenant manœuvre aux estacades. Il compte cinquante-six ans d'excellents services, s'étant fait constamment remarquer de ses chefs par son travail et son assiduité.

28. Mayet (Pierre).

M. Mayet, né à Saint-Étienne, le 7 décembre 1822, est entré comme ouvrier dans les établissements Cail, à Paris, en 1858. Il y est actuellement employé comme tourneur et il compte trente-cinq ans de très bons services, ayant toujours été très assidu et exact à son travail.

29. Michard (Pierre).

M. Michard, âgé de soixante-dix-sept ans, compte cinquante-six ans de bons services comme ouvrier mineur, à Bézenet (Allier), mine dépendant de la Société anonyme des forges de Châtillon et Commentry. C'est un ouvrier zélé et d'une très bonne conduite.

30. Michaud (Alphonse).

M. Michaud, âgé de soixante-six ans, est ouvrier à la forge de Vierzon appartenant à la Société anonyme des forges de Châtillon et Commentry. Très travailleur et d'une très bonne conduite, il compte quarante ans d'excellents services.

31. Mme Nolot (Antoinette).

Mme Nolot, née le 26 février 1839 à Choisy-le-Roi, est entrée comme ouvrière à la faïencerie de Choisy-le-Roi, le 13 mai 1851. Elle a rendu dans cet établissement les meilleurs services depuis quarante-deux ans.

Elle est actuellement gardienne de la crèche de la faïencerie, et elle est titulaire de la médaille d'honneur accordée par l'État, conformément au décret du 16 juillet 1886.

32. Paris (Auguste-Émile).

M. Paris, âgé de cinquante-six ans, est entré en qualité de monteur à la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest, le 20 novembre 1854; il occupe actuellement et depuis très longtemps l'emploi de chef monteur aux ateliers de Sotteville. C'est un ouvrier habile et intelligent qui a rendu des services depuis trente-sept ans qu'il est à la Compagnie ; il a toujours donné l'exemple de l'assiduité au travail et de la bonne conduite.

33. Petit (Paul-François).

M. Petit, âgé de soixante-quatre ans, est entré à la Compagnie des chemins de fer de Paris-Lyon-Méditerranée, le 5 mai 1855; il a été successivement occupé

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en qualité de manœuvre et de caleur, emploi qu'il occupe actuellement aux ateliers de machines de Paris. Depuis plus de trente-sept ans qu'il est à la Compagnie, il a rendu de réels services ; il s'est toujours fait remarquer par son caractère, sa conduite exemplaire, ses aptitudes professionnelles et une parfaite honorabilité.

34. PONSARDIN (Jérôme).

M. Ponsardin, né le 15 novembre 1806, est entré à la maroquinerie de Choisy-le-Roi, le 4 novembre 1854, où il est employé comme ouvrier noireur. Il compte trente-neuf ans d'excellents services ; ouvrier habile et intelligent, il a fait faire à l'industrie du maroquin des progrès intéressants.

35. RÉMOND (Jules-François).

M. Rémond, âgé de soixante-six ans, est entré à la Compagnie des chemins de fer de Paris-Lyon-Méditerranée le 4 mars 1856, en qualité d'aide-chauffeur ; il est actuellement chauffeur de générateur aux ateliers de machines de Paris. Il compte plus de trente-six ans de très bons services, se faisant remarquer par sa conduite exemplaire et son assiduité au travail.

36. ROCHE (Claude).

M. Roche, né à Lyon, est entré à l'usine de Lyon de la Société des tuyaux Chameroy, actuellement de Singly et C^ie^, en juillet 1855. Il est employé comme chauffeur et compte trente-huit ans de bons services ; il a toujours été très assidu à son travail et a fait preuve d'une excellente conduite.

37. SAILLARD (René).

M. Saillard, entré le 10 août 1854 aux ateliers de MM. Parent et Schaken à Oullins, passa en novembre 1861 à la Compagnie des chemins de fer de Paris-Lyon-Méditerranée, lorsque celle-ci reprit l'exploitation des établissements d'Oullins ; il est actuellement brigadier d'ajusteurs.

Il compte trente-huit ans de très bons services ; son exactitude, sa conduite irréprochable et sa parfaite honorabilité ont toujours attiré l'attention de ses chefs.

38. SANNIER (Adolphe-Jules).

M. Sannier, né le 27 juillet 1837 à Choisy-le-Roi, ouvrier faïencier, est entré à la faïencerie de Choisy-le-Roi en 1848.

Malgré vingt-deux mois d'interruption en 1859 et 1860, M. Sannier compte dans cet établissement quarante-trois ans de bons services. Il est titulaire d'une médaille de bronze de la Société française de tempérance, d'une médaille de la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Société des apprentis et de la médaille d'honneur accordée par l'État conformément au décret du 16 juillet 1886.

39. Schiltz (Auguste).

M. Schiltz, né à Pierrepont (Moselle), est entré en août 1851, à la Société des tuyaux Chameroy, actuellement de Singly et Cie; il est employé comme plombier à l'usine de Paris. Il compte ainsi quarante-deux ans de très bons services, et s'est toujours montré zélé dans son travail et d'une conduite parfaite.

40. Soudre (Jean-Louis).

M. Soudre, âgé de soixante-quatorze ans, conducteur de machines aux ateliers de Paris, est entré à la Compagnie des chemins de fer de Paris-Lyon-Méditerranée le 1er février 1858; occupé d'abord comme monteur, il est devenu ensuite conducteur de machine et, pendant plus de trente-quatre ans, il s'est tout particulièrement fait remarquer par son exactitude, sa conduite exemplaire et ses aptitudes professionnelles.

41. Tellier (Théodore-Alexis).

M. Tellier, né à Longeau (Haute-Marne) le 7 juillet 1828, est entré aux établissements Cail à Paris le 1er février 1860, comme simple manœuvre. Après avoir fait sept années de service militaire, il est rentré dans les mêmes ateliers où il est devenu chef d'équipe, poste qu'il remplit actuellement. Il compte ainsi trente-trois ans d'excellents services se montrant toujours actif, intelligent et d'une conduite irréprochable.

42. Thom (Joseph).

M. Thom, âgé de soixante ans, est entré dans les ateliers de la Compagnie générale des voitures, à Paris, le 1er octobre 1851, où il est actuellement employé en qualité de charron. Depuis les quarante et une années qu'il est entré dans cette Compagnie, ses chefs n'ont eu qu'à se louer de son travail, de son activité et de sa bonne conduite.

43. Thoriel (Alexandre).

M. Thoriel, âgé de cinquante-sept ans, est entré à la Compagnie générale des voitures à Paris, le 1er mai 1852, où il exerce la profession de tourneur dans les ateliers. C'est un ouvrier intelligent, actif et probe qui compte quarante ans d'excellents services.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

44. Tournay (Prosper).

M. Tournay, né à Denain le 10 janvier 1842, est entré aux établissements Cail à Denain le 10 décembre 1858, où il est employé en qualité de chaudronnier. Ouvrier très actif et intelligent, il compte trente quatre ans de très bons services.

45. Voisot (Edouard).

M. Voisot, âgé de soixante-deux ans, est entré comme ouvrier à la Compagnie des forges de Châtillon et Commentry, à la forge de Saint-Jacques à Montluçon, où il est encore actuellement en qualité de contremaître du puddlage. Il compte cinquante-quatre ans de services ; actif et intelligent, il s'est toujours attiré l'estime de ses supérieurs par sa conduite et son zèle au travail.

SÉANCES DU CONSEIL D'ADMINISTRATION

PROCÈS-VERBAUX

Séance générale du 9 juin 1893

DISTRIBUTION DES RÉCOMPENSES DÉCERNÉES POUR L'ANNÉE 1893.

Présidence de *M. Tisserand*, Président.

Le fauteuil de la présidence est occupé par *M. Tisserand*, président de la Société. A ses côtés siègent *MM. le colonel Pierre* et *Gustave Roy*, vice-présidents ; *MM. Collignon* et *Aimé Girard*, secrétaires.

M. le Président ouvre la séance et prononce le discours d'usage. (Voir au *Bulletin*.)

Distribution des prix et médailles. — **Grande médaille.** — Le Conseil d'administration de la Société, sur la proposition du Comité d'agriculture, décerne, en 1893, la grande médaille d'agriculture à *M. Lecouteux*, membre de la Société nationale d'agriculture, professeur au Conservatoire des arts et métiers, ancien professeur à l'Institut agronomique, etc. (*M. Heuzé*, rapporteur).

Prix Fourcade *pour les ouvriers des fabriques de produits chimiques.* — Le prix pour 1893 est décerné à *M^lle Floris* (Marie-Joseph), ouvrière attachée à la manufacture de parfums de *M. Chiris,* à Grasse (Alpes-Maritimes) (*M. Aimé Girard*, rapporteur).

Prix Melsens. — Le prix est décerné, en 1893, à *M. Trouvé* (Gustave), pour l'ensemble de ses travaux sur les applications de l'électricité (*M. le général Sebert,* rapporteur).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Prix de 3000 francs *pour le perfectionnement de l'aérage des mines.* — Le prix est décerné à *M. Murgues*, ingénieur de la Compagnie houillère de Bessèges (*M. Haton de la Goupillière*, rapporteur).

Prix de 2000 francs *pour une étude de coefficients nécessaires au calcul mécanique d'une machine aérienne.* — Un encouragement de 500 francs est décerné à *M. l'abbé Le Dantec*, professeur à Tréguier (Côtes-du-Nord) (*M. Hirsch*, rapporteur).

Prix de 2000 francs *pour l'invention de procédés nouveaux permettant d'utiliser le pétrole avantageusement et sans danger, soit dans l'industrie, soit dans l'économie domestique.* — Un encouragement de 1000 francs est décerné à *M. le docteur Paquelin*, à Paris (*M. Bardy*, rapporteur).

Prix de 3000 francs *pour l'étude des ferments alcooliques.* — Le prix est décerné à *M. Kayser*, sous-directeur du laboratoire des fermentations à l'Institut national agronomique, à Paris (*M. Muntz*, rapporteur).

Prix de 2000 francs *pour les meilleures expériences pour l'alimentation du bétail.* — Le prix est décerné à *M. Girard* (Ant.-Ch.), chef des travaux chimiques à l'Institut national agronomique, à Paris (*M. Muntz*, rapporteur).

Prix de 2000 francs *pour une étude économique d'un centre industriel en France.* — Le prix n'est pas décerné.

Une médaille d'or est accordée à *M. Eug. Lebœuf* pour son étude sur l'industrie sardinière ayant pour devise : *La pêche a poussé les hommes à devenir industrieux, navigateurs et commerçants.*

Une médaille d'argent est accordée à *M. Thiollier*, secrétaire général de la Chambre de commerce de Saint-Étienne, pour son étude imprimée sur la Chambre de commerce de Saint-Étienne et sur les industries de sa circonscription (*M. Cheysson*, rapporteur).

Prix de 1000 francs *pour un obturateur photographique.* — Le prix de 1000 francs est décerné à *M. Decaux* (René), à Houilles (Seine-et-Oise).

Un prix de 500 francs est décerné à *M. Chavanon*, à Lyon (*M. Davanne*, rapporteur).

I. *Liste des médailles décernées par la Société pour des inventions ou des perfectionnements aux arts industriels.* — Médailles d'or. — *MM. Figuier* (L.), ensemble de travaux; *Fournier*, plan incliné pour transbordement des bateaux; *Mustel*, orgue *Celesta; Peyrusson*, décoration de la porcelaine; *Tissandier*, ensemble de travaux.

Médailles de platine. — *Dulac*, soupape de sûreté et études sur ce sujet; *Marix*, appareil pour la formation rationnelle des mélanges.

Médailles d'argent. — *Chevalet*, réchauffeur épurateur d'eau; *Dubois*, cric de sûreté; *Dorian*, graisseur; *Leclercq*, système de limes; *Neel* et *Clermont*, élasticimètre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Médailles de bronze. — *Allain,* réchaud à alcool; *Langlassé*, serrure de sûreté.

Médailles commémoratives. — Des médailles commémoratives sont remises aux personnes n'appartenant pas à la Société qui ont fait des communications importantes.

M. Damour (Émilio), séance du 27 juillet 1892. — Utilisation de la chaleur dans les fours à récupération.

M. Lindet, séance du 25 novembre 1892. — Exploitation et enrichissement des craies et sables phosphatés.

M. Dybowski, séance du 9 décembre 1892. — Produits et industrie de l'Afrique centrale.

M. Ringelmann, séance du 10 février 1893. — Ensemble de machines agricoles exposées au Concours général.

Séance du 28 avril 1893. — Dynamique de la vis.

II. *Liste des contremaîtres et ouvriers auxquels ont été décernées des médailles d'encouragement.* (Voir au *Bulletin.*)

Séance du 23 juin 1893.

Présidence de *M. le Colonel Pierre*, vice-président.

M. Larsonnier, avenue de l'Opéra, 27. — Perfectionnement à la machine à vapeur. (Arts mécaniques.)

M. Belmont, mécanicien, à Pont-de-Beauvoisin (Isère). — Note relative à une machine à huile lourde. (Arts mécaniques.)

M. Jean Knusly, rue de la Corderie, 9. — Système de ferrure pour les chevaux. (Agriculture.)

M. Alfred Basin, à Lillers (Pas-de-Calais). — Système automatique d'éclairage des bouées en mer. (Arts mécaniques.)

M. Chatiliez, ingénieur-électricien de la station centrale d'éclairage électrique de Montmédy. — Rapport sur l'éclairage de cette station et sur la fabrication d'accumulateurs qui y est annexée. (Arts mécaniques.)

M. Mosin, rue de Grenelle, 138. — Appareil supprimant le cordon des concierges. (Arts mécaniques.)

M. Alain Bougourd, agent du Yacht-Club de France, à Saint-Malo. — Bordure-enveloppe de sûreté pour lettres. (Arts économiques.)

M. Lacroix, ingénieur électricien, 140, boulevard Chave, à Marseille. — Appareil d'expérience relatif à l'électricité. (Arts économiques.)

M. Barès, rue Popincourt, passage Raoul, 17. — Panier à salade pour faciliter l'emballage à l'exportation. (Arts économiques.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Auguste Corbie, rue Poulet, 26. — Procédés pour la conservation des cadavres pendant un temps indéfini. (Arts économiques.)

M. Haton de la Goupillière, présente à la Société l'ouvrage de *MM. Fuchs* et *de Launay*, intitulé : *Traité des gîtes minéraux et métalliques* (chez Baudry, 2 gros volumes grand in-8°).

La Société a conservé le souvenir de Fuchs qui lui a appartenu autrefois. Ce remarquable ingénieur avait consacré une vie entière et une infatigable activité à des voyages scientifiques qui lui avaient permis de rassembler les notes les plus étendues et les plus variées. Il a été appelé à créer à l'École des Mines un cours nouveau sur la théorie des gîtes minéraux. Sa mort imprévue laissait inachevée une œuvre considérable, et toutes ses notes sans application. Son successeur dans le cours de géologie appliquée, M. de Launay, appartenant comme Fuchs au corps des Mines, a reçu de M^me^ Fuchs les matériaux laissés par son mari. Les qualités personnelles de M. de Launay, sa haute érudition, les nombreux voyages qu'il a exécutés lui-même dans les contrées les plus diverses, l'ont mis à même de donner aux documents laissés par son prédécesseur toute leur valeur. Cette remarquable collaboration a donné naissance à un livre excellent, qui vient combler une lacune importante de la manière la plus remarquable.

Il appartiendra au rapporteur désigné de mettre les qualités de cet ouvrage en lumière; M. le Président voulant bien le renvoyer à l'examen du Comité des Arts chimiques.

M. Haton de la Goupillière présente encore à la Société un volume de *M. Daniel*, ingénieur des arts et manufactures, intitulé : *Les explosifs, le grisou et les poussières de houille*. Cet ouvrage émane d'un praticien consciencieux et expérimenté. Il semble mériter un examen attentif de la part du Comité des Arts chimiques. (Arts chimiques.)

M. le Ministre de l'Instruction publique, des Beaux-Arts et des Cultes adresse le programme du Congrès des Sociétés savantes à la Sorbonne en 1894.

Ouvrages offerts a la société. — *Œuvres* de *Lavoisier*, tome VI. — *Œuvres d'Augustin Cauchy*, 1^re^ série, tome VIII. — *Œuvres de Laplace*, tome IX, par *M. le Ministre de l'Instruction publique.*

Statistique des chemins de fer français au 31 décembre 1890. — Documents divers. — France. — Intérêt local. — Algérie et Tunisie, par *M. le Ministre des Travaux publics.*

Rapports faits au nom de la Commission du budget chargée d'examiner le projet de loi portant fixation du budget général de l'exercice 1894, par M. *J. Siegfried*, député. — Service du commerce et de l'industrie. — École centrale des arts et manufactures. — Musée d'économie sociale au Conservatoire des arts et métiers, par *M. Jules Siegfried*, correspondant de la Société.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La Grève de Carmaux. — De l'arbitrage légal et des conditions de l'harmonie dans l'industrie, par *M. Gibon*, membre du Conseil de la Société.

Smithsonian contribution to knowledge. — On the application of interference methods to spectroscopie measurements, by *Albert A. Michelson*.

Thermal storage. — Reports and press notices, Londres, offert par *M. Chapmann*, correspondant de la Société.

Association alsacienne des propriétaires d'appareils à vapeur. — Section française. — Exercice 1892.

La filature du coton par les machines modernes, par *Delessard*, ingénieur des arts et manufactures, 1 vol. in-8°, avec atlas in-4°, Bernard et Cie, éditeurs.

Emploi de la tourbe comme litière et engrais, par *Ch. Poirson*, professeur d'agriculture à l'École Mathieu de Dombasle.

Instruction sur les mesures à prendre pour remédier à la disette des fourrages, par *L. Magnien*, professeur départemental d'agriculture de la Côte-d'Or et *J. Guichard*, professeur spécial d'agriculture à Nuits-Saint-Georges.

Nos éclairages : électricité, gaz, pétrole, par *Jules Bure fils*. Gand.

Office du travail. — *De la conciliation et de l'arbitrage dans les conflits collectifs entre patrons et ouvriers en France et à l'étranger*, offert par *M. le ministre du Commerce et de l'Industrie*.

NOMINATION DE MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ. — Sont nommés membres de la Société :

M. Peyrusson, professeur à Limoges, présenté par *MM. de Luynes* et *Lechâtelier*.

M. Violle, professeur au Conservatoire des arts et métiers, présenté par *M. Laussedat*.

M. Gérard Lavergne, ingénieur civil à Nîmes, présenté par *MM. G. Richard* et *Josse*.

M. Ringelmann, professeur à l'École d'agriculture de Grignon, présenté par *MM. Tisserand* et *A. Girard*.

RAPPORTS DES COMITÉS. — *Déclarations de vacances dans les Comités. — M. Haton de la Goupillière* demande au Conseil de déclarer une vacance dans le Comité des Arts mécaniques pour procéder à l'élection d'un membre, en remplacement de M. Redier, décédé.

Cette vacance est déclarée.

M. le général Sebert demande au Conseil de déclarer une vacance dans le Comité des Arts économiques pour procéder à l'élection d'un membre en remplacement de M. Henri Péligot, décédé.

Cette vacance est déclarée.

Technologie textile. — M. Imbs fait, au nom du Comité des Arts mécaniques, un rapport sur la traduction faite par *M. André Simon* de l'ouvrage de M. Reh intitulé : *Traité de la fabrication de la bonneterie*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le Comité des Arts mécaniques propose de remercier M. André Simon de sa communication et de le féliciter pour l'utile travail qu'il a accompli par cette excellente traduction de l'ouvrage de M. F. Reh, et propose d'insérer le présent rapport au *Bulletin*.

Ces conclusions sont adoptées.

Règlements d'atelier. — *M. E. Gruner* fait, au nom du Comité du Commerce, un rapport sur la question des règlements d'atelier, question qui a été posée devant le Parlement par une proposition de loi présentée par un groupe de députés.

M. Gruner estime que l'utilité d'une intervention législative dans la question des règlements d'atelier n'est point démontrée, mais qu'en tous cas, si le Parlement devait aborder cette question, il devrait laisser aux patrons la responsabilité de la rédaction du règlement, se contenter de limiter la quotité des amendes, et rendre réciproque le délai de prévenance pour celles des industries où un pareil délai peut être introduit sans inconvénients.

Le Comité du Commerce propose d'adopter les conclusions du présent rapport et de l'insérer dans le *Bulletin* de la Société.

Plusieurs membres proposent l'impression immédiate du rapport et demandent qu'il soit transmis de suite à la Commission sénatoriale chargée d'étudier la proposition de loi, et à M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie.

Ces conclusions sont adoptées.

Communications. — *Touage électro-magnétique.* — *M. de Bovet* fait une communication sur diverses applications industrielles de l'adhérence entre un électro-aimant et son armature.

La première de ces applications a été faite en vue d'améliorer les conditions d'exploitation du touage sur chaîne noyée.

Sur les cours d'eau où il existe un courant sensible, le touage sur chaîne a, à la remonte, un avantage notable sur le remorquage, avantage d'autant plus grand que le courant est plus rapide, tel que sur les fleuves à grand courant, le touage seul permet de faire en remonte la traction de trains de bateaux.

A la descente, au contraire, le touage est, en tous cas, moins avantageux que le remorquage.

Il faut, pour qu'un toueur puisse fonctionner utilement, qu'il ne patine pas sur la chaîne, et jusqu'ici l'adhérence nécessaire n'a pu être obtenue qu'en réalisant, sur deux treuils à gorges parallèles, l'enroulement de la chaîne suivant un très grand angle, de la même façon qu'est enroulée une corde sur les poulies à gorges d'une moufle. On fait d'ordinaire 4 demi-tours sur chaque treuil, la longueur de chaîne enroulée ainsi sur l'appareil de touage est d'au moins 40 mètres.

Dans ces conditions, quand un toueur a fini de monter un train, il ne peut pas pratiquement quitter la chaîne. Il ne saurait le faire, en effet, que par deux moyens :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1° Ou en jetant à l'eau ces 40 mètres existant sur les treuils ou en créant ainsi, au point où se fait l'opération, une quantité de mou dangereuse pour le toueur suivant.

2° Ou en coupant la chaîne et reportant à l'aval la quantité existant sur les treuils. Il en résulterait un déplacement longitudinal de la chaîne de 40 mètres par voyage.

Il faudrait donc que toutes les parties de la chaîne, venant successivement en chaque point du parcours, fussent toujours au degré maximum de solidité, d'où des conditions d'entretien infiniment trop onéreuses.

Il résulte de là qu'en pratique les toueurs vont et viennent sur la même chaîne, ne faisant d'ordinaire pas de traction en descente (ce à quoi ils sont peu aptes), mais encombrant la voie des toueurs montants, et obligeant à des manœuvres longues et parfois difficiles.

Ce serait cependant pour l'industrie du touage une amélioration considérable que de pouvoir utiliser ces bateaux à la montée comme toueurs et à la descente comme remorqueurs, c'est-à-dire, dans chaque sens, dans les meilleures conditions de marche, et de réaliser ainsi, avec une chaîne unique, un service à deux voies. Il suffirait pour cela d'ajouter au toueur ordinaire un appareil de propulsion, roues à aube, ou hélice, mais à condition de pouvoir facilement quitter la chaîne, et il faudrait pour cela obtenir l'adhérence nécessaire en n'y employant qu'une très faible longueur de chaîne.

M. de Bovet a résolu le problème en remplaçant les deux treuils à gorges parallèles par une poulie aimantée de $1^m,25$ de diamètre sur laquelle la chaîne ne fait que trois quarts de tour, ce qui représente une longueur de chaîne de 3 mètres seulement. Cette poulie aimantée n'est autre chose qu'un solénoïde ordinaire dont les pièces polaires sont développées de façon à former les deux côtés de la gorge de la poulie. Le circuit magnétique est alors fermé en très court circuit par le fer de la chaîne. Une poulie de $1^m,25$ en acier peut donner, avec de la chaîne de 15 kilos et demi le mètre faisant trois quarts de tour, une adhérence d'environ 10000 kilos avec une dépense de courant de 4 à 5 chevaux.

M. de Bovet décrit un toueur qui vient d'être construit et mis en service pour le compte de la Compagnie de touage de la Basse-Seine et de l'Oise, avec une poulie à adhérence magnétique. Ce bateau est en service régulier depuis trois mois, et répond pleinement au programme en vue duquel il a été construit.

M. de Bovet projette diverses photographies de ce toueur.

Il expose ensuite comment il pense pouvoir utiliser la même poulie aimantée, avec des dimensions beaucoup plus réduites ($0^m,40$ de diamètre seulement) pour apporter une solution nouvelle au problème de la traction mécanique des bateaux sur les canaux.

Il faut, sur les canaux, que chaque bateau puisse être tractionné isolément.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le programme consiste à réaliser un appareil de touage petit et léger, amovible, pouvant être placé sur les bateaux à leur entrée en canal pour leur être repris à la sortie et comportant une poulie de touage aimantée, une dynamo motrice, et de l'un à l'autre les transmissions de mouvement renversable. Le courant nécessaire serait pris sur une ligne aérienne installée le long des berges comme dans beaucoup de tramways électriques, et à condition d'avoir une chaîne noyée, chaque péniche deviendra pendant la traversée du canal un petit toueur indépendant qui pourra être manœuvré par le marinier lui-même sans qu'il ait besoin du concours d'un mécanicien.

Dans ces poulies de touage, l'effet total d'adhérence est dû pour partie à l'attraction directe entre l'aimant et la chaîne, pour partie à l'enroulement suivant un assez grand angle d'un organe flexible.

M. de Bovet expose comment, en restant exactement dans le même ordre d'idées et en remplaçant la chaîne par une corde sabotée, il est possible de réaliser un frein magnétique applicable aux voitures de chemins de fer, très modérable, absolument simultané, et pouvant très facilement être rendu automatique. Même pour des wagons lourds et aux très grandes vitesses, ce frein n'exigerait qu'une dépense d'énergie très minime (40 volts environ par essieu).

En renonçant à l'emploi d'un organe flexible et en mettant une poulie aimantée simplement tangente à un volant, on peut obtenir une adhérence suffisante pour la transmission à grande vitesse d'un travail de quelques chevaux. Une telle disposition peut être avantageuse pour éviter l'emploi d'engrenages à la première transformation de vitesse dans les commandes pour petites dynamos tournant très vite.

Enfin en modifiant légèrement la forme de la poulie, M. de Bovet montre comment on peut réaliser des embrayages, à mâchoires, unis, très simples, susceptibles de transmettre jusqu'à de très grands efforts et d'embrayer sans choc à de très grandes vitesses. Plusieurs de ces appareils sont déjà en service.

M. le Président remercie *M. de Bovet* de son intéressante communication qui est renvoyée au Comité des Arts économiques.

Réfractomètre. — *M. Pellin* présente un réfractomètre qu'il a construit d'après les indications de *M. Ch. Féry*.

Cet appareil est des plus simples, il est rapide, ne nécessite l'emploi d'aucune formule, ne demande aucune manipulation délicate, le résultat est exprimé en indices, c'est-à-dire donne par une simple lecture le rapport $\sin a : \sin r$ seul comparable aux chiffres obtenus par d'autres expérimentateurs.

Le principe de l'appareil est le suivant : il consiste à annuler, par un prisme solide d'angle variable et d'indice constant, la déviation imprimée à un rayon lumineux par un prisme creux d'angle fixe rempli du liquide dont on veut mesurer l'indice.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La cuve est constituée de la manière suivante : les deux faces d'un prisme à liquide, d'angle assez petit, sont fermées par deux bandes de glace identiques, planes à l'intérieur et convexes extérieurement.

La lumière monochromatique sodée tombe sur la fente du collimateur qui porte un réticule vertical. Les rayons sortant du collimateur tombent sur la cuve et sont reçus ensuite dans une lunette à réticules à croix de Saint-André. La cuve, portée par une plate-forme en verre noir, se déplace suivant sa longueur, perpendiculairement à l'axe optique de l'appareil au moyen d'un bouton moleté.

Dans son mouvement rectiligne, la glissière portant la cuve entraîne un vernier qui se déplace devant une graduation fixe, donnant directement les deux premières décimales de $(x—1)$, le vernier au 1/10 donne les millièmes.

Chaque centième d'indice est représenté par un millimètre environ sur la graduation de l'appareil de laboratoire.

M. le Président remercie *MM. Pellin* et *Fery* de leur communication qui est renvoyée au Comité des Arts économiques.

Le Gérant : J.-H. GINESTOU.

Paris. — Typ. Chamerot et Renouard, 19, rue des Saints-Pères. — 36226.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

92e ANNÉE. Quatrième Série, Tome VIII. AOUT 1893.

BULLETIN

DE

LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

ARTS MÉCANIQUES

RAPPORT *fait par* M. BRÜLL, *au nom du Comité des Arts mécaniques, sur le* GÉNÉRATEUR DE VAPEUR DE M. HENRI MARTIN, 2, *rue Sevestre, à Sotteville-lès-Rouen* (*Seine-Inférieure*).

M. Henri Martin, chef chaudronnier à la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest, à Sotteville, a présenté à la Société un système de générateur de vapeur dont il est l'inventeur et pour lequel il a été breveté le 15 mai 1889.

M. Henri Martin dirigeait, dès sa jeunesse, le montage des installations de sucreries et distilleries. Ainsi initié aux divers aspects du difficile problème de la vaporisation, il s'occupa de la construction et de l'entretien des ouvrages de chaudronnerie.

Attaché plus tard à divers établissements comme ouvrier, contremaître et chef d'atelier, il a acquis cette expérience que la pratique du métier peut donner à un homme instruit et observateur.

On peut prévoir, d'après ces explications, que la chaudière combinée par M. Martin ne présentera pas de ces innovations audacieuses d'un succès toujours incertain et difficile, mais qu'on y trouvera plutôt un groupement habile d'éléments déjà éprouvés.

M. Martin s'est proposé de produire la vapeur économiquement, avec sécurité, dans un espace restreint ; il a cherché à éviter la fumée et à rendre faciles et rapides le nettoyage et l'entretien de la chaudière.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ayant tracé tous les dessins de son générateur, il en a établi un modèle au cinquième.

Puis il a étudié et fait construire à Rouen un générateur de 150 mètres carrés de surface de chauffe qui est en service depuis le 15 juillet 1891 chez MM. Long frères, manufacturiers, à Deville-lès-Rouen. Nous décrirons sommairement ce générateur de 150 mètres carrés.

Il se compose de deux corps cylindriques juxtaposés de $4^m,390$ de longueur et $1^m,500$ de diamètre intérieur, garnis chacun de 28 tubes en laiton de 120 millimètres d'ouverture, communiquant dans le haut avec un réservoir de vapeur transversal de $3^m,280$ de longueur et de 1 mètre de diamètre intérieur. Ce réservoir porte un trou d'homme et un dôme pour soupapes de sûreté et prises de vapeur.

Chacun des corps cylindriques est réuni dans le bas par des communications de 350 millimètres d'ouverture avec trois bouilleurs transversaux de $4^m,260$ de longueur et 550 millimètres de diamètre intérieur. Un septième bouilleur semblable sert de réchauffeur alimentaire et communique par des tuyaux de 150 millimètres en acier moulé avec l'un et l'autre corps cylindrique. Les sept bouilleurs sont presque en contact et forment une rangée horizontale. Ils reposent en leur milieu et à leurs deux extrémités sur trois murs longitudinaux par l'intermédiaire de plaques d'appui en fonte. Ces bouilleurs présentent des trous d'homme à joint autoclave, soit à un bout seulement, soit aux deux bouts, suivant que l'emplacement disponible permet ou non d'accéder aux deux côtés du massif du fourneau.

Au-dessous des trois premiers bouilleurs de la rangée sont placées deux grilles horizontales limitées par un autel. Les flammes chauffent dans deux chambres distinctes le dessous des bouilleurs dont les intervalles sont obturés par des files de rondins en fer de 60 millimètres de diamètre et de 300 millimètres de longueur.

Les flammes se réunissent ensuite, s'élèvent à l'arrière du fourneau et reviennent à l'avant en léchant le dessus des bouilleurs, les communications et le dessous des corps cylindriques. Enfin, les gaz parcourent une troisième fois, dans les tubes, la longueur de la chaudière, et dépouillés de leur chaleur, gagnent par la boîte à fumée le carneau qui les conduit à la cheminée.

L'eau d'alimentation pénètre dans le bouilleur réchauffeur à l'une de ses extrémités, elle y dépose une partie des sels qu'elle tient en dissolution, s'élève dans les deux corps cylindriques et redescend par les communica-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tions dans les six bouilleurs où se produit la vaporisation la plus active.

Ces dispositions fort simples sont avantageuses à divers points de vue.

L'ensemble est compact. En effet, la chaudière qui renferme plus de 15000 litres d'eau et de 6700 litres de vapeur est contenue tout entière, sauf le réservoir de vapeur, dans un fourneau de 6 mètres de longueur, $4^{m},50$ de largeur et 4 mètres de hauteur. Ce fourneau n'exige qu'un cube de maçonnerie assez réduit en regard de la surface de chauffe réalisée, puisque les gaz de la combustion sont presque partout au contact des parois métalliques du générateur.

Les tubes à fumée sont peu nombreux et de grand calibre et la surface du niveau d'eau, d'environ 13 mètres carrés, est considérable.

Il n'y a nulle part de clouure exposée à la flamme et les divers bouilleurs sont libres dans leurs mouvements de dilatation et de contraction.

Les flammes se développent dans des espaces suffisamment grands, et la disposition à deux foyers se chargeant alternativement permet d'éviter aisément la production de la fumée. Les gaz chauds et oxydants qui partent de l'une des grilles en pleine incandescence se mêlent aux gaz combustibles que dégage sur l'autre grille la distillation du charbon pendant les quelques minutes qui suivent le chargement, et la combustion peut se produire et s'achever librement dans la grande chambre de communication qui s'étend entre le dessus des bouilleurs et le dessous des corps cylindriques.

On remarquera de plus les précautions prises par l'inventeur pour rendre faciles et rapides la visite et le nettoyage intérieurs et extérieurs du générateur, et le remplacement des bouilleurs usés ou avariés.

La tubulure de chaque corps cylindrique est disposée en deux faisceaux de 14 tubes laissant entre eux un passage assez large pour qu'un homme, entrant par l'ouverture du réservoir de vapeur, puisse accéder à tous les points des corps cylindriques et des tubulures. Cet intervalle peut, si l'on veut augmenter la surface de chauffe, recevoir aussi des tubes, mais ceux-ci sont alors démontables et doivent être enlevés pour les visites.

Les bouilleurs s'ouvrent facilement, soit aux deux bouts, soit à un seul.

Les carneaux sont partout accessibles.

En raison de la division de la chaudière en récipients distincts, on peut diminuer la durée du chômage en employant plusieurs ouvriers à la fois.

L'enlèvement et le remplacement d'un bouilleur se font en peu de jours, grâce au mode de montage et aux dispositions spéciales adoptées pour le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

joint de la communication dont les deux parties sont rivées, l'une au bouilleur, et l'autre au corps cylindrique.

Nous extrayons les renseignements suivants de la lettre de MM. Long frères en date du 12 décembre 1892.

La chaudière a pu être installée dans la chambre très exiguë dont il fallait se contenter. La production en marche normale est estimée à 9 kilogrammes de vapeur sèche par kilogramme de combustible. On n'a pas trace de fumée et cela sans aucun appareil fumivore. On apprécie fort, après quinze mois de service, la sécurité de ce générateur et la facilité du nettoyage et de l'entretien.

Voici d'ailleurs les quelques constatations recueillies le 16 décembre 1891, au cours d'une expérience faite par plusieurs ingénieurs et praticiens sous la présidence de M. Lucien Long.

La chaudière froide est montée en une heure à la pression de 6 kilogrammes.

L'essai a commencé à onze heures du matin à la pression de $5^{kg},500$ qui a été maintenue jusqu'à trois heures cinq minutes de l'après-midi.

Durant ces quatre heures cinq minutes, il a été consommé 1000 kilogrammes de Cardiff à 60 p. 100, et il a été vaporisé 8602 kilogrammes d'eau à 15°, ce qui fait 14 kilogrammes par mètre carré de surface de chauffe et $8^{kil},6$ par kilogramme de charbon.

Pendant toute la durée de l'opération, on n'a pas constaté de dégagement appréciable de fumée à l'orifice de la cheminée, ce qui est dû à la disposition de l'appareil.

Il convient de mentionner une période d'une demi-heure pendant laquelle, par suite d'insuffisance d'alimentation, on a été obligé de couvrir les feux et de laisser tomber la pression, la chaudière vaporisant l'eau plus rapidement que l'injecteur n'en pouvait fournir. Il y a donc une certaine quantité de charbon brûlé sans production de vapeur, et on peut évaluer à environ 9500 litres la quantité d'eau qui aurait été vaporisée sans cet accident.

Le 29 janvier 1893, la chaudière a été visitée par les soins de l'association normande des propriétaires d'appareils à vapeur, et le rapport de l'ingénieur en chef de cette Société déclare qu'elle a été trouvée en bon état, après dix-neuf mois de service.

Vous jugerez, sans doute, Messieurs, d'après ces explications et ces témoignages que M. Henri Martin a réussi à construire des générateurs de vapeur occupant peu de place, formés d'organes éprouvés, se maintenant en bon état moyennant un entretien facile.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nous avons l'honneur de vous proposer, en conséquence, de remercier M. H. Martin de son intéressante communication, et d'ordonner l'insertion au *Bulletin* de la Société du présent rapport, avec une planche de dessins et une légende explicative.

Signé : BRÜLL, *rapporteur.*

Approuvé en séance le 12 *mai* 1893.

LÉGENDE DESCRIPTIVE DE LA PLANCHE 93, REPRÉSENTANT LE GÉNÉRATEUR DE VAPEUR DE M. HENRI MARTIN.

L'appareil se compose de six bouilleurs D (fig. 1, 3, 4, 6) et d'un bouilleur alimentaire A avec un trou d'homme et une tubulure C pour l'arrivée de l'eau (fig. 3, 6).

Deux corps cylindriques K, contenant un faisceau tubulaire L L (fig. 2, 5, 6), produisent la vapeur qui se rend dans un réservoir commun M (fig. 1, 2, 3, 4), par les deux parties cylindriques N (fig. 1, 2, 4).

Six communications F relient les bouilleurs chacun à l'un des corps cylindriques. Les bouilleurs D se trouvent très rapprochés des corps cylindriques K et donnent ainsi à la chaudière son maximum de surface de chauffe, tout en supprimant une grande partie de la maçonnerie. De plus, le bouilleur alimentaire A, par sa situation, permet à l'eau de déposer la plus grande partie du tartre avant de passer dans les autres parties de la chaudière.

Les flammes des deux foyers, après avoir passé le long des bouilleurs D dans deux chambres distinctes, se réunissent à l'extrémité de la chaudière pour revenir en avant, en F, sous les corps cylindriques K, puis parviennent à la cheminée en traversant les tubes L.

La séparation des deux chambres des foyers avec la grande chambre F, se fait au moyen de rondins en fer E (fig. 1, 4), posés en long entre deux bouilleurs D.

B, Tuyaux en acier fondu faisant communiquer le bouilleur A avec les corps cylindriques K.

G, Manchons cylindriques du joint de communication des bouilleurs et du corps cylindrique.

H, Traverses-étriers et H' rondins destinés à maintenir le joint.

P, Trou d'homme en fonte pour le dôme de prise de vapeur.

La coupe CD, fig. 1, est représentée par la figure 5.

La coupe AB, fig. 2, est représentée par la figure 4 et la coupe EF par la figure 6.

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 un* APPAREIL POUR LA TRANSFORMATION DES COORDONNÉES *construit par* M. BERTHELEMY, 16, *rue Dauphine, à Paris.*

Dans un certain nombre de cas on peut avoir à résoudre une série de triangles rectangles dont on connaît l'hypoténuse et l'angle à la base, et dont il s'agit de déterminer les deux côtés de l'angle droit, ou, d'une façon plus générale, on peut avoir à chercher les coordonnées rectangulaires d'une série de points dont la position a été déterminée en coordonnées polaires.

On peut exécuter ces transformations par le calcul et s'aider à cet effet de tables spéciales, mais on peut aussi trouver préférable de recourir uniquement à des procédés graphiques.

M. Berthelemy a présenté à la Société d'Encouragement un appareil qu'il a construit sur les indications de M. Bertrand, adjoint principal du génie, plus spécialement en vue des travaux topographiques, et qui a pour but de donner par de simples lectures les côtés de l'angle droit d'un triangle rectangle dont on connaît l'hypoténuse et l'angle à la base.

L'appareil est logé dans une boîte plate rectangulaire qui lui sert de support permanent et qui repose elle-même sur une semelle pivotante qui permet de l'orienter en tous sens pour faciliter les lectures.

Il consiste en deux séries d'organes placés dans deux plans horizontaux superposés et qui matérialisent chacune un des systèmes de coordonnées dont il s'agit d'effectuer la transformation.

Tous ces organes sont solidement montés sur un cadre en fer qui est lui-même fixé à l'aide de vis sur le fond de la boîte.

D'une part, dans le plan inférieur, se trouve le système permettant d'inscrire les coordonnées polaires.

Il est constitué par un quart de cercle Ω de $0^m,10$ environ de rayon divisé en grades et demi-grades numérotés de 0 à 100 et sur lequel se meut une alidade P pivotant autour de son centre.

Cette alidade est divisée en millimètres et demi-millimètres sur une longueur de 150 millimètres à partir du point de centre et elle est parcourue par un curseur à vernier ω au 1/50, qui porte à hauteur du zéro une petite

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tige verticale *a* destinée à marquer géométriquement la position des points dont on veut obtenir les coordonnées.

L'alidade elle-même est munie d'un vernier ρ au 1/50 permettant d'apprécier le centième de grade. Les deux verniers sont d'ailleurs pourvus de vis de serrage et vis de rappel, de façon à pouvoir marquer avec grande précision les coordonnées à transformer et à pouvoir fixer solidement la position de la goupille *a* qui matérialise le point correspondant.

D'autre part, dans un plan inférieur, se trouve une règle fixe X représen-

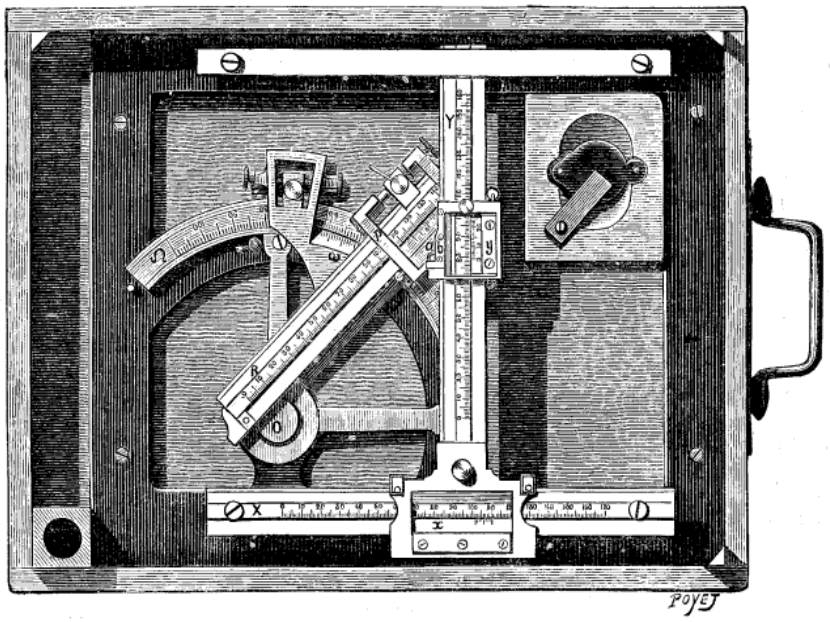


Fig. 1. — Appareil pour la transformation des coordonnées de M. Berthélemy.

tant l'axe des abscisses sur laquelle coulisse un chariot portant une règle d'équerre Y représentant l'axe des ordonnées pour la détermination des coordonnées rectangulaires.

La règle des abscisses porte une division en millimètres et en demi-millimètres s'étendant sur 170 millimètres de longueur et dont l'origine est placée à hauteur de l'axe de rotation de l'alidade des coordonnées polaires.

Le chariot qui porte la règle des ordonnées est pourvu d'un vernier *x* au 1/50 pour la lecture des abscisses; cette règle elle-même est divisée comme la règle des abscisses, et elle est également parcourue par un curseur à vernier *y* au 1/50 qui porte en saillie sur le côté une petite équerre *b* dont les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

arêtes sont réglées de façon à se trouver respectivement à hauteur des zéros des deux règles de coordonnées quand les verniers sont amenés tous deux à zéro.

Pour obtenir la transformation en coordonnées rectangulaires de coordonnées polaires préalablement marquées, par les verniers correspondants, sur le quart de cercle et sur son alidade, il suffit, en faisant glisser successivement à la main, dans le sens convenable, la règle et son curseur d'amener légèrement la goupille verticale *a* en contact avec les deux arêtes *b* intérieures de l'équerre.

Cette équerre ayant été réglée par le constructeur de façon à tenir compte du rayon de la goupille, on lit alors directement sur les verniers les valeurs en millimètres et centièmes de millimètres des coordonnées cherchées.

L'appareil, construit avec le soin et la précision que M. Berthelemy sait apporter aux appareils qui sortent de ses mains, est d'un emploi commode et donne une précision au moins égale à celle que l'on obtient avec une règle à calcul de $0^{m},50$, ce qui pourra presque toujours suffire dans la pratique.

Il peut par suite rendre d'utiles services dans un grand nombre de cas : à ce titre, il y a intérêt à faire connaître l'existence de cet appareil.

Votre Comité des Arts économiques vous propose par suite d'insérer le présent Rapport dans le *Bulletin*, avec une figure représentant l'appareil à transformer les coordonnées, et de remercier M. Berthelemy de sa communication.

Signé : Général Sebert, *rapporteur*.

Approuvé en séance le 26 *mai* 1893.

ARTS ÉCONOMIQUES

Rapport *fait par* M. Henri Rouart, *au nom du Comité des Arts économiques, sur les* appareils de fermeture de sureté de M. P. Blanchet.

M. Paul Blanchet présente une série d'appareils qui sont destinés à préserver des tentatives faites par les voleurs ou les cambrioleurs.

L'idée qui les domine est, outre la possibilité de faire fonctionner, comme il est d'usage, des sonneries électriques; de faire détoner des cartouches ingénieusement placées.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le bruit produit par cette détonation effraie les voleurs et avertit les habitants de la maison attaquée, et même les personnes du voisinage.

M. P. Blanchet applique ses détonateurs à une grande variété d'objets, dont la plupart sont décrits et même dessinés dans le numéro du 3 décembre 1892 du journal *la Nature*, ce qui dispense d'en faire une description nouvelle.

Les plus importants sont :

Une serrure que le propriétaire de la maison peut ouvrir ou fermer avec une clef passant à travers le mécanisme du détonateur sans le faire jamais fonctionner, tandis que l'introduction de toute autre clef produit une détonation violente entendue à grande distance ;

Des chaînes de sûreté appliquées aux fenêtres et aux volets produisant une détonation dès qu'on veut ouvrir du dehors ;

Aussi un appareil ingénieux qu'on peut, en voyage, fixer sur le sol de la chambre, contre la porte, et détonant forcément à la moindre tentative d'ouverture de la porte par l'extérieur.

Les applications de ces appareils peuvent être utiles, leurs dispositions sont ingénieuses.

Le Comité des Arts économiques propose de remercier M. P. Blanchet de sa communication et de voter l'insertion du présent rapport au Bulletin.

Signé : Henri Rouart, *rapporteur*,

Approuvé en séance le 26 *mai* 1893.

COMMERCE

Rapport *fait par* M. E. Gruner, *au nom du Comité du Commerce, au sujet de la* question des règlements d'atelier.

Une saine et bonne organisation intérieure de l'atelier ou du chantier est certainement l'un des facteurs les plus importants du développement de l'industrie nationale.

Tout ce qui touche à cette organisation, et surtout ce qui la menace jusqu'en ses fondements, doit à juste titre préoccuper notre Société.

Telle a été, Messieurs, la pensée qui a guidé votre Comité du commerce, lorsqu'il a mis, il y a quelques semaines, à l'étude cette question des Règle-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ments d'ateliers, dont le Parlement est saisi et sur laquelle des votes inquiétants ont été émis.

Lorsque chaque année vous proclamez, en séance solennelle, les noms d'anciens ouvriers qui, pendant de longues années, ont travaillé modestement en restant, jour après jour, fidèles aux ordres qui leur étaient donnés, aux règlements qui leur étaient tracés par leurs patrons, vous n'avez jamais, sans doute, eu la pensée que cette soumission les avait en aucune façon rabaissés, amoindris. Tout au contraire, ce respect même de l'autorité patronale nous a paru l'un des meilleurs titres pour ces récompenses si justement estimées et recherchées.

Et pourtant, nous entendons des théories toutes différentes s'affirmer à la tribune du Parlement et nous voyons des majorités se former à la Chambre pour condamner ces Règlements d'atelier, comme attentatoires à la liberté et à la dignité humaine.

« La Révolution de 1789 a supprimé les *justices seigneuriales* pour ne « laisser subsister que la *justice sociale;* nous croyons que, par les mêmes « raisons, il y a lieu de faire disparaître les *justices patronales*. »

Ainsi s'exprimaient un certain nombre de députés dans l'exposé des motifs de leur proposition de loi sur les *Règlements d'atelier* (1).

Partant de l'affirmation que « les employeurs individuels ou collectifs « ont jusqu'à présent fait la loi, de véritables lois, dans les ateliers, sous le « nom de règlements »; « que les compagnies de chemins de fer, de « mines, etc., ont institué des Codes pénals à l'usage de leurs ouvriers... » et ont ainsi usurpé le pouvoir législatif, ces honorables législateurs déposaient, le 29 mai 1890, une proposition en six articles nets et courts, qui interdisait aux patrons d'infliger aucune amende, et qui, leur retirant le droit d'édicter les règlements d'atelier, confiaient leur rédaction à une commission du travail composée, en nombre égal, de délégués des patrons et des ouvriers, sans même désigner de président pour cette commission souveraine d'un nouveau genre.

Aussitôt prise en considération par la Chambre, cette proposition a été l'objet d'une étude assez approfondie de la Commission du travail qui l'avait amendée, tout au moins dans plusieurs de ses parties. Mais il a suffi de l'apparition à la tribune de M. Lafargue, pour entraîner la Chambre et lui faire adopter, après vote de l'urgence, une rédaction entièrement différente de

(1) Proposition de loi sur les règlements d'atelier, présentée par MM. Ferroul et 15 de ses collègues le 29 mai 1890. (5e Législature, 1890, n° 591.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

celle proposée par la Commission, et identique, quant au fond tout au moins, à la proposition primitive.

Cette proposition qu'une Commission sénatoriale étudie en ce moment, et sur laquelle elle a cru devoir demander l'avis des Chambres de Commerce et de quelques-uns des principaux syndicats industriels, votre Comité du Commerce l'a examinée à son tour; c'est le résultat de cette étude que je suis appelé à vous exposer.

Nous ferons de suite remarquer que le règlement dont s'occupe le Parlement, en France tout au moins, n'est pas ce recueil minutieux de prescriptions détaillées qu'édictent certains patrons en vue de prévenir les imprudences et les accidents, en vue d'assurer la parfaite régularité de fonctionnement de chaque service, et la bonne utilisation du matériel. Non ; le règlement dont le législateur veut tracer le cadre ne traite que les relations civiles du patron et de l'ouvrier, embauchage, paye, renvoi, peines disciplinaires, etc.

Notre pays n'est pas le premier devant lequel se soit posée la question des relations du patron et de l'ouvrier dans l'atelier. Les solutions adoptées dans d'autres pays ont été invoquées par les partisans d'une réforme à introduire chez nous; mais avant de donner des lettres de grande naturalisation à ces lois étrangères, encore faut-il les bien comprendre et se demander si elles ne sont pas, en quelque mesure, en contradiction avec notre organisation générale, avec le génie de notre race. Gardons-nous de ces adaptations trop hâtives et voyons tout d'abord ce que sont réellement ces législations étrangères.

Législation étrangère. — La Suisse paraît être le premier des pays qui aient touché par voie législative à la question de la réglementation des ateliers.

La loi fédérale du 23 mars 1877 traite d'une façon générale « du travail dans les fabriques », c'est-à-dire « dans les établissements industriels où un « nombre plus ou moins considérable d'ouvriers sont occupés simultané- « ment et régulièrement, hors de leur demeure et dans un local fermé » (1); elle laisse d'ailleurs au Conseil fédéral le soin de préciser ceux des établissements qui doivent rentrer dans la définition ci-dessus.

Cette loi, véritable code industriel, prescrit les mesures à prendre en vue d'assurer la sécurité et l'hygiène des travailleurs, organise l'inspection fédérale du travail, la statistique des industries, celle des travailleurs et celle des accidents, limite le travail des femmes, des filles mineures et des enfants, soumet le travail de nuit et celui du dimanche à des restrictions sévères, et,

(1) Art. 4 de la loi du 23 mars 1877.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en quelques articles, prévoit l'existence d'un règlement d'atelier dont il trace les grandes lignes.

Ce règlement « sur toute l'organisation du travail, sur la police de la « fabrique, sur les conditions d'admission et de sortie, sur le paiement des « salaires, sur les amendes », doit être établi par les fabricants (Art. 7) et soumis à l'approbation du gouvernement cantonal, qui ne l'accordera que « s'il ne renferme rien de contraire aux dispositions légales ». « Avant rati- « fication de l'autorité, les ouvriers sont appelés à émettre leur opinion sur « les prescriptions qui les concernent » (Art. 8).

« Les amendes ne peuvent pas dépasser la moitié du salaire d'une « journée. Leur produit doit être employé dans l'intérêt des ouvriers et par- « ticulièrement consacré à des caisses de secours » (Art. 7).

Pratiquement, nous écrivait il y a quelques semaines l'un des inspecteurs fédéraux des fabriques, « ce sont les inspecteurs des fabriques qui étudient et « revisent les règlements, et les transmettent ensuite à l'autorité compé- « tente (Conseil d'État) qui, sur le préavis de l'inspecteur, les sanctionne « toujours. L'autorité ne peut refuser son approbation à un règlement lorsque « les prescriptions légales ont été observées. » « Je dois vous faire « observer », ajoute-t-il, « qu'un règlement de fabrique ne peut absolument « pas être envisagé comme une convention et qu'il est préférable de n'y faire « figurer que les dispositions prévues dans la loi, quitte à élaborer, si le « besoin le réclame, un règlement intérieur réglant les questions d'ordre, de « discipline, de propreté, etc. Les règlements d'ordre intérieur doivent aussi « être approuvés par le Conseil d'État et affichés... »

La situation est donc nettement établie; en Suisse, le règlement est rédigé par le patron; il est porté à la connaissance des ouvriers avant promulgation, il n'est approuvé que s'il ne contient aucune stipulation contraire à la loi; mais, d'autre part, ni les ouvriers, ni l'autorité administrative ne peuvent rien introduire qui ne soit pas dans la loi.

Les pouvoirs publics (inspecteur fédéral et Conseil d'État) interviennent pour assurer le respect de la loi; mais ils ne peuvent dépasser les limites strictement tracées par la loi, qui est assez étendue pour être précise.

En Allemagne, la loi de l'industrie (*Gewerbe-ordnung*) a été modifiée sur ce point en 1891 (loi du 1er juin 1891). Les articles 105 et suivants, qui sont entrés en vigueur depuis le 1er avril 1892, édictent tout un ensemble de mesures protectrices pour les femmes, les filles mineures et les enfants; puis, s'occupant de tous les travailleurs, interviennent dans la fixation des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

heures de travail, limitent le travail du dimanche, et enfin tracent les cadres d'un règlement d'atelier (Art. 134 et suivants[1].

La *Gewerbe-ordnung* exige que les règlements de fabrique contiennent des prescriptions relatives (1) :

1° Au commencement et à la fin de la journée ordinaire de travail, ainsi qu'aux interruptions de travail prévues pour les ouvriers adultes ;

2° A l'époque de la paye et à la manière de la calculer ;

3° Au délai de dénonciation et aux motifs autorisant le renvoi ou la sortie sans dénonciation ;

4° A la nature et à l'importance des punitions, à la manière de les fixer, et, lorsqu'il s'agit d'amendes de police, au mode de les recouvrer et à l'emploi de leur produit ;

5° A l'emploi des sommes provenant des retenues faites en cas de rupture illégale du contrat de travail.

Tels sont les points essentiels qu'on est tenu de fixer par le règlement de fabrique, et que chaque industriel peut arrêter à sa convenance, tout en restant dans les limites légales. Chaque industriel peut d'ailleurs ajouter d'autres prescriptions qu'il juge nécessaires pour le maintien du bon ordre et pour la bonne conduite des ouvriers pendant les heures de travail.

Avant la promulgation, le patron doit donner aux ouvriers adultes l'occasion de se prononcer sur le contenu du règlement, qui est ensuite soumis au contrôle de l'autorité en même temps que les observations que les ouvriers ont pu formuler.

Les règlements de fabrique ne doivent contenir aucune disposition pénale sujette à froisser le point d'honneur ou les bonnes mœurs. Les amendes de police ne doivent pas dépasser la moitié du salaire quotidien moyen. Seuls, les voies de fait, les manquements graves envers les bonnes mœurs ou envers les prescriptions émises pour le maintien du bon ordre et la sécurité du travail, entraînent des amendes pouvant aller jusqu'à la totalité du salaire quotidien moyen.

Les amendes de police doivent être fixées sur-le-champ, et communication doit en être faite au délinquant. Leur produit doit être employé au profit des ouvriers de la fabrique.

Plusieurs articles établissent minutieusement quelles sont les circonstances

(1) Voir, en particulier, sur cette question, *Normal-Arbeitsordnung*, par Franz Hitze. Köln, 1892. Bachem, édit., et *Étude sur la loi allemande de l'industrie*, par M. Bellom, *Bulletin de la Société de législation comparée*, 1891.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans lesquelles le renvoi des ouvriers peut être prononcé, avant l'écoulement du temps conventionnel et sans dénonciation.

Nous ne nous arrêterons d'ailleurs pas à tous les articles qui traitent du travail des femmes, des enfants et du travail du dimanche.

En résumé, en vertu de la loi du 1er juin 1891, le règlement d'atelier est *obligatoire* dès qu'il y a plus de 20 ouvriers (Art. 134a); il *doit* contenir certaines prescriptions, et *peut* contenir toutes autres prescriptions qui ne sont pas en contradiction avec les lois; il doit être *communiqué* aux ouvriers, puis ensuite à l'administration politique (sous-préfecture).

Comme en Suisse, les ouvriers ne sont qu'informés préalablement, mais non appelés à participer à la rédaction; l'administration ne peut refuser son visa qu'en cas d'inscription au règlement d'articles contraires à la loi ou aux bonnes mœurs; le visa n'a donc pas le caractère proprement dit de l'homologation, qui suppose un droit de modification dans la rédaction.

En *Belgique*, une commission extra-parlementaire a été chargée de codifier le *contrat de travail;* son projet a été simplement déposé sur le bureau de la Chambre des représentants, par le ministre de la Justice (1), qui n'a pas cru devoir jusqu'ici faire connaître sa pensée sur cet ensemble de dispositions.

Le projet belge fait la distinction très nette du règlement relatif aux conditions civiles du contrat de louage et des règlements spéciaux sur la police du travail.

Le règlement sur les *conditions civiles du contrat de louage* serait essentiellement facultatif; mais, s'il prévoit l'existence d'amendes, il devra être communiqué à l'administration et approuvé par elle (Art. 3). Au contraire, les règlements sur la police du travail seront obligatoires, devront être communiqués à l'administration, et pourront être modifiés par elle (Art. 89).

Ce projet semble donc établir, pour cette seconde catégorie de règlements, une véritable homologation officielle; et cela parce que la question de sécurité de l'ouvrier est en jeu.

Ce que l'État se réserve de *contrôler*, ce sont les relations économiques du patron et de l'ouvrier; ce qu'il se réserve de *régler*, ce sont les prescriptions relatives à la sécurité.

La *Russie* est peut-être le pays où les rapports entre fabricants et ouvriers,

(1) Commission instituée auprès du département de la justice pour la préparation de l'avant-projet d'une loi destinée à régler les effets du *Contrat de louage*. (Procès-verbaux, projet de loi, rapport.) Bruxelles. Gœmare, imprimeur du roi, 1892.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

comme aussi entre propriétaires et ouvriers agricoles, ont été réglés le plus minutieusement et le plus équitablement par le pouvoir législatif.

La loi du 3 juin 1886 (1) traite de la surveillance des établissements d'industrie manufacturière et des rapports entre fabricants et ouvriers; elle est destinée à modifier et à remplacer une partie du titre II du code de l'industrie.

Laissant de côté les prescriptions très minutieuses relatives au passeport, nous signalerons :

1° Que pour le cas de louage de travail, pour un temps indéterminé, ni l'une ni l'autre des parties contractantes ne peut rompre l'engagement *sans un délai de prévenance de deux semaines;* que, dans aucun cas, des *réductions de salaire* ne peuvent être appliquées, sous une forme quelconque, sans un préavis de deux mois; que les ouvriers doivent, eux aussi, observer les mêmes délais pour introduire leurs réclamations (Art. 10 et 11).

2° Que la *paye* doit être faite au moins une fois par mois, et deux fois par mois, si le louage est fait pour un délai indéterminé (Art. 12, 13).

3° Qu'elle doit être faite en *monnaie courante* (Art. 14) sans retenues pour dettes, intérêts sur avances, secours médicaux, etc.

4° Que le *règlement d'ordre intérieur* est fait par le patron (Art. 18), et approuvé par l'inspecteur des fabriques (Art. 19); il doit être affiché.

5° Que les *amendes* doivent figurer avec leur motif sur le livret de compte (Art. 24); elles doivent former un fonds spécial, géré par le patron, sous le contrôle de l'inspecteur des fabriques, qui doit en autoriser l'emploi, et seulement pour les besoins des ouvriers.

Les *amendes* sont d'ailleurs spécifiées, quant à leurs motifs et à leur quotité; pour un travail inexact, elles ne pourront dépasser le tiers de la paye (soit paye mensuelle, soit paye de quinzaine); pour un chômage, elles ne peuvent dépasser trois journées; pour une atteinte à l'ordre, elles ne pourront dépasser un rouble. Pour des motifs différents, les amendes sont interdites.

En *Angleterre*, une série de lois ont réglé quelques-unes au moins des questions qui sont traitées, dans d'autres pays, par les lois sur l'industrie.

Ainsi, dès 1831, une loi intervenait au sujet du mode de payement des salaires; plusieurs fois modifiées, ces prescriptions ont trouvé leur forme dernière dans les lois de 1884 et 1887 dont l'une interdit de faire la paye dans les cabarets, et l'autre ordonne de la faire toujours en monnaie légale du pays et non en nature.

(1) *Annuaire de législation étrangère*, 1887, p. 635.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La loi générale sur les *Factories and Workshops* de 1878, complétée en 1884, a surtout traité des mesures d'hygiène et de sécurité, et de l'inspection du travail (1). L'Angleterre ne paraît point encore s'être crue obligée de légiférer à propos des amendes, du contrôle à exercer sur les règlements de police intérieure, etc.

L'*Autriche* et la *Hongrie* possèdent l'une et l'autre une loi sur l'industrie qui traite du travail des femmes et des enfants, des jours et heures de travail et de repos, de la paye, des droits des surveillants, des amendes et de leur emploi, etc.

Nous voyons donc que les principaux pays industriels se sont occupés de la *réglementation du travail industriel;* mais nous sommes frappés de voir partout l'administration s'abstenir avec soin d'intervenir dans la rédaction des règlements, autrement que par voie prohibitive. Elle se réserve le droit de rejeter les prescriptions illégales, mais n'engage pas sa responsabilité par la substitution d'ordonnances rédigées par elle.

Quant à l'intervention des ouvriers, elle n'existe qu'à titre strictement consultatif : ils sont invités à faire connaître des observations, mais rien de plus.

Les amendes sont partout maintenues, mais limitées, et leur produit attribué à des caisses spéciales.

Analyse des propositions françaises. — Tout autre était la pensée qui inspirait la proposition déposée sur le bureau de la Chambre par MM. Ferroul et consorts : « Aucun règlement ne peut être appliqué s'il n'est accepté par la « Commission composée d'un nombre égal de délégués élus par les ouvriers « et par les employeurs. »

Si la proposition omettait d'indiquer ce qui arriverait au cas où le groupe patronal et le groupe ouvrier seraient en désaccord, et par qui ils seraient départagés; si elle n'indiquait pas non plus quelles seraient les mesures qui pourraient être prises au cas où diverses commissions du travail édicteraient des règlements contradictoires, elle était au moins précise sur un point : sur la participation de l'ouvrier à la rédaction du règlement.

Ce transfert du pouvoir réglementaire du patron à l'ouvrier n'a pas été sans paraître anormal, aussi bien au Conseil supérieur du travail (2) qu'à la Commission parlementaire.

(1) Voir, sur l'*Inspection des fabriques en Angleterre,* la remarquable étude de M. L. Faucher, dans le *Compte rendu du Congrès des accidents de Paris* (1889), t. II, p. 405.

(2) Conseil supérieur du travail, 2e session. Rapport de M. Keüffer, p. 205, et discussion en séance générale, p. 74.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Après une discussion prolongée, le Conseil supérieur adoptait le vœu suivant : « qu'une loi décide que les règlements seront soumis à l'approbation « des conseils de prud'hommes réunis en assemblée générale ». Si les termes du vœu paraissent donner une grande autorité aux Conseils de prud'hommes, les explications données par le président de la Commission du Conseil supérieur, M. le député Mesureur, ne sont pas sans atténuer notablement la portée des mots employés dans ce vœu.

« C'est, dit-il, pour vérifier si la loi n'est pas violée que les Conseils de « prud'hommes devront examiner les règlements », et cette interprétation recevait l'entière approbation du Ministre, M. Jules Roche (1).

Il peut paraître quelque peu étrange de voir les Conseils de prud'hommes transformés en Conseil d'État et appelés à « vérifier » si un texte viole ou non une loi.

La Commission parlementaire (2) proposait, peu de jours après, de rédiger comme suit l'article de loi ainsi demandé : « Les règlements d'atelier doivent être soumis à l'homologation du Conseil des prud'hommes » et le rapporteur, M. Saint-Romme, avait soin dans l'exposé des motifs de donner à cet acte d'homologation une portée très limitée :

« Le patron, dit-il, fournit l'usine... c'est donc à lui à en assurer le bon « fonctionnement et la sécurité. C'est lui qui est entièrement responsable des « accidents qui arrivent par le fait de cette usine et c'est donc lui qui doit « faire le règlement assurant à l'ouvrier sa sécurité personnelle, le bon fonc- « tionnement et la tranquillité du travail. Si l'ouvrier était appelé à faire le « règlement ou seulement à y collaborer, il prendrait sa part de responsabi- « lité... Il est donc nécessaire, dans l'intérêt même de l'ouvrier, que le patron « seul prépare le règlement d'atelier et en assume l'entière responsabilité. »

« Toutefois, comme il pourrait se présenter des cas où les intérêts de l'ou- « vrier se trouveraient lésés et où les règles générales édictées par la loi ne « seraient pas respectées, il a paru nécessaire à votre Commission de déci- « der que ce règlement ne deviendra exécutoire qu'après qu'il aura été ho- « mologué par le Conseil des prud'hommes... Dans le cas de l'homologation « par le Conseil des prud'hommes, la responsabilité et la liberté du patron « restent entières ; c'est lui seul qui aura établi le règlement, et il n'aura eu « qu'à se soumettre à la stricte exécution de la loi. »

(1) Conseil supérieur du travail, 2e session, p. 87.

(2) Rapport fait au nom de la Commission chargée d'examiner la proposition de loi sur les règlements d'atelier, par M. Saint-Romme (6 juillet 1892, n° 2262).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En ajoutant quelques lignes plus bas, dans ce même Art. 4 : « l'homologa-« tion ne deviendra définitive qu'un mois après l'affichage dans l'usine », la Commission du travail a simplement voulu, dit le rapporteur, « permettre « aux ouvriers de présenter au patron leurs observations sur l'application « défectueuse du règlement ; » mais elle a voulu en même temps « laisser au « patron, une fois ces observations faites, la responsabilité absolue, inté-« grale de faire le règlement. »

Nous souscrivons à cet égard aux paroles de M. Saint-Romme, mais nous demandons, d'accord avec un grand nombre de Chambres de commerce et de syndicats dont nous avons eu en mains les avis, que le texte soit clair par lui-même, qu'il confirme le droit et la responsabilité du patron ; mais étant conséquents jusqu'au bout, nous estimons que c'est à l'autorité administrative, et non au Conseil des prud'hommes, d'apprécier la conformité du règlement proposé avec les lois.

Nous proposons donc, pour cet article, une rédaction telle que celle-ci : « Les règlements d'atelier et les modifications qu'on pourra y apporter « seront transmis au Préfet et seront exécutoires dans le délai d'un mois « de cette communication, sauf opposition basée sur la violation des lois et « des règlements. »

Une autre question non moins grave a été soulevée à propos de cette proposition de loi : c'est le droit pour le patron de donner à ses avis, à ses réprimandes, une sanction autre que la mise à pied ou le renvoi pur et simple. En passant en revue les législations étrangères, nous avons vu partout des mesures prises contre l'abus des amendes ; le Parlement français a voulu faire un pas de plus, et, malgré les efforts de la Commission du travail, il a voté la suppression complète de cette pénalité.

« Sont interdits d'une façon absolue, » dit l'Art. 2 de la proposition de loi votée par la Chambre, le 5 novembre 1892, « tous articles de règlement « instituant des retenues de salaires, soit sous le nom d'amendes, soit sous « toute autre appellation. »

Qu'est-ce en réalité qu'une amende? Cette peine a un double caractère : soit qu'elle vise le coupable seul, soit qu'elle vise la société dans son ensemble.

Que l'ouvrier se rende coupable d'une faute qui ne concerne que le patron et lui, une réprimande plus ou moins sévère et solennelle du contremaître ou du patron peut avoir, nous ne le nions pas, sur bien des caractères, autant et plus d'action qu'une retenue plus ou moins forte faite sur le salaire.

Cependant, il faut bien reconnaître qu'à cet égard une généralisation est

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

quelque peu imprudente et que telle personne n'est guère impressionnée par de simples paroles.

Mais, dans bien des cas, cette faute aurait pu avoir de graves conséquences pour les compagnons de travail, souvent même pour le public ; c'est l'aiguilleur qui fait une fausse manœuvre, c'est le mécanicien qui passe outre aux signaux d'arrêt, c'est le chauffeur qui a négligé l'alimentation de sa chaudière ; la faute appelle une répression ; la mise à pied, le renvoi, c'est la désorganisation du service ; l'amende apparaît donc comme seule possible. Souvent un service officiel de contrôle a été appelé à constater la faute ; si le patron a pu appliquer une pénalité suffisante, l'affaire en reste là ; si, par cette loi en préparation, ce droit est retiré au patron, le contrôle, qui ne peut se contenter d'une simple observation, n'aura d'autre ressource que d'en appeler au tribunal correctionnel. Et, singulière anomalie, au moment où l'on vise à créer des juridictions exceptionnelles d'un fonctionnement rapide et économique, on veut supprimer cette juridiction si simple et si sûre qui a le patron pour juge et l'agent du contrôle pour juge d'appel.

Nous ne pouvons, dans l'intérêt même de l'ouvrier, admettre la suppression des amendes : qu'on les limite quand le patron est seul juge, soit ; mais qu'on laisse ce droit entier, dès que derrière le patron se trouve un agent de contrôle officiel. Laissons, dans l'intérêt même de l'ouvrier, subsister cette juridiction si simple, si économique, et ne risquons pas d'assurer, dans bien des cas, l'impunité par suite de la crainte de tous les embarras d'une poursuite judiciaire, et de la répugnance du patron à créer pour son ouvrier un casier judiciaire.

« La Commission, disait M. Saint-Romme, rapporteur, n'a pas cru devoir « s'arrêter à la demande de suppression complète, car l'amende apparaît « comme une sanction aux infractions du règlement. Si les patrons se trou- « vaient désarmés par cette suppression, il ne leur resterait qu'à mettre « l'ouvrier à pied, ce qui serait beaucoup plus grave, et l'ouvrier, au lieu « de perdre une faible partie de son salaire, en perdrait la totalité. »

« L'amende, fait observer la Chambre de commerce de Saint-Étienne (1), « n'est souvent même pas retenue au moment de la paye... elle pouvait « être retirée à la suite d'une faute légère pardonnée, tandis que la mise à « pied est un fait sur lequel il n'est plus possible de revenir. »

(1) Avis de la Chambre de commerce de Saint-Étienne du 26 janvier 1893.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« Comment! lisons-nous dans un autre rapport (1), des lois diverses « et nombreuses aggravent de plus en plus la responsabilité du « chef d'industrie... et on prétend lui refuser le droit de punir, par « une amende, l'ouvrier récalcitrant; l'ouvrier qui par ses actes et sa « négligence peut risquer de causer des accidents tant à lui qu'à ses cama- « rades (2). »

Si des abus s'étaient glissés dans certains cas, nous admettons très bien qu'il y a lieu d'en prévenir le renouvellement. Nous n'aurions point d'objection à ce que, dans les industries où la pénalité n'est pas soumise à un agent du contrôle, on fixât un maximum à l'amende, la journée de travail ou même la moitié du salaire journalier, par exemple; et moins encore à ce qu'on spécifiât, comme en Suisse, que « le produit des amendes doit être « employé dans l'intérêt des ouvriers, et particulièrement consacré à des « caisses de secours ».

D'ailleurs, jusqu'où étendrait-on cette suppression de l'amende : peut-on la supprimer comme immorale dans l'industrie vis-à-vis des ouvriers et la laisser subsister vis-à-vis des employés; le gouvernement peut-il interdire d'appliquer des amendes aux travailleurs manuels, et les laisser subsister contre ses propres employés de bureau, contre ses fonctionnaires de tout ordre; qu'il nous suffise de rappeler la mise en demi-solde des officiers, les retenues de traitement aux ecclésiastiques, la retenue de moitié de l'indemnité parlementaire mensuelle imposée par leurs collègues aux députés et sénateurs coupables de certaines violences de langage. Logiquement, toutes ces pénalités doivent être supprimées : y a-t-on songé?

Le projet de loi contient encore quelques autres prescriptions dont la généralisation absolue pourrait n'être pas sans entraîner de graves complications pour certaines industries. L'article 5 spécifie que « le contrat inter- « venu entre le patron et l'ouvrier ne peut prendre fin qu'après l'expiration « d'un délai dit de prévenance, dont la durée sera conforme aux usages « locaux, mais ne pourra être inférieure à une semaine ».

Dans la plupart des industries, le préavis est de règle; le projet ne fait que consacrer une situation ancienne; mais beaucoup d'industries ou de corps de métiers, comme par exemple les verreries, les industries du bâti-

(1) Rapport présenté par M. Deviolaine à l'assemblée générale de l'Union des verreries (28 janvier 1893).

(2) Nous signalerons encore les observations de la Chambre de commerce de Valenciennes (11 février 1893), de la Chambre de commerce de Douai (16 mars 1893), du Comité des Forges de France (25 novembre 1892), etc.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment, ont eu, de tout temps, des règles différentes, qui sont acceptées sans aucune difficulté, comme répondant aux vraies conditions du travail. N'y a-t-il pas de graves dangers, pour la verrerie, à faciliter les départs et de réels inconvénients pour le bâtiment à imposer le délai de prévenance d'une semaine, alors que pour la plupart des travaux bien des circonstances différentes en imposent la suspension ou la reprise immédiates?

Est-il même prudent, dans bien des cas, de conserver forcément dans un atelier, pendant huit jours, un ouvrier dont le renvoi a paru nécessaire? Peut-on continuer à confier, sans risque sérieux, la conduite d'une machine, d'un cheval ou encore la mise en œuvre d'une matière première de grande valeur à un ouvrier renvoyé? Tous ceux qui ont la pratique des ateliers et du travail y verront de sérieux inconvénients.

Les coutumes en cela sont le plus souvent la conséquence des conditions essentielles du travail, des modifications ne peuvent et ne doivent être introduites qu'avec une extrême prudence.

Nous croyons donc qu'il conviendrait d'indiquer nettement que des exceptions doivent exister et il conviendrait sans doute de modifier le paragraphe 2 de l'article 5 qui deviendrait : « Cette disposition du délai de congé ne s'applique ni aux travaux temporaires ou autres dont la continuation ou la durée ne peut être prévue au moment de l'embauchage, ni aux travaux dans lesquels des conditions de sécurité ou de conservation du matériel ou des matières employées créent une situation spéciale. »

Par contre, on peut se demander si, dans celles des industries où le délai de congé existe ou sera établi par le présent projet, il ne sera pas possible et opportun de spécifier que le même délai de prévenance serait dû de part et d'autre : de la part de l'ouvrier vis-à-vis du patron, comme de la part du patron vis-à-vis de l'ouvrier. L'honorable M. Siegfried, ministre du Commerce, l'a dit en termes excellents dans sa circulaire du 23 janvier 1893 relative à l'application de la loi sur l'arbitrage et la conciliation : « Vous pourrez « parfois vous trouver en présence de grévistes qui, appartenant à des éta- « blissements dans lesquels les usages ou les règlements d'atelier ont établi la « clause de délai congé, sembleront croire que la liberté de coalition les « autorise à tenir pour nul et non avenu le contrat de louage. C'est là une « erreur grave que vous devez vous efforcer de dissiper. Collective ou indivi- « duelle, la rupture du contrat de louage est en effet soumise aux mêmes « règles; elle peut donner lieu à indemnité. »

Il nous semblerait que ce principe si juste et dont l'application serait si

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

efficace pour la paix sociale pourrait utilement être inscrit dans le texte de la loi sur les règlements d'atelier.

La paye obligatoire par quinzaine que prescrit l'article 6 est aussi gênante pour certaines industries où les arrêtés de comptes sont longs et compliqués que nuisible à l'intérêt bien entendu de l'ouvrier; puisqu'elle l'expose à prélever deux fois par mois une quote-part pour le cabaret.

En résumé, l'utilité d'une loi sur les règlements d'atelier ne nous semble pas clairement démontrée et, en cela, nous sommes bien près d'être d'accord avec la Commission du travail puisqu'elle se contente de dire (1) : « tout patron pourra établir » et non pas « devra établir ». Elle ne change donc rien à l'état actuel; il n'est point besoin d'une loi pour constater un droit ancien. Un ajournement de ce projet, jusqu'à un moment où la question ait pu être plus nettement élucidée, nous paraîtrait donc la solution la plus désirable.

Si cependant des considérations d'ordre social devaient faire désirer le vote d'une loi de cette nature, il nous semble qu'elle devrait se proposer seulement de prévenir certains abus :

1° Elle limiterait la quotité des amendes, sauf dans les services contrôlés par l'État, et en attribuerait le montant à des œuvres créées en faveur des ouvriers;

2° Elle spécifierait que la paye aurait lieu dans la fabrique ou le chantier, en monnaie légale; que des acomptes seraient donnés au moins une fois par semaine, mais que le règlement définitif pourrait n'avoir lieu qu'une fois par mois;

3° Elle fixerait en principe à huit jours le délai minimum réciproque de prévenance pour les fabriques et manufactures; mais laisserait explicitement en dehors aussi bien les industries du bâtiment que les travaux temporaires proprement dits, et les industries ou corps de métiers dans lesquels les inconvénients de ce délai seraient reconnus.

4° Elle n'imposerait que le simple dépôt du règlement à la préfecture et stipulerait que le règlement est de droit exécutoire dans le délai d'un mois à moins d'opposition motivée du préfet, basée sur le fait de violation de la loi ou des règlements généraux.

Limité à ces grandes lignes, pour sa partie obligatoire, le règlement général

(1) Article premier de la proposition de loi : « Tout patron pourra établir un règlement d'atelier sur l'organisation du travail, sur la police de la fabrique, du magasin ou du chantier, sur les conditions d'admission ou de sortie, sur le payement du salaire en se conformant aux prescriptions suivantes...

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'atelier ne soulèverait plus les mêmes objections. D'autres lois, en préparation, imposeraient sans doute d'autres règlements et, en particulier, ceux pour prévenir les accidents dont l'utilité est grande et réelle, à condition, toutefois, qu'ils se contentent, eux aussi, de tracer les règles générales, laissant au progrès et à l'initiative individuelle une large part.

Le Comité du Commerce vous propose, Messieurs, de vous associer aux conclusions du présent rapport, d'en ordonner l'impression immédiate dans votre *Bulletin* et la transmission à la Commission sénatoriale chargée d'étudier la proposition de loi sur les règlements d'atelier, ainsi qu'à M. le ministre du Commerce et de l'Industrie.

Signé : E. GRUNER, *rapporteur.*

Approuvé en séance, le 23 *juin* 1893.

MINES

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES SUR LA PERTE DE CHARGE DANS LES PARCOURS D'AIR SOUTERRAINS, PAR M. D. MURGUE, INGÉNIEUR DE LA COMPAGNIE HOUILLÈRE DE BESSÈGES.

1° Expression analytique de la perte de charge.

La circulation de l'air dans les galeries de mine donne lieu à une diminution graduelle et continue de sa pression, de l'amont à l'aval, en raison du frottement qu'il exerce contre les parois plus ou moins inégales et rugueuses du parcours.

Par analogie avec les conduites d'eau et de gaz, nous conserverons le nom classique de *perte de charge* à cette chute de la pression dans les parcours d'air souterrains et, suivant l'usage, nous la supposerons mesurée par la hauteur de la colonne d'eau qui lui fait équilibre.

Dans tout le cours de ces recherches, cette hauteur sera désignée par la lettre h et sera exprimée en millimètres, le millimètre d'eau présentant cette grande commodité de correspondre à la pression d'un kilogramme sur un mètre carré, c'est-à-dire de l'unité de poids sur l'unité de surface.

L'idée que l'on doit se faire du frottement de l'air contre les parois d'une galerie de mine est bien différente de celle que l'étude des organes solides des machines nous a rendue familière. Il ne s'agit plus, ici, de surfaces plus ou moins onctueuses ou lubrifiées glissant les unes sur les autres, mais bien d'une restitution incessante de vitesse et de direction aux innombrables filets d'air qui

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

viennent se briser et se dévier contre les aspérités des parois. Dans ces conditions, on démontre aisément que la pression dissipée pour entretenir le régime, ou autrement dit la perte de charge, doit croître en raison directe de la densité de l'air et du carré de sa vitesse moyenne. D'autre part, il paraît évident que cette même perte de charge doit être proportionnelle à l'étendue de la surface frottée. Si donc, on fait intervenir un certain coefficient numérique pour tenir compte des différences que peuvent présenter, d'une galerie à une autre, les inégalités des parois et les sinuosités du parcours, on se trouvera posséder tous les éléments nécessaires pour définir géométriquement cette grandeur.

Sa forme analytique s'obtient très simplement en exprimant par une équation l'équilibre qui doit régner entre les forces en présence.

Soit, en effet, de A en B un tronçon de galerie supposé d'abord horizontal de longueur L, où l'air circule dans le sens AB et dont le profil soit assez régulier pour qu'on puisse faire l'hypothèse d'une section moyenne constante et, par suite, d'une vitesse moyenne uniforme. Nous admettrons que la densité de l'air y est constante, les variations de pression ne devant s'y produire que dans une mesure tout à fait insensible, eu égard à la pression totale de l'atmosphère. En A, on aura une pression H, en B, une pression moindre H′ et la différence H—H′ sera précisément la perte de charge cherchée, h.

L'effort exercé en A dans le sens du mouvement sera égal à SH, S étant la section moyenne de la galerie; l'effort antagoniste en B sera SH′, et par suite l'effort moteur résultant sera la différence SH — SH′ = Sh.

La résistance à vaincre est proportionnelle, avons-nous dit, à l'étendue de la surface frottée, c'est-à-dire, au produit Lp de la longueur de la galerie par son périmètre; elle est également proportionnelle à la densité δ ou, pour plus de précision, au poids du mètre cube de l'air en circulation, au carré de sa vitesse moyenne v et, enfin, à un coefficient α dont la valeur numérique varie suivant la nature des parois de la galerie considérée et les sinuosités de son parcours.

En reliant par une égalité la puissance et la résistance ainsi définie, on a la relation

$$S\,h = \alpha\, L p\, v^2\, \delta,$$

d'où on déduit :

$$h = \alpha\, \frac{L\, p\, v^2\, \delta}{S}.$$

Telle est l'expression de la perte de charge pour une longueur L du parcours considéré.

Quelques auteurs, et en particulier M. Devillez, en reproduisant cette formule en ont écarté le poids spécifique δ, sans doute en vertu de cette considération que, dans la pratique, les variations de la densité de l'atmosphère des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mines sont peu de chose en regard de l'incertitude qui plane nécessairement, dans chaque cas particulier, sur la valeur numérique du coefficient α. Pour tenir compte de cette remarque très judicieuse qui permet d'épargner des observations et des calculs, il convient de remplacer dans l'expression précédente le poids spécifique δ par le rapport

$$\frac{\delta}{\delta_0},$$

δ_0 représentant la moyenne habituelle du poids spécifique de l'air des mines ; par exemple, $1^{kil},200$:

$$h = \alpha \frac{L\, p\, v^2\, \delta}{S\, \delta_0}$$

Dès lors, si on veut négliger les variations en plus ou en moins qui peuvent se produire dans la densité, il suffira de faire l'hypothèse $\delta = \delta_0$, et on reviendra ainsi à la formule plus simple de M. Devillez :

$$h = \alpha \frac{L\, p\, v^2}{S}$$

Nous pouvons considérer l'expression générale de la perte de charge comme une équation dont l'inconnue soit α ; en la résolvant par rapport à cette grandeur, on obtient la formule :

$$\alpha = \frac{h\, S\, \delta_0}{L\, p\, v^2\, \delta},$$

expression qui montre que, si l'on peut déterminer par l'observation directe la perte de charge, la longueur du parcours, sa section moyenne, son périmètre moyen, la vitesse moyenne de l'air et son poids spécifique, on a tous les éléments nécessaires pour déduire la valeur numérique du coefficient α.

L'objet de cette étude est précisément la détermination de cette valeur numérique pour trois types de galeries nettement définis, savoir :

Les galeries à parois nues ; les galeries revêtues de maçonnerie ; les galeries étayées par des cadres en bois.

Les précédentes recherches ne sont point les premières qui aient été entreprises sur cet intéressant sujet ; des tentatives plus ou moins couronnées de succès ont été faites à diverses époques, et il est de notre devoir de les rappeler ici.

Pendant de longues années, les exploitants n'ont eu à leur disposition que les chiffres déduits des anciennes expériences de d'Aubuisson et de Navier sur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'écoulement de l'air dans les tuyaux. D'après le premier de ces auteurs, on devait avoir :

$$\alpha = 0{,}00037 \text{ (1)}$$

et d'après le second :

$$\alpha = 0{,}000355.$$

Naturellement, ces valeurs ne pouvaient être appliquées sans les plus grandes réserves au cas des galeries de mine, en raison de l'importance relative de la section de ces nouveaux canaux et de la nature toute particulière de leurs parois. C'est pour faire cesser cette incertitude que M. Devillez entreprit, en 1866, les remarquables expériences dont il rend compte dans les premières pages de son *Traité de la ventilation des mines*.

M. Devillez a recherché et facilement découvert, dans les mines du Hainaut, de vastes circuits formés de galeries se prolongeant bout à bout et revenant tout près de leur point de départ. En ce point, la cloison séparatrice était traversée par une des branches d'un manomètre à eau. Un courant d'air plus ou moins actif étant lancé dans le circuit, le manomètre révélait la perte de charge totale h, et comme, d'autre part, le circuit était divisé en tronçons de section à peu près constante pour chacun desquels on mesurait les grandeurs L, S, p et v, on se trouvait avoir toutes les données nécessaires pour calculer la valeur moyenne du coefficient α.

M. Devillez a trouvé ainsi, à la suite de trois expériences concordantes, la valeur :

$$\alpha = 0{,}00180.$$

Cette donnée précieuse a rendu de réels services aux exploitants; mais, je le répète, elle ne représente qu'une moyenne et ne tient nul compte des différences que pouvaient offrir les divers tronçons du parcours au point de vue de leurs sinuosités et des aspérités de leurs parois. Or, il semble évident, *a priori*, que de grandes variations doivent se produire d'une galerie à une autre et, en particulier, pour les trois types que nous avons définis plus haut.

D'expériences faites en Angleterre, M. Atkinson a conclu à :

$$\alpha = 0{,}00410$$

et M. Clark à :

$$\alpha = 0{,}00043.$$

Ces dernières valeurs s'écartent beaucoup, en plus et en moins, de celle pro-

(1) Ces chiffres et les suivants sont extraits du *Cours d'exploitation des mines*, de M. Haton de la Goupillière, t. II, p. 389.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

posée par M. Devillez, sans qu'on en saisisse clairement la cause. Aussi, est-il permis de dire, sans vouloir amoindrir l'œuvre de nos prédécesseurs, que cette intéressante question du taux de la perte de charge dans les galeries de mine est loin d'être résolue d'une façon complète, et qu'un vaste champ reste encore ouvert aux ingénieurs désireux de marcher sur leurs traces.

C'est ce champ passablement ingrat que nous avons abordé dans les rudes et difficiles recherches dont nous rendons compte aujourd'hui et, bien que nous n'ayons pu le parcourir que sur une faible étendue, nous croyons, du moins, y avoir apporté assez de soins et de persévérance pour que les résultats obtenus soient dégagés de toute erreur et à l'abri de toute contestation.

2° Méthode d'observation.

Exposé de la méthode. — La méthode que nous avons appliquée à la détermination numérique du coefficient de perte de charge peut être exposée en quelques lignes.

Soit XY une galerie, supposée d'abord horizontale, de section et de périmètre à peu près uniformes et où l'air circule dans un sens déterminé. A partir d'un même plan vertical MN, deux lignes de tuyaux sont allongées contre les parois, l'une très longue, l'autre très courte, de façon à comprendre entre leurs extrémités libres A et B un intervalle d'une centaine de mètres environ. Les deux autres extrémités M et N sont mises en connexion à l'aide de tubes en caoutchouc avec les deux branches d'un manomètre ordinaire formé par un tube en U à moitié rempli d'eau. L'air stagnant remplissant les tuyaux transmettra au manomètre les pressions qui règnent aux extrémités A et B, plus ou moins modifiées par l'action perturbatrice due au choc ou à la succion de l'air sur l'orifice des tubes. Mais comme cette action, s'exerçant en A et en B dans des conditions identiques, est égale des deux parts et se compense, la dénivellation de l'eau dans le manomètre sera la mesure exacte de la différence des pressions aux points A et B, c'est-à-dire de la perte de charge due à la circulation de l'air dans le parcours AB.

Le résultat sera le même si la galerie est inclinée sur l'horizon, car la colonne d'air en circulation et celles remplissant les tubes, ayant même pression et même température, s'équilibrent dans le manomètre sans en troubler l'indication.

Si donc, en même temps qu'on observe la perte de charge, on opère un jaugeage anémométrique accompagné des observations habituelles de la température, de la pression atmosphérique et du degré d'humidité, et si, au préalable, on a eu soin de mesurer le parcours AB, sa section moyenne et son périmètre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

moyen, on se trouvera en mesure de substituer des nombres aux symboles de la formule :

$$\alpha = \frac{h S \delta_0}{L p v^2 \delta}$$

et, par suite, de calculer la valeur numérique du coefficient α.

De la simplicité du principe aux difficultés de l'application, il y a quelque intervalle. On en jugera par le détail que nous allons donner de notre outillage et de nos opérations.

Tuyautages. — Nos lignes de tuyaux étaient formées de tubes en fer assemblés par des manchons à vis que l'on trouve communément dans le commerce.

Leur diamètre intérieur était de 27 millimètres. Ils se prêtaient à une certaine flexion dans les parties sinueuses.

Les bouts libres A et B étaient terminés par des coudes à angle droit dont l'orifice était rapproché de la paroi et protégé par un petit écran contre le choc de l'air. A la vérité, nous ne nous sommes pas fait une idée très nette de la meilleure disposition à adopter pour ces prises de pression; il nous suffisait, du reste, de pouvoir admettre que les actions perturbatrices exercées aux deux extrémités du parcours AB se compensaient d'une façon assez exacte pour ne point entacher nos observations.

Les extrémités M et N se terminaient par des bouts de tube de petit diamètre sur lesquels étaient engagés les tuyaux de caoutchouc se raccordant avec le manomètre.

Tous les joints étaient enduits de mastic, et aucune opération n'était commencée avant qu'on ne se fût assuré au préalable de la parfaite étanchéité de la conduite et des appareils.

Pour la clarté du langage, on appelait l'intervalle AB, *le parcours*. Nous conserverons cette désignation commode dans la suite de ce travail.

Manomètre. — Le point capital pour le succès de nos expériences était la possession d'un manomètre différentiel d'une très grande sensibilité. Nous devions prévoir, en effet, que les pertes de charge à observer n'atteindraient souvent qu'une fraction de millimètre d'eau et, dans ces conditions, nos mesures auraient été sans intérêt si elles n'eussent présenté un degré d'approximation exceptionnel.

Il existe de nombreux types de manomètres différentiels multiplicateurs, mais, en général, l'amplification y est obtenue à l'aide d'artifices qui entraînent des résistances passives, destructives de la sensibilité. On s'en aperçoit de suite, lorsqu'on rétablit dans l'appareil l'égalité des pressions, par le défaut de franchise du retour au zéro. Aussi, ayons-nous adopté sans hésitation le classique

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tube en U où le liquide manométrique a toute liberté de se mettre en équilibre avec les pressions qui l'affectent, en nous réservant, par tout moyen d'amplification, de faire nos lectures à l'aide d'un microscope (fig. 1 et 2, pl. 90).

Les deux branches du tube en U étaient formées par deux flacons bien calibrés de même hauteur, mais de diamètres fort inégaux, reliés dans le bas par un tube en caoutchouc et à moitié remplis d'eau. Les tubulures supérieures étaient fermées par des bouchons traversés par un tube en verre et pénétrant assez profondément dans le goulot pour former une sorte d'auge que l'on remplissait d'eau; les tubes de caoutchouc servant à la connexion avec les tuyaux du parcours plongeaient dans cette eau, ce qui donnait la garantie d'une étanchéité parfaite, condition primordiale de l'exactitude des observations.

Une sorte de carcan en bois fixé au col du gros flacon servait de support à ces tubes.

Grâce à la différence des diamètres, la dénivellation se produisait presque en entier dans le petit flacon sur lequel se faisaient les lectures; il suffisait de majorer celles-ci dans un rapport déterminé une fois pour toutes, pour tenir compte de l'abaissement du niveau dans le gros flacon.

Le diamètre intérieur du petit flacon était de 50 millimètres; celui du gros de 163. Le rapport de majoration, mesuré directement, était égal, d'après trois observations concordantes, à 1,0960.

En face du petit flacon, presque au contact, était placé un microscope à réticule, grossissant 50 fois, monté sur un pied à coulisse ou *cathétomètre* que nous décrirons tout à l'heure.

Un point essentiel était de rendre la base du ménisque formé au contact de l'eau et du verre assez apparente pour que le microscope pût l'apercevoir avec netteté.

Nous y sommes arrivé par l'artifice suivant : sur une paroi noire dressée derrière les flacons se détachait une ligne blanche tracée un peu en dessous du niveau de l'eau et formée par un tube de verre rempli de peinture. Ce tube, vivement éclairé par une lampe Marsaut, venait reproduire son image par réflexion totale à la base du ménisque, sous la forme d'un mince filet brillant sur lequel on pouvait, sans hésitation, amener la croisée des fils du réticule (1).

Pour mesurer les déplacements verticaux du microscope, nous aurions pu recourir au système des vis micrométriques en usage pour les cathétomètres de laboratoire; mais, des raisons de commodité de construction et de lecture nous ont conduit à une disposition différente.

(1) En bonne règle, cette ligne blanche eût dû pouvoir monter et descendre avec la lunette elle-même, afin de conserver toujours la même inclinaison au rayon incident. Mais, avec les faibles dénivellations que nous avions à observer, l'erreur provenant de ce chef était absolument insensible.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le microscope est enchâssé, parallèlement à son axe, dans un tourillon tournant dans un palier monté sur un robuste pied à coulisse. Ce tourillon porte, sur le devant, une règle ou *alidade* de 240 millimètres de longueur dont l'extrémité se meut sur un arc horizontal gradué. L'axe du microscope ne coïncide pas avec celui du tourillon; il en est distant horizontalement de 6 millimètres, en sorte que, lorsque l'alidade parcourt un arc horizontal de gauche à droite, la croisée du réticule décrit un arc vertical de bas en haut et d'amplitude 40 fois moindre.

Pour régler l'instrument, on commence par établir l'égalité des pressions dans les deux branches du manomètre, puis on pousse l'alidade contre le butoir de gauche au point zéro de la graduation et, à l'aide de la vis à molette placée en bas de la coulisse, on élève le microscope jusqu'au niveau d'eau commun aux deux flacons.

Si alors on établit dans le sens convenable la connexion du manomètre avec les deux lignes de tuyaux du parcours, l'eau s'élèvera dans le petit flacon et il suffira de faire suivre son mouvement au microscope, en déplaçant l'alidade de gauche à droite, pour être en mesure de lire, avec une multiplication de 40 fois, l'amplitude de la dénivellation.

La graduation de l'arc en degrés et minutes ne donne pas directement la hauteur de la colonne d'eau, mais une fonction trigonométrique qui en diffère peu. Il est donc nécessaire de faire un tarage préalable, que l'on opère en substituant au petit flacon une réglette divisée en demi-millimètres dont on vise successivement toutes les divisions. En portant sur un tracé graphique les arcs en abscisses, les hauteurs en ordonnées, on obtient un abaque qui permet de passer d'une graduation à l'autre avec la plus grande facilité (1).

Grâce à ce cathétomètre et à l'artifice de la ligne blanche qui forme, du reste, le seul détail original de notre système d'observation, nous avons réussi à faire du manomètre à eau primitif un instrument d'une sensibilité vraiment remarquable. A la condition de l'établir sur une base solide, un bloc de maçonnerie, par exemple, il était possible de percevoir une dénivellation de 1/100 de millimètre. Dans la mine, où la stabilité faisait parfois défaut, on était assuré généralement de 1/50 de millimètre. Comme marque de sensibilité, nous dirons que la présence d'un de nos aides dans le parcours était immédiatement révélée par une légère surélévation de la ligne blanche, en raison de l'accroissement qui en résultait pour la perte de charge.

Robinets hydrauliques. — Les tubes de caoutchouc reliant le manomètre aux lignes de tuyaux étaient interrompus en leur milieu par des robinets hydrauliques permettant de substituer rapidement aux pressions à observer celle de l'at-

(1) On pourrait, avec ces données, déterminer les constantes d'une formule de transformation; mais la méthode du tracé graphique est plus rapide et tout aussi exacte.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mosphère ambiante. C'était indispensable pour que l'on pût régler avant chaque observation, et vérifier après, le zéro de l'instrument.

Les robinets ordinaires à trois voies nous faisaient craindre des défauts d'étanchéité qu'il fallait éviter à tout prix; nous leur avons substitué les robinets hydrauliques, étanches par leur principe même, représentés par la figure 3 (pl. 90). Le fond d'une petite cuve en zinc à moitié remplie d'eau est traversée par quatre tubes verticaux qui peuvent être recouverts deux à deux par de petites cloches plongeantes. L'extrémité inférieure des quatre tubes est reliée par des tuyaux en caoutchouc, d'une part, aux deux branches du manomètre, de l'autre, aux deux lignes du parcours, et dès lors on comprend que, suivant que les cloches sont abaissées ou soulevées, le manomètre est en relation avec les pressions extrêmes du parcours ou avec celle de l'atmosphère entourant les appareils.

Un cinquième tube aboutissant sous l'une des cloches et muni d'un tuyau en caoutchouc fermé par une pince de Mohr, permettait d'insuffler de l'air dans tout le système après avoir, au préalable, fermé les bouts libres avec des bouchons.

On établissait ainsi une pression artificielle dont la constance, surveillée à l'aide du microscope, donnait la garantie d'une parfaite étanchéité.

Anémomètres. — Chaque observation, avons-nous dit, devait être accompagnée d'un jaugeage anémométrique.

Nous avons employé, à cet effet, les petits anémomètres très répandus dans notre région que construit Casartelli, de Manchester. Bien protégés contre les dangers d'un maniement toujours un peu brutal dans l'obscurité des mines et, en même temps, très sensibles, ils répondaient parfaitement à l'objet que nous avions en vue.

Grâce à l'obligeance de nos amis, quatre de ces instruments étaient à notre disposition. Nous les avons tarés avec le plus grand soin à l'aide d'un manège installé dans nos ateliers et, afin qu'il n'y ait aucune erreur possible dans l'application de leurs formules respectives, on a eu soin de peindre en blanc et en grands caractères sur leurs plaques de base, les lettres A, B, C et D.

Dans la mine, ces instruments étaient posés sur des règles horizontales en bois dont l'arête antérieure était tranchante, de façon à couper les veines d'air sans les troubler. A chaque position, deux petites pointes sans tête, correspondant à deux trous fraisés percés dans la plaque de base des anémomètres, permettaient de les mettre en place instantanément et sans hésitation.

On sait que les vitesses d'air se distribuent d'une façon assez capricieuse dans la section d'une galerie de mine, comme on peut en juger par les tracés de courbes d'égale vitesse qui accompagnent ce mémoire. Il importait donc, pour avoir avec exactitude la vitesse moyenne, de multiplier les points d'observation. Leur nombre a varié, dans nos expériences, de 20 à 28, suivant l'importance de la sec-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tion de jaugeage et a été en moyenne de 24, réparti sur cinq règles. On plaçait les anémomètres dans l'ordre A, B, C, D, en allant de gauche à droite et de haut en bas, comme dans la lecture courante. Les observations duraient deux minutes, temps qui nous avait paru nécessaire pour effacer les légères incertitudes du lancé et de l'arrêt; mais, comme on précédait par quatre anémomètres à la fois, la durée totale du jaugeage ne dépassait pas 20 à 25 minutes.

Une opération aussi laborieuse ne pouvait évidemment être renouvelée pour chacune des observations de la perte de charge, que nous nous proposions de répéter au moins deux fois et souvent davantage; d'autre part, la présence des opérateurs dans le parcours eût été une cause sérieuse d'erreur, comme nous l'avons indiqué plus haut. Elle n'était donc faite qu'une fois, à la fin de chaque expérience, et pour accompagner les lectures du manomètre, on se contentait de placer les anémomètres en quatre points quelconques de la section et de faire une observation unique. Les nombreux jaugeages que nous avons effectués jadis nous ont montré que les variations du débit ne modifiaient nullement la configuration des courbes d'égale vitesse, ce qui nous a permis d'affirmer cette proposition que les vitesses de l'air aux différents points de la section d'une galerie de mine augmentent et diminuent toutes ensemble, en conservant leurs rapports de grandeur; en sorte qu'il suffit, pour connaître la vitesse moyenne de l'air dans une galerie, de mesurer la vitesse en un point quelconque de sa section, pourvu que, par un jaugeage préalable, on ait déterminé le rapport constant qui doit régner entre ces deux vitesses (1).

En prenant quatre points au lieu d'un seul, on augmentait naturellement dans une large mesure la garantie d'exactitude de l'application de ce principe.

Notre premier travail, de retour au bureau, était donc, après avoir calculé toutes les vitesses de la section de jaugeage, d'établir séparément la moyenne générale de ces vitesses et la moyenne de celles observées aux quatre points choisis. On déterminait ainsi le coefficient de correction à appliquer à la moyenne des vitesses observées en ces mêmes points pendant les lectures de la perte de charge, pour passer de cette moyenne à celle qui régnait réellement dans le parcours.

Observations atmosphériques. — Un thermomètre gradué en 1/10 de degré, un baromètre Fortin (2) et un hygromètre à cheveu de Saussure, nous fournissaient les données nécessaires pour le calcul du poids du mètre cube de l'air en mouvement.

(1) Haton de la Goupillière, *Cours d'exploitation des mines*, t. II, p. 397.

(2) Nous nous sommes servis d'abord de deux baromètres anéroïdes réglés au préalable sur notre Fortin, et beaucoup moins encombrants; mais les divergences de leurs indications nous les ont fait écarter.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Je dois dire que l'hygromètre à cheveu ne nous inspirait qu'une très médiocre confiance ; ce n'est point un instrument sérieux et plusieurs fois nous avons dû corriger au sentiment ses indications.

Choix des parcours. — Le champ que nous avions à parcourir était, pour ainsi dire, illimité, car les galeries de mine présentent les types les plus divers, soit que l'on considère leur tracé, leur profil ou leur revêtement. Comme il fallait nous borner, nous avons fixé à 12 le nombre de nos observations, en les répartissant entre trois types nettement définis que nous avons déjà indiqués : les galeries à parois nues, celles revêtues de maçonnerie et celles étayées par des cadres en bois.

Nous avons eu quelque peine à trouver, dans les mines de Bessèges, des tronçons de galerie répondant correctement à notre programme, c'est-à-dire présentant une suffisante régularité de section et de nature de parois sur une longueur également suffisante. Cette longueur avait d'abord été fixée à 100 mètres au minimum ; mais, nous avons dû nous départir de cette rigueur et descendre même à 61^{m},30 dans l'une de nos expériences. Il fallait encore que ces parcours fussent complètement isolés du reste des travaux, pour ne donner lieu à aucune rentrée ou sortie d'air perturbatrice ; enfin, il fallait qu'on fût à même d'y diriger, en ouvrant ou fermant des barrages, une circulation d'air suffisamment intense pour que la perte de charge prît une valeur convenable.

Ce dernier détail a été pour nous l'objet de fréquents mécomptes. Il est beaucoup plus difficile qu'il ne paraît au premier abord de dévier un courant d'air du parcours auquel il est, en quelque sorte, accoutumé ; les barrages, les remblais, les maçonneries elles-mêmes sont rarement étanches ; des pertes d'air se produisent là où on les attend le moins et, finalement, on ne réalise que des vitesses bien inférieures à celles que l'on avait espérées.

Ces mécomptes ne nous ont pas empêché, grâce à la sensibilité de notre manomètre, de mesurer partout la perte de charge avec une approximation suffisante pour servir de base solide à nos calculs et à nos déductions.

Nous donnerons la description des 12 parcours en même temps que les observations dont ils ont été l'objet.

Marche des opérations. — Toutes nos observations ont été faites la nuit ou le dimanche matin, dans les seuls moments où il soit possible, grâce à l'arrêt du travail, de disposer du courant d'air d'une mine.

Un de nos machinistes, fort habile, préparait à l'avance les lignes de tuyaux et mettait en place les règles du jaugeage et les instruments. Bien qu'il fût indifférent, au point de vue théorique, de placer ces derniers à l'aval ou à l'amont du parcours, nous trouvions plus commode de les installer à l'aval et c'est la règle que nous avons toujours suivie.

Sitôt après la sortie des ouvriers, les boiseurs préparaient les barrages des-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tinés à activer la circulation de l'air dans le parcours et lorsque nous arrivions à huit heures, tout était prêt pour commencer les opérations.

Pendant qu'un premier observateur vérifiait l'étanchéité des tuyaux et appareils (1), réglait le zéro du manomètre et procédait aux observations atmosphériques, un second se mettait immédiatement à l'œuvre avec ses aides, pour mesurer la longueur du parcours et relever, tous les dix mètres, le périmètre de la galerie et sa section.

Ces préliminaires achevés, on plaçait les quatre anémomètres en quatre points de la section de jaugeage et, à un signal donné, on les embrayait en même temps qu'un compteur de secondes. Sans tarder, on procédait à dix lectures consécutives de la perte de charge en les espaçant d'un quart de minute et, aussitôt après, on arrêtait anémomètres et compteur.

Cette opération était répétée deux fois, souvent trois et même, dans une expérience particulière, six fois ; après quoi, il ne restait plus qu'à procéder au jaugeage général dans les conditions indiquées plus haut.

Les mêmes opérations étaient toujours faites par les mêmes personnes avec les mêmes instruments, et toutes les lectures étaient contrôlées par un second observateur.

Au retour, chaque expérience donnait lieu à une longue série de calculs que nous avons résumés dans les tableaux qui accompagnent ce travail.

Malgré les soins apportés à nos observations, nous n'avons pu les mettre à l'abri d'une cause d'erreur importante due à ce fait, mis en lumière en 1877 par la Commission de l'aérage du Gard et vérifié depuis par la Commission prussienne du grisou, que les anémomètres à ailettes tarés au manège donnent, pour les vitesses qu'ils mesurent, des valeurs exagérées. On est obligé d'admettre, en effet, que, pour une même vitesse relative, un anémomètre tourne plus vite lorsqu'il reçoit immobile le choc de l'air, que lorsqu'il le provoque en se mouvant à l'extrémité d'un bras de manège. Mais ce n'est pas le lieu, ici, de discuter ce singulier paradoxe ; il nous suffira de rappeler que l'exagération, croissant avec la rapidité de l'air, peut atteindre 10 p. 100 avec des vitesses de 6 mètres par seconde.

Il nous aurait fallu, pour éviter cette erreur, avoir la possibilité de tarer nos anémomètres à l'aide d'un appareil volumétrique, un gazomètre, par exemple, comme l'a fait M. Althans à Breslau ; mais ce moyen n'était point à notre disposition. Il nous a semblé, du reste, que puisque la très grande majorité des jaugeages qui se font journellement dans les mines étaient opérés à l'aide d'anémomètres tarés au manège, il y avait lieu, pour permettre les comparaisons et faciliter l'application des coefficients numériques que nous allions déduire de nos

(1) On n'arrivait souvent à une étanchéité parfaite, surtout les premiers temps, qu'après de longues heures de recherches.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

expériences, de les appuyer sur le même système d'observation, si incorrect fût-il.

Avant de donner les résultats de nos opérations, il est de notre devoir d'exprimer ici notre vive gratitude aux personnes dont le généreux concours en a assuré le succès; d'abord, aux administrateurs de la Compagnie houillère de Bessèges qui ont bien voulu nous accorder le crédit de temps et d'argent qui nous était nécessaire ; puis aux collaborateurs dévoués dont le zèle ne s'est pas ralenti un seul instant, malgré les conditions physiques particulièrement désagréables où il devait s'exercer, M. François Dubost, notre collègue aux mines de Bessèges, M. Siméon Moulin, géomètre, et son aide, le jeune Gaston Agniel (1).

3° De la proportionnalité de la perte de charge au carré de la vitesse moyenne.

En donnant la formule de la perte de charge dans les galeries de mine :

$$h = \alpha \frac{L\, p\, v^2\, \delta}{S\, \delta_0}$$

nous avons admis comme évidentes ou démontrées toutes les lois de proportionnalité qu'elle implique. Toutefois, l'une d'elles laissait un doute sérieux dans notre esprit, celle qui fait croître la perte de charge proportionnellement au carré de la vitesse moyenne de l'air.

On sait, en effet, que la plupart des auteurs qui se sont occupés des lois de l'écoulement des fluides dans les canaux de diverses natures, ont reconnu que cette proportionnalité cessait d'être exacte pour les faibles vitesses et ont été conduits à introduire dans la formule de la perte de charge, soit un terme de premier degré (Coulomb, de Prony, d'Aubuisson, Darcy, Arson)

$$h = av + bv.^2$$

soit un exposant inférieur à 2 : (de Saint-Venant, Reynolds, Flamant)

$$h = cv^{2-\varepsilon}$$

D'un autre côté, M. Rateau, professeur à l'École des mines de Saint-Étienne, a rendu compte d'une expérience faite aux mines de Montrambert (2), non pas sur

(1) Bien que le nombre de nos expériences ne soit que de douze, quinze séances ont été nécessaires pour donner à notre œuvre toute l'exactitude dont elle était susceptible. Notre première expérience a dû être recommencée parce qu'elle était entachée d'une grave erreur due sans doute à l'inhabileté de nos débuts; la deuxième, parce que nous l'avions crue erronée alors qu'elle était parfaitement exacte; enfin un jaugeage où la distribution des vitesses nous paraissait anormale a dû être fait une seconde fois.

Ces quinze séances ont occupé tout le mois de novembre et le commencement de décembre, à raison de trois par semaine.

(2) *Bulletin de la Société de l'Industrie minérale*, t. VI, 3e série, p. 133.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

un tronçon de galerie, mais sur l'ensemble d'une exploitation, où la dépression génératrice de l'aérage paraissait croître comme la puissance 1,75 du débit.

Il importait donc, avant toutes choses, de fixer nos idées à ce sujet, et à cette fin, nous avons multiplié dans deux de nos expériences les observations de la perte de charge, en faisant varier à chaque fois la grandeur de la vitesse moyenne.

La première de ces expériences (n° 10 de la série) a été faite dans une galerie de roulage cadrée en bois de chêne suivant la méthode des mineurs du Gard; les cadres, composés d'un chapeau et de deux étais, sont espacés en moyenne de $0^m,90$ d'axe en axe, et l'intervalle compris entre les cadres et la paroi est rempli par des garnitures en bois. La hauteur moyenne sous les chapeaux est de $1^m,85$; la largeur, de $1^m,20$ dans le haut, de $2^m,10$ dans le bas. Cette galerie est fort ancienne, et par suite des réparations successives dont elle a été l'objet, son profil présente d'assez grandes irrégularités, circonstance favorable, du reste, à la production d'une perte de charge élevée. Le parcours, légèrement sinueux, mais rectiligne dans son ensemble, avait $97^m,08$ de longueur.

On était là près du ventilateur de Créal, ce qui permettait d'obtenir des vitesses d'air considérables. Une porte de séparation que l'on ouvrait par degrés donnait un moyen facile d'échelonner les vitesses depuis zéro jusqu'au maximum.

Nos observations ont été au nombre de six. Nous les reproduisons dans le tableau suivant, en mettant en regard la perte de charge telle qu'elle aurait dû être dans l'hypothèse de sa proportionnalité exacte au carré de la vitesse moyenne, c'est-à-dire calculée par la formule :

$$h = c\,v^2$$

dans laquelle c est le rapport moyen donné par les quatre dernières expériences.

NUMÉROS D'ORDRE.	VITESSES MOYENNES.		PERTES DE CHARGE.		DIFFÉRENCES.
	v.	v^2.	OBSERVÉES.	CALCULÉES.	
	mètres.	mètres.	millim.	millim.	millim.
1.	0,926	0,858	0,36	0,32	— 0,04
2.	1,327	1,762	0,70	0,66	— 0,04
3.	2,153	4,638	1,76	1,73	— 0,03
4.	2,981	8,890	3,34	3,31	— 0,03
5.	3,655	13,355	4,96	4,98	+ 0,02
6.	4,202	17,658	6,53	6,58	+ 0,05

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les différences ne s'élèvent qu'à quelques centièmes de millimètre en plus ou en moins et, dans ces conditions, il est permis de dire que la loi est suffisamment exacte pour l'application.

Mais la précision de nos résultats permet de serrer la question de plus près. Il est facile de reconnaître, en effet, par le sens et l'amplitude des différences, qu'une influence de même nature que celle observée par les auteurs précités s'exerce sur les variations de la perte de charge. Si on s'en tient à la formule monôme de Flamant, une discussion attentive de nos observations conduit à remplacer le carré de la vitesse moyenne par la puissance 1,9267

$$h = c\,v^{1,9267}$$

Les différences s'atténuent alors d'une façon sensible, surtout pour les faibles vitesses, comme on en peut juger par ce nouveau tableau.

NUMÉROS D'ORDRE.	PERTES DE CHARGE.		DIFFÉRENCES.
	OBSERVÉES.	CALCULÉES.	
	millim.	millim.	millim.
1	0,36	0,35	— 0,01
2	0,70	0,71	+ 0,01
3	1,76	1,79	+ 0,03
4	3,34	3,36	+ 0,02
5	4,96	4,97	+ 0,01
6	6,53	6,51	— 0,02

Hâtons-nous d'ajouter que ces nouveaux résultats diffèrent trop peu des premiers pour infirmer d'une manière appréciable, au moins pour la pratique des mines, la loi de proportionnalité au carré de la vitesse.

Notre seconde expérience (n° 5 de la série) a été faite dans une galerie de roulage voûtée en plein cintre, de 2 mètres de hauteur sur 1^{m},95 de largeur moyenne. Le parcours était rectiligne et de 110^{m}, 90 de longueur. Cette galerie sert de collecteur d'aérage à la mine de Créal et nous avons pu y entretenir des vitesses d'air de 5 à 6 mètres par seconde, les plus fortes que nous ayons observées dans le cours de nos expériences. Néanmoins, la perte de charge y était minime par suite de la régularité des parois, encore lubrifiées par cet enduit gras que les retours d'air déposent sur tous les objets qui y séjournent. Toujours par l'artifice d'une porte graduellement ouverte, nous avons pu faire quatre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

observations régulièrement échelonnées que nous résumons dans le tableau suivant:

NUMÉROS D'ORDRE.	VITESSES MOYENNES.		PERTES DE CHARGE.		DIFFÉRENCES.
	v.	v^2.	OBSERVÉES.	CALCULÉES.	
	mètres.	mètres.	millim.	millim.	millim.
1.	2,368	5,607	0,37	0,38	+ 0,01
2.	3,522	12,407	0,84	0,84	»
3.	4,375	19,144	1,29	1,30	+ 0,01
4.	5,236	27,413	1,87	1,86	— 0,01

Ici, la proportionnalité de la perte de charge au carré de la vitesse s'accuse sans la moindre hésitation.

Évidemment, on ne saurait affirmer, en raison de la faible importance des pertes de charge observées et de leur nombre insuffisant, qu'il ne règne pas une influence de même sens et de même nature que celle révélée par notre première expérience. Mais cela importe peu et il suffit, pour le but pratique que nous poursuivons ici, que les résultats concordants de nos deux expériences nous permettent d'avancer que la loi de proportionnalité au carré de la vitesse est assez exacte pour servir de base solide au calcul de la perte de charge dans les galeries souterraines.

Ces premiers résultats étaient de nature à nous inspirer la plus grande confiance dans l'exactitude de nos moyens d'observation. Ils apportent par avance une réelle garantie aux valeurs numériques que nous allons déduire de la suite de nos recherches pour le coefficient de perte de charge α. Comme nous l'avons annoncé dès le début de cette étude, nous formerons trois groupes de nos expériences d'après la nature des parois des galeries où elles ont été exécutées et nous les passerons en revue dans l'ordre suivant: parois nues, revêtues de maçonnerie, étayées par des cadres.

4° Galeries à parois nues.

Expérience n° 1. — Cette première expérience a été faite dans un travers-bancs au rocher du 1er niveau de la mine de Créal ayant les dimensions habituelles de nos galeries de roulage, c'est-à-dire une hauteur sur rail de 1^m,90 à 2 mètres et une largeur égale. C'est ce que nous appellerons dans la suite la galerie *normale*. Le parcours était exactement rectiligne et avait 93^m,87 de longueur. La section était assez régulière, mais quelques blocs détachés du toit avaient laissé en couronne d'assez fortes anfractuosités (fig. 1, pl. 91).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les principales données et les résultats de cette expérience sont résumés dans le tableau suivant. Les observations de la vitesse moyenne et de la perte de charge sont au nombre de deux, comme dans toutes les expériences qui vont suivre; le poids du mètre cube d'air a été ramené partout, pour le calcul du coefficient α, au taux uniforme de $1^k,200$.

Longueur du parcours	$93^m,87$	
Section moyenne	$3^{m2},5840$	
Périmètre moyen	$7^m,40$	
Poids du mètre cube d'air	$1^k,183$	
Vitesse moyenne	$2^m,300$	$2^m,284$
Perte de charge	$0^{mm},93$	$0^{mm},91$
α	0,00092	0,00091
VALEUR MOYENNE DE α	0,00092	

La vitesse était un peu faible et, par suite, la perte de charge, peu importante. Aussi avons-nous éprouvé le besoin de contrôler ce premier résultat par une seconde observation sur une galerie de même nature.

Expérience n°2. — Nous avons choisi un travers-bancs du 4e étage de la mine de Créal, également *normal*, cependant de section moyenne légèrement plus grande, $4^{m2},13$ au lieu de $3^{m2},58$ (fig. 2, pl. 91).

Ce travers-bancs, exactement rectiligne, a été percé dans un grès très compact à l'aide de perforateurs à air comprimé, ce dont on s'aperçoit de suite à la forme carrée du plafond, tandis que les galeries percées à la main sont toujours plus ou moins cintrées ou ogivales. Bien que la section ne fut pas très constante, les parois étaient fort régulières et ne présentaient aucune sérieuse anfractuosité.

Ici, nous avons éprouvé le genre de déception dont nous avons parlé plus haut; il nous a été impossible d'obtenir une vitesse moyenne supérieure à 2 mètres, et comme le parcours n'avait qu'une faible longueur ($76^m,35$) la perte de charge dépassait à peine un demi-millimètre. Néanmoins, grâce à la sensibilité de nos instruments de mesure, on peut accorder la même confiance aux résultats de cette expérience qu'à tous ceux obtenus ailleurs.

Longueur du parcours	$76^m,35$	
Section moyenne	$4^{m2},1300$	
Périmètre moyen	$8^m,02$	
Poids du mètre cube d'air	$1^k,245$	
Vitesse moyenne	$2^m,038$	$2^m,086$
Perte de charge	$0^{mm},56$	$0^{mm},57$
α	0,00087	0,00085
VALEUR MOYENNE DE α	0,00086	

La diminution sensible du coefficient de perte de charge, dans cette galerie, ne peu s'expliquer que par la régularité plus grande du plafond et des parois.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'examen des courbes d'égale vitesse montre, en effet, que le ralentissement contre les bords y est sensiblement moindre que dans l'expérience précédente.

Expérience n° 3. — De là, nous nous sommes transportés au quatrième étage des mines de Bessèges, dans un travers-bancs superbe, absolument rectiligne, de 3 mètres à $3^m,20$, de largeur et 2 mètres de hauteur. La vitesse moyenne a pu y atteindre $2^m,400$, ce que nous n'osions espérer à cause de l'ampleur de la section et de l'éloignement du ventilateur (fig. 3, pl. 91).

Longueur du parcours	$94^m,70$	
Section moyenne	$5^{m2},8160$	
Périmètre moyen	$9^m,77$	
Poids du mètre cube d'air	$1^k,265$	
Vitesse moyenne	$2^m,425$	$2^m,248$
Perte de charge	$1^{mm},03$	$0^{mm},89$
α	0,00104	0,00105
Valeur moyenne de α	0,00105	

Ce résultat, relativement élevé, nous a surpris. Par suite d'idées peut-être préconçues, appuyées cependant sur les observations de nombreux auteurs, nous pensions que la perte de charge diminuait plus vite, en passant d'une galerie à une autre plus large, que le rapport du périmètre à la section, ou autrement dit que le coefficient α faiblissait pour les grandes largeurs. C'est le résultat inverse qui se produit, sans qu'on en voie clairement la cause.

Peut-être faut-il admettre que les indentations produites en couronne par les alternatives de bancs durs et tendres à stratification inclinée, prennent une importance relative plus considérable dans les galeries larges ? Mais cette explication est insuffisante. La véritable cause nous paraît indiquée par le tracé des courbes d'égale vitesse où l'on constate que la vitesse maximum, au lieu d'occuper comme d'ordinaire le centre de la galerie, est rejetée contre la paroi de droite. De là, une exagération de frottements qui devait nécessairement se traduire par une majoration du coefficient α.

Au reste, cette majoration est faible et ne peut être considérée comme apportant une note discordante dans nos résultats.

Expérience n° 4. — Nous avons réservé cette quatrième et dernière expérience sur les galeries à parois nues, au type des galeries à petite section. Le modèle que nous avons choisi est une galerie montante de $1^m,70$ de hauteur sur $1^m,20$ de largeur moyenne, reliant le premier niveau de Bessèges au deuxième niveau et servant de passage aux ouvriers de Créal.

La pente était de $0^m,40$ par mètre, et des degrés formés par des garnitures de chêne assujetties sur le sol aidaient à la gravir. La direction, rectiligne dans son ensemble, était un peu sinueuse dans le détail. La section, de 2^{m2} environ, était régulière, mais comme cette galerie avait suivi un dressant fort accidenté, il en était résulté une assez grande irrégularité de profil dont on peut se rendre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

compte par la figure 4 (pl. 91). Cette circonstance, jointe à la saillie des degrés fixés sur le sol, devait nous faire prévoir une augmentation sensible du coefficient de perte de charge, ce que l'expérience a vérifié.

Nous avons pu obtenir aisément des vitesses d'air importantes, ce qui est, du reste, beaucoup plus facile avec les galeries de faible section qu'avec de larges passages.

Longueur du parcours	$75^{m},20$	
Section moyenne	$2^{m2},0220$	
Périmètre moyen	$5^{m},39$	
Poids du mètre cube d'air	$1^{k},201$	
Vitesse moyenne	$4^{m},173$	$4^{m},309$
Perte de charge	$4^{m},24$	$4^{m},56$
α	0,00121	0,0012 2
VALEUR MOYENNE DE α	0,00122	

D'après ce que nous avons dit tout à l'heure, l'augmentation sérieuse que subit ici le coefficient de perte de charge n'a pas lieu de nous surprendre. Toutefois, nous ne croyons pas que les inégalités et rugosités du parcours en soient la cause unique. Bien que l'expérience n° 3 n'ait pas confirmé notre manière de voir, nous persistons à penser que, toutes choses égales d'ailleurs, le coefficient de perte de charge varie légèrement avec la section des galeries où on l'observe, s'atténuant pour les larges ouvertures, grandissant pour les étroits passages. La diminution peut être sensible lorsqu'on passe d'une galerie normale à une galerie large; l'augmentation peut, au contraire, prendre une importance sérieuse lorsque la section faiblit. Nous verrons nos prochaines expériences confirmer cette hypothèse.

Elle est, du reste, tout à fait conforme aux conclusions adoptées par les auteurs dont nous avons cité les noms. A la suite de ses expériences bien connues sur l'écoulement de l'air et du gaz d'éclairage dans les conduites, Arson a été conduit à la formule binôme :

$$h = \frac{L\,\delta}{D}(a\,v + b\,v^2)$$

dans laquelle les coefficients a et b prennent des valeurs croissantes à mesure que le diamètre diminue. M. Devillez conserve un terme unique et un coefficient constant,

$$h = \frac{\alpha\,L\,\delta\,v^2}{D^{1,273}}$$

mais il affecte le diamètre, fonction simple du périmètre, d'un exposant supérieur à l'unité, ce qui revient à donner au périmètre une influence plus grande que celle de la simple proportionnalité inverse. Il serait surprenant qu'il n'en fût pas de même pour les galeries de mine.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Résumé. — Nos trois premières expériences ont donné des résultats assez concordants pour permettre d'accepter leur moyenne comme valeur pratique du coefficient de perte de charge dans les galeries rectilignes à parois nues, normales ou larges. Cette moyenne se trouve être égale à :

$$\alpha = 0,00094.$$

Pour les galeries de petite section, nous ne possédons qu'une observation unique :

$$\alpha = 0,00122.$$

que l'on pourra appliquer aux galeries analogues à celle qui en a été l'objet.

Ne pouvant multiplier assez nos expériences pour prévoir tous les cas, nous laisserons à l'exploitant qui aura à faire l'application de ces valeurs, le soin de juger dans quelle mesure il devra les accroître ou les diminuer pour tenir compte du degré de courbure de ses galeries et d'anfractuosité de leurs parois.

5° Galeries voûtées en maçonnerie.

Expérience n° 5. — La galerie voûtée *normale* des mines de Bessèges a 2 mètres de largeur sur 2 mètres de hauteur sous clef; son profil présente deux pieds-droits verticaux surmontés d'un plein cintre.

Celle qui a fait l'objet de la présente expérience a déjà été décrite; elle nous a servi à vérifier la proportionnalité de la perte de charge au carré de la vitesse moyenne. Sa direction est rectiligne et ses parois sont régulières, bien qu'en certains points elles aient un peu cédé sous la pression de la roche; elles sont recouvertes de l'enduit humide et gras particulier aux retours d'air des exploitations (fig. 5, pl. 91).

La proximité du ventilateur a permis d'entretenir dans cette galerie des vitesses élevées, sans quoi la perte de charge y eût été à peine apparente.

Longueur du parcours	110m,90	
Section moyenne	3m2,4470	
Périmètre moyen	7m,02	
Poids du mètre cube d'air	1k,184	
Vitesse moyenne	5m,236	4m,375
Perte de charge	1mm,87	1mm,29
α	0,00031	0,00030
VALEUR MOYENNE DE α	0,00030	

Ce résultat est plein d'intérêt; il montre que l'effet immédiat du muraillement des galeries à parois nues est de réduire la perte de charge à moins du tiers de sa

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

valeur primitive. Nous verrons ce gain s'élever encore lorsqu'il s'agira de substituer des voûtes en maçonnerie aux cadres des galeries boisées.

L'importance de ce premier résultat nous a conduit à le contrôler à l'aide d'une nouvelle observation faite dans une autre galerie, de même section et de même nature. Le septième étage de la mine de Créal offrait précisément un parcours répondant à ce programme et d'une longueur exceptionnelle.

Expérience n° 6. — On ne pouvait espérer obtenir, dans cette galerie, des vitesses d'air considérables; mais on trouvait une compensation suffisante dans la grande longueur du parcours qui atteignait 330^{m},66.

Ce parcours était absolument rectiligne et d'une parfaite régularité de profil. L'air arrivant directement de la surface par la colonne du puits de Brissac n'était pas encore souillé par les exhalaisons souterraines et avait laissé aux parois l'aspect et la rugosité des premiers jours (fig. 6, pl. 91).

Notre provision de tubes étant insuffisante pour un aussi long parcours, nous avons mis à profit la conduite d'air comprimé qui préexistait dans cette galerie et dont nous avons isolé momentanément un tronçon :

Longueur du parcours	330^{m},66	
Section moyenne	3^{m2},6080	
Périmètre moyen	7^{m},18	
Poids du mètre cube d'air	1^{k},221	
Vitesse moyenne	1^{m},963	1^{m},950
Perte de charge	0^{mm},94	0^{mm},93
α	0,00036	0,00037
Valeur moyenne de α	0,00036	

Le coefficient de perte de charge présente ici une augmentation sérieuse assez difficile à expliquer. Peut-être faut-il l'attribuer à ce fait que les parois, humides et grasses dans l'expérience précédente, étaient, ici, sèches et rugueuses? Peut-être encore, la saillie formée par les brides des tuyaux d'air comprimé donnait-elle lieu à un surcroît appréciable de frottement. Quoi qu'il en soit, nous croyons pouvoir considérer les deux valeurs que nous venons d'obtenir, 0,00030 et 0,00036 comme les limites extrêmes du coefficient de perte de charge dans les galeries voûtées, normales et rectilignes, et proposer leur moyenne, 0,00033, comme la valeur numérique à adopter pour l'application.

Expérience n° 7. — Il ne nous a pas été possible, à notre grand regret, de réserver une expérience pour les galeries voûtées de grande largeur. Bien que ce type de galerie se rencontre assez fréquemment dans les mines de Bessèges, il n'y existe qu'à l'état de tronçons trop courts pour donner lieu à une perte de charge appréciable.

Avant de passer aux galeries voûtées de petites dimensions, il nous a paru utile de faire une observation sur une galerie *normale* qui présentait cette parti-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cularité intéressante de décrire une grande courbe continue, presque une demi-circonférence.

La projection du courant d'air contre la paroi concave, par l'effet de la force centrifuge, devait donner lieu à une aggravation du frottement et, par suite, à une augmentation du coefficient de perte de charge dont il n'était pas sans intérêt de connaître la mesure (1).

Cette galerie, située au deuxième niveau de la mine de Créal, fait suite, à 250 mètres d'intervalle, à la galerie rectiligne de l'expérience n° 5. La section y est semblable et tout aussi régulière ; mais la vitesse de l'air est moindre et les parois sont plus propres (fig. 7, pl. 91).

Longueur du parcours	$102^{m},12$	
Section moyenne	$3^{m2},4560$	
Périmètre moyen	$7^{m},02$	
Poids du mètre cube d'air	$1^{k},177$	
Vitesse moyenne	$3^{m},404$	$3^{m},075$
Perte de charge	$1^{mm},46$	$1^{mm},18$
α	0,00062	0,00062
VALEUR MOYENNE DE α	0,00062	

Les galeries voûtées rectilignes avaient donné en moyenne le chiffre 0,00035; on voit qu'une courbure ininterrompue et de même sens peut avoir pour effet de doubler, ou peu s'en faut, le coefficient de perte de charge (2).

Expérience n° 8. — A défaut de galeries voûtées de grande largeur, nous avons pu opérer sur deux degrés échelonnés de galeries de petite section, l'une de $1^{m},70$ de largeur, l'autre de $1^{m},20$.

La première de ces galeries a suivi, au premier niveau de Bessèges, un dressant fort accidenté, d'où un parcours assez sinueux bien que s'écartant peu d'une direction moyenne rectiligne. Sa section est fort régulière, avec $1^{m},70$ de largeur entre les pieds-droits et $1^{m},80$ de hauteur sous clef (fig. 1, pl. 92).

Longueur du parcours	$92^{m},10$
Section moyenne	$2^{m2},7360$
Périmètre moyen	$6^{m},26$
Poids du mètre cube d'air	$1^{k},199$

(1) Cet effet d'accélération pour les vitesses voisines de la paroi concave ne se fait que très peu sentir dans le tracé des courbes d'égale vitesse relatif à cette expérience, la section de jaugeage ayant été placée dans la partie rectiligne qui précède la courbure.

(2) La répétition à quelques jours d'intervalle de cette expérience faite au début de nos opérations, et que l'on avait crue d'abord erronée, a contribué beaucoup à nous inspirer confiance dans notre méthode d'observation. La première fois, la ligne de tuyaux du parcours avait été prolongée par inadvertance d'une dizaine de mètres au delà du passage voûté, dans une partie à parois nues, et on avait trouvé pour α le nombre 0,00065; la deuxième fois, on est resté correctement sous la voûte, et α s'est abaissé à 0,00062.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Vitesse moyenne.	$2^m,950$	$3^m,111$
Perte de charge.	$0^m,94$	$1^m,04$
α.	0,00051	0,00051
VALEUR MOYENNE DE α.	0,00051	

On devait s'attendre à trouver un résultat intermédiaire entre ceux donnés respectivement par les galeries voûtées rectilignes et celles à courbure continue, ce que l'observation vérifie d'une façon fort convenable. C'est là, du reste, le seul enseignement à tirer de cette expérience, la galerie qui en a été l'objet n'étant pas exactement comparable aux précédentes.

Expérience n° 9. — La seconde de nos galeries voûtées de petite section, également située au premier niveau de Bessèges, n'a que $1^m,20$ de largeur sur $1^m,90$ de hauteur sous clef; elle sert de passage aux ouvriers de Créal. Comme la précédente, elle est rectiligne dans son ensemble, mais un peu sinueuse dans le détail. Nous avons pu y entretenir aisément des vitesses d'air de 4 à 5 mètres par seconde, ce qui compensait l'exiguïté de son parcours, le plus faible de toutes nos expériences (fig. 2, pl. 92).

Longueur du parcours	$61^m,30$	
Section moyenne.	$2^m,1250$	
Périmètre moyen.	$5^m,67$	
Poids du mètre cube d'air.	$1^k,199$	
Vitesse moyenne.	$4^m,535$	$4^m,569$
Perte de charge.	$1^{mm},82$	$1^{mm},88$
α.	0,00054	0,00055
VALEUR MOYENNE DE α.	0,00055	

La grandeur de la section mise à part, cette galerie est tout à fait comparable à la précédente : mêmes sinuosités, même profil, même nature de parois. Aussi, serait-il difficile d'expliquer l'augmentation assez sérieuse que subit le coefficient de perte de charge en passant de l'une à l'autre, si on ne pouvait admettre la loi dont nous avons parlé à propos de l'expérience n° 4 et d'après laquelle ce coefficient grandirait lorsque la section diminue. Peut-être, déjà, l'influence de cette loi s'est-elle exercée dans l'expérience précédente? Dans tous les cas, on peut considérer le résultat que nous venons d'obtenir comme lui apportant un sérieux appui.

Résumé. — Les valeurs un peu écartées données par les expériences n^{os} 5 et 6 pour le coefficient de perte de charge dans les galeries voûtées, normales et rectilignes, conduisent à adopter leur moyenne, 0,00033, pour les calculs de la pratique des mines.

Si la galerie voûtée normale cesse d'être rectiligne pour présenter une courbure continue et de même sens, le coefficient de perte de charge peut s'élever jusqu'à 0,00062.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Si elle est simplement sinueuse, l'augmentation s'arrête à 0,00051, mais peu aller jusqu'à 0,00055 avec les galeries de petite section.

Tel est le groupe de résultats donné par les galeries revêtues de maçonnerie. Nous avions espéré obtenir une gamme plus régulière et plus complète; mais il est rare de rencontrer dans les mines des types de galeries bien échelonnés et bien comparables, répondant en même temps aux exigences multiples de notre méthode d'observation. Avec la meilleure volonté il nous a été impossible de faire mieux et davantage.

6° Galeries cadrées.

Expérience n° 10. — Les cadres de soutènement en usage dans les mines de Bessèges se composent de trois pièces, un chapeau et deux étais, assemblés en forme de trapèze en ayant soin, lorsque les bois sont courbes, de tourner leur concavité à l'intérieur. Leur espacement, de milieu en milieu, varie de $1^m,20$ à $1^m,30$; le vide qui règne entre les cadres et les parois est rempli par un garnissage en menus bois.

La section moyenne d'une galerie cadrée serait, en bonne règle, un intermédiaire entre la section prise à l'intérieur des cadres et celle relevée dans leurs intervalles; mais, on serait conduit alors à des calculs compliqués pour un résultat peu clair. Il nous a paru bien préférable de mesurer les sections et les périmètres à l'intérieur des cadres et de considérer les excédents de largeur de leurs intervalles comme de simples anfractuosités (1).

La galerie qui a fait l'objet de l'expérience n° 10 est une galerie de roulage ordinaire, ou galerie *normale* cadrée en chêne et présentant, en moyenne, une hauteur de $1^m,85$ sous les chapeaux, une largeur de $1^m,20$ au sommet du trapèze et de $2^m,10$ dans le bas. Très heureusement située à l'entrée du deuxième niveau de la mine de Créal et à proximité du ventilateur, elle nous a déjà permis de vérifier dans des conditions excellentes la loi de proportionnalité de la perte de charge au carré de la vitesse moyenne, expérience dont nous avons rendu compte plus haut (fig. 3, pl. 92).

Comme nous l'avons dit alors, cette galerie déjà ancienne a subi des réparations fréquentes qui lui ont laissé une certaine irrégularité de profil. Les cadres, anciens et nouveaux, se succèdent à intervalles très rapprochés avec de sensibles différences de hauteur et de forme, tout en laissant un passage conve-

(1) Pour être complète, la section devait être accrue des vides qui subsistent entre les garnitures dans l'intervalle compris entre les cadres et la paroi. Mais, comme la vitesse de l'air y est nécessairement très ralentie, il nous a semblé qu'on pouvait sans inconvénient éviter cette complication.

Dans la section où s'opérait le jaugeage, on fermait ces interstices avec du foin pour avoir la totalité du débit.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nable pour les chevaux et leurs convois. La direction est rectiligne avec les inévitables inflexions d'une galerie qui suit une couche et n'est point tracée au cordeau.

Longueur du parcours	97m,08	
Section moyenne	3m²,0370	
Périmètre moyen	6m,91	
Poids du mètre cube d'air	1k,201	
Vitesse moyenne	4m,202	3m,655
Perte de charge	6mm,53	4mm,96
α	0,00168	0,00168
VALEUR MOYENNE DE α	0,00168	

Comme on devait le prévoir, le coefficient de perte de charge prend ici une valeur très élevée, supérieure à tout ce que nous avons observé jusqu'à présent. Mais, pour donner à cet important résultat toute l'autorité qui lui est nécessaire. il importait de le contrôler par une seconde observation faite dans des conditions similaires.

Expérience n° 11. — La galerie fraîchement réparée de la couche Saint-Félix, au premier niveau de Créal, nous offrait un excellent exemple de galerie normale, régulièrement et correctement cadrée. Circonstance rare pour une galerie de cette nature, elle était parfaitement isolée du reste des travaux sur toute la longueur du parcours. La hauteur moyenne sous les chapeaux était de 1m,95, la largeur en haut, de 1m,20 et en bas, de 2m,20. Les cadres étaient en bois de pin, et leur espacement d'axe en axe était, en moyenne, de 1m,20. En certaines parties et en particulier dans celle où s'est fait le jaugeage, les chapeaux présentaient une inclinaison très sensible accompagnant celle du toit de la couche (fig. 4, pl. 92).

Comme dans la galerie précédente, le parcours était rectiligne avec de très légères sinuosités. Il nous a été possible, non sans effort, d'y obtenir une vitesse d'air moyenne de 2 mètres par seconde qui, insuffisante dans une galerie voûtée, donnait ici une perte de charge appréciable.

Longueur du parcours	80m,25	
Section moyenne	3m²,3370	
Périmètre moyen	7m,23	
Poids du mètre cube d'air	1k,169	
Vitesse moyenne	2m,151	2m,146
Perte de charge	1mm,13	1mm,12
α	0,00144	0,00143
VALEUR MOYENNE DE α	0,00144	

La diminution que subit ici le coefficient de perte de charge s'explique très bien par la régularité plus grande de la galerie où il a été observé.

Expérience n° 12. — La galerie cadrée de grande dimension ne se rencontre que très rarement à Bessèges, et toujours sur de faibles longueurs; dans les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gares de croisement, par exemple. Nous avons dû y renoncer, avec moins de regrets, du reste, qu'à la galerie voûtée similaire qui eût été pour nous un acheminement vers les souterrains d'égoût et de chemin de fer.

La galerie de petite section, cadrée ou non cadrée, est au contraire extrêmement fréquente; elle constitue tout le réseau des voies de traînage caractéristiques, on le sait, de notre système d'exploitation. Malheureusement, ces voies sont très rarement isolées des travaux voisins; elles côtoient des remblais, croisent des voies transversales, se bifurquent ou se confondent, en sorte que ce n'est pas sans une longue recherche que nous avons pu découvrir un tronçon absolument indépendant et régulièrement cadré sur une longueur suffisante pour se prêter à nos observations.

Ce tronçon, qui sépare le troisième et le quatrième étage de Créal, fait partie du retour d'air indépendant du septième étage, où se sont produits à diverses reprises des dégagements de grisou instantanés. Il s'élève dans la couche Sainte-Barbe avec une pente moyenne de $0^{m},30$ par mètre (fig. 5, pl. 92).

Les cadres ont en moyenne $1^{m},50$ de hauteur sous les chapeaux, $1^{m},10$ de largeur en haut et $1^{m},70$ en bas; leur espacement moyen est de $1^{m},20$. Le parcours est rectiligne dans son ensemble, mais, dans le détail, un peu sinueux.

Longueur du parcours	$92^{m},53$	
Section moyenne	$2^{m2},0850$	
Périmètre moyen	$5^{m},77$	
Poids du mètre cube d'air	$1^{k},200$	
Vitesse moyenne	$2^{m},310$	$2^{m},138$
Perte de charge	$3^{mm},32$	$2^{mm},71$
α	0,00243	0,00233
VALEUR MOYENNE DE α	0,00238	

Le coefficient de perte de charge présente, ici, une augmentation considérable assez difficile à expliquer. Sans doute, les sinuosités du parcours étaient plus sensibles et les anfractuosités formées par les intervalles des cadres avaient une importance relative plus grande; néanmoins, il serait impossible de se rendre compte d'une majoration pareille si on ne faisait intervenir l'influence dont nous avons déjà maintes fois parlé et que l'on pourrait appeler, pour la commodité du langage, *la loi des petites sections*. D'après cette loi, infiniment probable, bien que non encore appuyée sur des bases solides, le coefficient de perte de charge grandirait lorsque la section diminue; pour la troisième fois, nous en trouvons la confirmation.

Résumé. — Les deux valeurs du coefficient de perte de charge obtenues dans les galeries cadrées, normales et rectilignes sont très concordantes et permettent de proposer leur moyenne avec confiance pour l'application, soit : $\alpha = 0,00156$.

Cette valeur paraît augmenter très rapidement lorsque la section diminue;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans le cas unique de galerie cadrée de petite section que nous ayons observé, elle est montée à 0,00238. Il convient d'ajouter que le parcours était un peu sinueux.

7° Résumé général et Conclusions.

Pour permettre de jeter un coup d'œil sur la série des résultats donnés par nos douze observations, nous les avons rapprochés dans le tableau suivant :

Galeries à parois nues.	N° 1, rectiligne, section normale	0,00092	0,00094
	N° 2, — —	0,00086	
	N° 3, — grande section	0,00104	
	N° 4, — petite section		0,00122
Galeries voûtées.	N° 5, rectiligne section normale	0,00030	0,00033
	N° 6, — —	0,00036	
	N° 7, courbure continue, section normale		0,00062
	N° 8, sinueuse, section intermédiaire		0,00051
	N° 9, — petite section		0,00055
Galeries cadrées.	N° 10, rectiligne, section normale	0,00168	0,00156
	N° 11, — —	0,00144	
	N° 12, Un peu sinueuse, petite section		0,00238

On remarquera que, malgré les différences individuelles, chaque groupe reste enfermé dans des limites assez étroites, avec de larges intervalles d'un groupe à l'autre. Nos trois types de galeries sont donc très nettement caractérisés au point de vue de la perte de charge qu'ils absorbent ; comme on devait s'y attendre, ils se rangent dans l'ordre suivant :

1° Galeries voûtées	de 0,00030 à 0,00062
2° Galeries à parois nues	de 0,00086 à 0,00122
3° Galeries cadrées	de 0,00144 à 0,00238

Du tableau récapitulatif qui précède se dégagent divers enseignements que nous avons déjà exposés à mesure que nous rendions compte de nos expériences. Nous les rappellerons rapidement ici, en examinant tour à tour l'influence des inflexions des galeries, de leur section et de la nature de leurs parois.

Influence des inflexions. — Le groupe des galeries voûtées est le seul assez complet pour permettre de se faire une idée de l'influence des inflexions du parcours sur le taux de la perte de charge. Sans quitter la galerie normale, on observe cette intéressante progression :

1° Galerie voûtée, rectiligne	$\alpha = 0,00033$
2° — simplement sinueuse	$\alpha = 0,00051$
3° — à courbure continue	$\alpha = 0,00062$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On voit que la perte de charge arrive presque à doubler de valeur lorsque les galeries présentent de fortes courbures.

Influence de la section. — Les grandes sections n'ont été l'objet que d'une seule expérience, avec des parois nues et un parcours rectiligne. La valeur obtenue pour le coefficient de perte de charge a peu différé de celles données dans les mêmes conditions par les galeries normales; nous l'avons fait rentrer dans le calcul de la valeur moyenne à proposer pour l'application.

Les petites sections ont été observées une fois avec chacun de nos trois types de galeries et, chaque fois, elles ont donné lieu à une augmentation très sensible du coefficient de perte de charge, particulièrement pour les galeries cadrées, comme on peut en juger par le tableau suivant :

	Section normale.	Petite section.
Galeries voûtées	$\alpha = 0{,}00033$	$\alpha = 0{,}00055$
Galeries à parois nues	$\alpha = 0{,}00094$	$\alpha = 0{,}00122$
Galeries cadrées	$\alpha = 0{,}00156$	$\alpha = 0{,}00238$

Sans doute, il ne faut pas oublier que ces galeries de faible largeur étaient plus inégales et plus sinueuses que les galeries normales auxquelles on les compare; néanmoins, l'augmentation paraît trop sérieuse et trop constante pour qu'il ne soit pas nécessaire de faire intervenir une influence nouvelle, celle que nous avons désignée sous le nom de *loi des petites sections*. Nous avons rappelé plus haut que plusieurs auteurs avaient été conduits à admettre que la valeur du coefficient de perte de charge, dans les canalisations d'air et de gaz, augmentait avec les petits diamètres; nul doute qu'il n'en soit de même pour les galeries de mine. Nous croyons donc qu'on peut accepter provisoirement cette loi dans les termes vagues où nous la donnons ici, jusqu'au jour où des expériences multipliées et précises en auront fixé numériquement les conditions.

Comme conséquence de cette loi, nous dirons que les exploitants se trouvent avoir un double intérêt à donner de grandes sections à leurs galeries d'aérage, car ils atténuent ainsi la perte de charge, d'abord, par l'effet du ralentissement de la vitesse, et ensuite, par la diminution correspondante du coefficient α.

Influence des parois. — Pour dégager avec netteté l'influence de la nature des parois, il convient de s'en tenir aux galeries normales et rectilignes qui sont tout à fait comparables entre elles aux autres égards et ont toutes été l'objet d'une double observation dans des quartiers de mine différents.

On obtient ainsi la série suivante, régulièrement échelonnée et tout à fait caractéristique :

1° Galeries voûtées. . . . . $\alpha = 0{,}00033$
2° Galeries à parois nues. . . . . $\alpha = 0{,}00094$
3° Galeries cadrées. . . . . $\alpha = 0{,}00156$

De cette série de valeurs se dégage un enseignement d'une haute importance;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

elle nous permet d'exprimer avec force cet avis que, dans le choix du revêtement à appliquer aux galeries de mine, les exploitants ne doivent pas se laisser guider uniquement par des considérations de solidité ou d'économie ; ils doivent donner toute leur attention à l'influence que ce revêtement peut avoir sur l'intensité du courant d'air appelé à circuler à son contact.

Nous appuierons cet aphorisme sur un exemple numérique puisé dans la pratique journalière de l'exploitation des mines.

Il devient de plus en plus rare, pour les exploitants, de n'avoir à percer dans le sol que deux courtes ouvertures pour entrer de suite en période de production régulière. Très souvent, les difficultés d'accès des régions montagneuses, la présence de morts-terrains aquifères, ou simplement le désir d'utiliser des puits bien outillés et bien placés pour l'exploitation de gisements éloignés, obligent à percer de longues galeries où le courant d'air de la mine doit circuler en totalité, soit pour se rendre de la surface aux travaux, soit pour retourner des travaux à la surface. Nous pourrions en citer de nombreux exemples; mais, sans que cela soit nécessaire, on voudra bien admettre que nous restons dans les limites très modérées en faisant l'hypothèse d'une mine où le courant d'air aurait à parcourir, soit à l'amont, soit à l'aval des travaux, une galerie normale de 400 mètres de longueur et de $3^{m},60$ de section moyenne (1).

Nous supposerons que le débit est de 18 mètres cubes par seconde, ce qui donne une vitesse d'air moyenne de 5 mètres. Or, dans ces conditions, on trouve que la hauteur de charge absorbée par cette galerie sera égale :

		Millim.
Si elle est voûtée	à	6,6
— à parois nues	à	19,5
— cadrée	à	32,6

Donc, si la mine proprement dite exige à elle seule une charge motrice de 20 millimètres d'eau, la dépression que devra produire le ventilateur à son ouïe devra être :

		Millim.
Dans le 1er cas	de	26,6
— 2e —	de	39,5
— 3e —	de	52,6

Ainsi, le travail moteur de la ventilation variera dans le rapport du simple au double, suivant que les 400 mètres de galerie collectrice seront étayés avec de la maçonnerie ou avec des cadres.

(1) Ce chiffre de $3^{m2},60$ représente assez bien la section moyenne de la galerie de roulage normale, voûtée ou à parois nues. Il serait peut-être un peu fort pour la galerie cadrée normale. Nous avons admis les valeurs suivantes pour le périmètre ; voûtée $7^{m},17$, à parois nues $7^{m},45$, cadrée $7^{m},52$. Le poids du mètre cube d'air est supposé égal à $1^{kil},200$.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Mais la question que nous examinons ici est assez importante pour qu'il y ait lieu de la serrer de plus près. Nous renverserons le problème et nous rechercherons, par exemple, comment variera le débit avec les trois sortes de parois, en supposant que le ventilateur, réglé à sa vitesse de marche pratique, entretient dans le puits d'appel une dépression de 40 millimètres d'eau.

La hauteur de charge absorbée par les travaux d'une mine en exploitation ne peut être calculée *a priori* ; ces travaux présentent, en effet, un réseau d'excavations beaucoup trop compliqué pour se prêter à l'analyse, avec l'entrelacement de leurs galeries, les vides laissés dans les dépilages, les formes indécises des tailles et des remblais et surtout, avec les modifications incessantes produites journellement pour le progrès des chantiers. Pour obvier à cette difficulté, nous avons proposé, dès l'année 1872, la méthode *a posteriori* de *l'orifice équivalent* qui a eu la bonne fortune de rencontrer, de la part des exploitants, l'accueil le plus favorable. Cette méthode consiste à substituer à la mine considérée l'orifice en mince paroi qui exige la même hauteur de charge pour débiter le même volume d'air et qui, par suite, lui équivaut.

L'aire de cet orifice a s'obtient de suite, lorsqu'on connaît la charge h et le débit V, à l'aide de la formule

$$a = \frac{0{,}38\ \mathrm{V}}{\sqrt{h}}\ (1).$$

Nous supposerons, dans le cas particulier qui nous occupe, que la mine seule, indépendamment de la galerie de 400 mètres qui lui sert d'accès ou d'issue, équivaut à un orifice de $1^{m2}{,}50$. La hauteur de charge qui lui est nécessaire, déduite de la formule précédente, sera :

$$h = \frac{0{,}38^2\mathrm{V}^2}{a^2} = 0{,}00642\ \mathrm{V}^2.$$

D'autre part, les 400 mètres de galerie précités absorberont une charge égale à :

$$h = \alpha\ \frac{400\ p\ v^2\ \delta}{\mathrm{S}\ \delta_0}$$

formule qui deviendra, en remplaçant la vitesse moyenne v par le quotient $\frac{\mathrm{V}}{\mathrm{S}}$ du débit par la section et en admettant $\delta = \delta_0$:

$$h = \alpha\ \frac{400\ p\ \mathrm{V}^2}{\mathrm{S}^3}$$

(1) Cette formule est déduite de celle du débit à travers les orifices en mince paroi :

$$\mathrm{V} = \mathrm{K}a\sqrt{2g\frac{h}{\delta}}$$

en supposant le coefficient de striction K égal à 0,65 et le poids du mètre cube d'air égal à $1^{kil}{,}200$.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ces deux charges réunies devront former un total égal à la dépression produite par le ventilateur, c'est-à-dire, à 40 millimètres :

$$0{,}00642\ V^2 + \alpha \frac{400\ p\ V^2}{S^3} = 40,$$

équation d'où l'on déduit immédiatement la valeur du débit :

$$V^2 = \frac{40}{0{,}00642 + \alpha \frac{400\ p}{S^3}}.$$

On sait que S est égal à $3^{m2},60$; p nous est également connu (1). Il suffira donc d'attribuer au coefficient de perte de charge α les valeurs successives correspondant aux trois natures de parois, pour être en mesure de calculer dans les trois hypothèses le volume d'air débité par seconde, V.

On reconnaît ainsi que, suivant le mode de revêtement adopté pour les 400 mètres de galerie collectrice, le débit sera égal.

Si la galerie est voûtée.	à	$21^{m3},760$
Si les parois restent nues.	à	$17^{m3},940$
Si la galerie est cadrée	à	$15^{m3},580$

Ces résultats se passent de commentaire. Ils précisent avec une netteté suffisante les deux points que nous désirions établir : l'influence désastreuse du boisage des galeries sur la ventilation et l'amélioration remarquable que lui apportent les revêtements en maçonnerie.

Peut-être cette amélioration serait-elle encore accrue si on recouvrait d'un enduit la surface toujours un peu rugueuse des maçonneries de mines? Peut-être même le gain ainsi obtenu justifierait-il cette dépense? Nous regrettons de n'avoir pu faire cette importante constatation.

Il nous a paru intéressant de fixer par une image autant que possible claire et saisissante les trois degrés d'influence pariétale révélés par nos observations. Cette image fait l'objet de la figure 6 (pl. 92).

Prenant pour point de départ le profil du travers-bancs à parois nues de l'expérience n° 2, nous lui avons superposé le profil de la galerie voûtée et celui de la galerie cadrée absorbant, pour le même débit, la même hauteur de charge. Ces contours s'enveloppent les uns les autres ; ils vont en grandissant de la galerie voûtée à la galerie cadrée, de façon à compenser par le ralentissement de la vitesse l'augmentation du coefficient de perte de charge.

On remarquera que le profil de la galerie voûtée laisse partout, ou presque partout, à l'intérieur des parois nues un intervalle suffisant pour recevoir une brique

(1) Nous avons donné les valeurs à attribuer au périmètre p dans une note précédente.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de $0^m,22$; d'où cette conséquence assez inattendue qu'il est possible de revêtir une galerie au rocher normale d'une maçonnerie en briques de $0^m,22$, sans s'imposer aucun élargissement préalable et sans porter aucun préjudice au courant d'air qui la parcourt.

Le trapèze de la galerie cadrée enveloppe largement le contour du travers-bancs primitif, et comme, avant de dresser un cadre, il faut préalablement faire sa place et celle des garnitures qui prennent appui sur sa face extérieure, on se trouve conduit, d'après notre dessin, à cette autre conséquence non moins singulière : si on veut étayer une galerie avec des cadres sans augmenter le taux de la perte de charge, il faut commencer par porter la section au double de sa première valeur.

Conclusions. — En terminant cette étude, nous devons reconnaître que nos expériences n'ont fait que confirmer ce que la simple réflexion permettait de prévoir; néanmoins, nous pensons qu'il n'aura pas été inutile de substituer à de vagues soupçons des données numériques précises. Quoi qu'on en ait dit, le devoir et l'intérêt bien entendu de l'exploitant d'une mine grisouteuse sont d'accroître autant que possible l'intensité du courant d'air qui assainit ses travaux; or, il y arrivera bien plus sûrement en pourchassant, si on peut ainsi parler, la perte de charge partout où elle présente des valeurs excessives qu'en se livrant à la recherche de machines d'aérage perfectionnées. A côté du moyen classique et particulièrement efficace qui consiste à agrandir les sections pour ralentir les vitesses, nos expériences en rappellent d'autres dont le concours ne saurait être négligé et qu'elles mettent en vive lumière : la substitution de revêtements en maçonnerie au boisage des galeries cadrées et même aux simples parois nues, la recherche des tracés rectilignes et, enfin, la suppression des petites sections qui ajoutent aux graves effets de l'accélération de la vitesse celui d'une augmentation sensible du coefficient de perte de charge.

Nous espérons avoir fait ainsi une œuvre vraiment utile. C'était notre unique désir lorsque nous avons entrepris cette étude; notre vœu le plus cher serait d'avoir réussi.

AGRICULTURE

CONFÉRENCE SUR LES MACHINES AGRICOLES AU PALAIS DE L'INDUSTRIE, PAR M. RINGELMANN, PROFESSEUR DE GÉNIE RURAL A L'ÉCOLE DE GRIGNON, DIRECTEUR DE LA STATION D'ESSAIS DE MACHINES.

MESSIEURS,

L'exposition du concours général comprend, cette année, 6148 machines et instruments présentés par 385 exposants contre 5800 machines et 372 exposants

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du concours précédent; en 1891, on trouvait 5270 machines présentées par 360 exposants; on constate donc ainsi une légère augmentation. L'exposition annexée au concours général devient, de plus en plus, le grand marché des machines, et les affaires qui s'y traitent servent en quelque sorte de base aux constructeurs pour prévoir l'allure qu'il convient de donner à la fabrication de l'année courante; c'est ainsi que s'explique l'empressement des constructeurs qui viennent, de tous les points du territoire, prendre part à l'exposition où ils ne sont attirés par aucune récompense ou par aucun concours spécial.

Quelle différence avec les anciens concours d'animaux gras de Poissy, où un petit nombre de constructeurs étaient admis à exposer quelques machines et instruments agricoles! Et cette différence se constate en comparant des concours relativement récents : vers 1878, il n'y avait que 1600 machines; 2000 en 1880, 5500 en 1885.

Si le nombre des maisons de construction est resté sensiblement le même dans ces dernières années, les types de machines augmentent au contraire, et il est à prévoir que ce mouvement se continuera dans l'avenir. A chaque nouvelle découverte de la Science, à chaque modification économique, les agriculteurs demandent des machines nouvelles, de telle sorte qu'à l'inverse de ce qui se passe pour les manufactures, le matériel agricole est appelé à devenir de plus en plus complexe.

En effet, pour une usine, pour une industrie quelconque, qui n'opère que sur des matières bien déterminées, les différents types de machines-outils qui effectuent le travail se sélectionnent peu à peu, et le matériel se simplifie car le travail est le même sur un point quelconque du pays; la mouture des grains ou le travail du fer, par exemple, sont des travaux identiques, qu'ils s'effectuent au midi ou au nord de la France.

En agriculture, au contraire, les conditions diverses de sol, de culture, de milieu économique, etc., font qu'un groupe de machines, en se perfectionnant, se divise en un nombre de types de plus en plus considérable. Il est donc impossible de répondre à une question qui est très fréquente : Quelle est la meilleure machine (charrue, semoir, batteuse, etc.)? On ne peut pas, et même on ne doit pas dire qu'il n'y a, dans tel groupe, que telle machine de bonne, car cette machine ne peut être recommandable que dans des conditions bien précises, bien déterminées, en dehors desquelles elle est médiocre ou même mauvaise. C'est précisément cette variation qui rend difficile l'étude d'un groupe de machines, car cette étude, pour être profitable, doit reposer sur des données scientifiques, appuyées d'expériences précises, et non pas sur une simple description, comme on le fait encore trop souvent.

Messieurs, la différence entre les machines agricoles et les machines industrielles s'accentue encore si on les examine au point de vue de la construction. La

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

machine industrielle devant travailler trois cents jours par an et dix heures par jour, doit être établie avec tous les soins possibles, afin d'empêcher son arrêt qui entraîne le chômage d'une partie de l'atelier, tandis que la machine agricole ne devant fonctionner qu'une fois, ou, au maximum, trois fois par hectare et par an, demande à être construite avec une autre méthode. Les moyens mis en œuvre seront, certes, les mêmes en principe général, mais différeront dans leurs applications. C'est l'ignorance de cette loi qui fait dire aux personnes sans jugement, que nos machines agricoles ne sont pas *mécaniques!*

Le cultivateur, avec son bon sens naturel, se trompe rarement, et c'est avec juste raison qu'il sourit avec indulgence et se détourne d'une machine établie d'une façon *trop mécanique*, et cherche, chez un constructeur plus *pratique* et plus intelligent, la machine dont il a besoin.

Les exemples, même très récents, ne manquent pas à l'appui de notre thèse pour démontrer que le matériel agricole est appelé à augmenter. Sans rappeler les causes du développement des moissonneuses, des faucheuses et des moissonneuses-lieuses, la culture de la vigne peut nous fournir, à ce sujet, un des plus beaux de ces exemples.

Dès la constatation du phylloxera, et après l'étude de l'insecte, les savants qui s'occupèrent de la question montrèrent l'utilité des insecticides, et les viticulteurs demandèrent aux mécaniciens des appareils et des machines pour traiter les vignes au sulfure de carbone; les *pals injecteurs* et les *charrues sulfureuses* furent inventés; la découverte du procédé de submersion amena un grand mouvement dans l'installation des *pompes à vapeur*. Peu après, le mildew fait son apparition; il est constaté que les sels de cuivre sont efficaces, surtout en traitements préventifs; pour enrayer le mal, la bouillie bordelaise et d'autres mélanges à base de sulfate de cuivre sont à peine imaginés, qu'immédiatement on fait appel au mécanicien pour qu'il établisse des *pulvérisateurs*. On demandait d'abord des pulvérisateurs à dos d'homme; aujourd'hui, il faut des machines à grand travail, mues par un animal, afin d'effectuer les traitements sur une grande surface par jour.

La reconstitution des vignobles par les cépages américains fait diminuer l'importance des charrues sulfureuses; mais par suite du puissant système radiculaire de ces vignes, il faut planter les boutures dans un sol profondément ameubli; il a fallu inventer des *charrues pour labours profonds*, mues par des *treuils* à manège ou à vapeur. On replante à grand écartement, ce qui nécessite des pulvérisateurs à grand travail. La reconstitution se fait en vignes françaises greffées sur cépages américains, ce qui conduit les constructeurs à établir des *machines à greffer*.

Ainsi reconstituée sur une racine américaine, la vigne française pousse très vigoureusement; les sarments encombrent le viticulteur, il ne peut arriver à s'en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

débarrasser, et demande des machines pour les broyer afin de pouvoir les incorporer au sol dans les différentes façons culturales. Nous verrons tout à l'heure qu'une de ces machines figurait au concours.

Les *houes*, les *scarificateurs* et les *charrues vigneronnes* se perfectionnent, deviennent plus puissantes pour cultiver le vignoble d'une façon plus intensive.

En même temps, la propriété viticole s'était reconstituée sur de plus larges bases, les petits propriétaires avaient disparu, ruinés par le phylloxera; seul, celui qui disposait de l'instruction nécessaire et des capitaux indispensables pouvait entreprendre de nouvelles plantations, et comme la vigne avait plus de vigueur, la récolte étant en proportion, il a fallu modifier les *pressoirs;* on cherche en ce moment à les construire pour un travail continu. Enfin, pendant ces dernières années de diminution de production du vin, le goût du public s'est modifié; il demande de préférence des vins blancs, surtout dans la crainte de la fraude des vins rouges; les mécaniciens sont donc obligés de chercher à établir des pressoirs capables de faire des vins blancs avec des raisins rouges (une de ces machines continues et à grand travail figurait au concours).

Toutes les modifications ou tous les perfectionnements apportés aux cultures entraînent ainsi un mouvement correspondant dans la mécanique agricole. La nouvelle législation oblige le fabricant de sucre à ne traiter que les betteraves riches, le botaniste en détermine de nouvelles variétés et le mécanicien est obligé de modifier les *arracheurs* de betteraves.

La culture de la *pomme de terre*, sous l'impulsion des beaux travaux de notre cher professeur, M. Aimé Girard, prend une extension telle, que l'agriculteur demande aujourd'hui des machines *à planter* et *à arracher* le tubercule.

On reconnaît aujourd'hui des mérites à l'ajonc, ce *sainfoin des terres pauvres*, que M. Lecouteux vient d'étudier récemment; nul doute, pour nous, que cela soit le commencement d'un mouvement en faveur du perfectionnement des *broyeurs d'ajonc*.

La généralisation de l'emploi des engrais chimiques (due surtout aux champs de démonstration et aux syndicats agricoles) justifie l'importance et les perfectionnements dont les *distributeurs d'engrais* sont actuellement l'objet.

Il y aurait encore beaucoup à dire, Messieurs, dans ces vues générales, sur les applications agricoles des moteurs à gaz et des machines électriques, qui semblent appelées à permettre l'utilisation de cette énorme quantité de travail mécanique que nos cours d'eau entraînent en pure perte à la mer, sans grand profit pour l'activité nationale.

L'ensemble exposé cette année au Palais de l'Industrie était très remarquable; il m'est impossible, à mon grand regret, de vous parler de toutes ces machines. Aussi je ne passerai en revue que les principales machines nouvelles en insistant surtout sur leur principe.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Bajac a adopté des *couronnes mobiles* à des *rouleaux quelconques* (fig. 1). Ces rouleaux agissent d'une façon analogue aux *land-presser* qui furent si employés en Angleterre au commencement du siècle, avant que les semoirs en lignes se soient répandus. Ces rouleaux sont destinés à favoriser la végétation des betteraves par places, sur les lignes, à l'écartement que l'on désire, afin de faciliter l'opération du démariage. Les couronnes mobiles sont formées de demi-anneaux en fonte A et B assemblés par des boulons *b* noyés dans leur épaisseur; il n'y a donc pas à percer la paroi du rouleau R et les couronnes se mettent à l'écartement *l* voulu. Dans le modèle exposé, les couronnes ont la section indiquée par la figure 1. Cette machine peut également servir pour rayonner un champ en vue de certaines plantations. Le rouleau est passé perpendiculairement

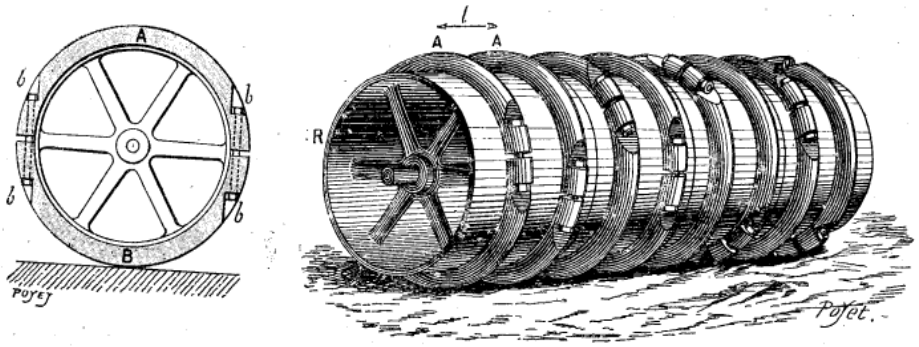


Fig. 1. — Rouleaux à couronnes mobiles.

aux lignes du semoir, ou obliquement par rapport à ces lignes lorsque l'écartement des betteraves doit être plus grand que l'écartement des couronnes sur le rouleau.

Si *l* est l'écartement des couronnes mobiles sur le rouleau, L l'écartement que l'on veut donner aux betteraves sur la ligne, α l'angle compris entre les lignes et le train du rouleau, on a $L = \frac{l}{\cos \alpha} = l. \sec \alpha$

Ainsi, sans modifier l'écartement *l* des couronnes, mais en changeant l'angle α, on règle l'écartement L des betteraves; au minimum $L = l$ pour $\alpha = 90°$.

Des *plantoirs à pommes de terre* sont exposés par M. Pilter (machine américaine d'Aspinwall), et par MM. Amiot et Bariat. La machine Aspinwall, portée par deux roues, pourvue d'une flèche et d'un siège comme les faucheuses, soutient en arrière une trémie pyramidale destinée à recevoir les tubercules; ces derniers sont pris par des griffes ou pinces à ressorts qui tournent dans un plan vertical, les élèvent de la trémie pour les déverser dans le fond du sillon qu'ouvre en avant un petit corps de buttoir; en arrière, des ailes de versoir sont chargées

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de refermer la raie. Les griffes, au nombre de huit, sont fixées à l'extrémité de bras.

Le plantoir à pommes de terre de MM. Amiot et Bariat est muni d'un avant-train à levier à gouvernail. Au-dessus de cet avant-train se trouve une bâche formant magasin aux tubercules ; de chaque côté, un élévateur à griffes extrait des tubercules et les déverse sur un plan incliné qui les conduit aux griffes analogues à celles de la machine précitée. Un corps de buttoir placé en avant ouvre la raie, que referment ensuite deux ailes de versoir.

Ces deux machines doivent évidemment d'autant mieux fonctionner qu'on opère sur des tubercules de dimensions uniformes, ce qu'il est facile d'obtenir

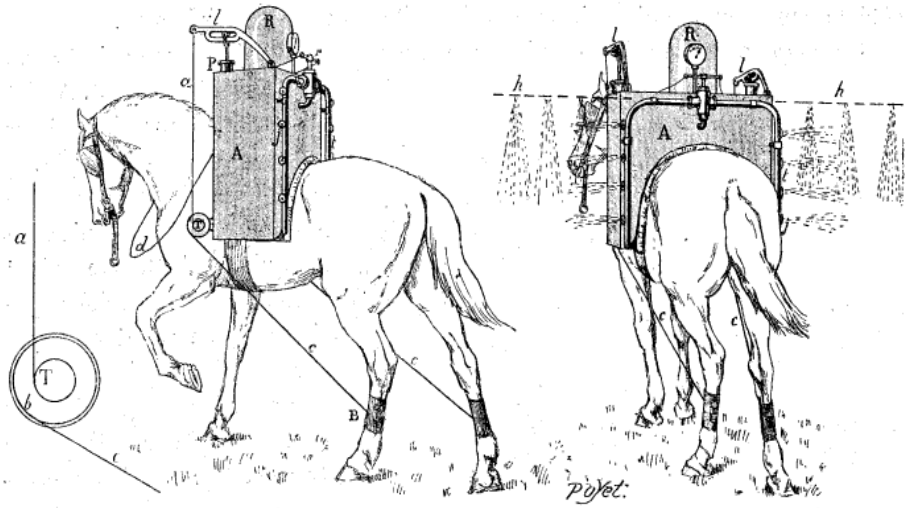


Fig. 2. — Pulvérisateur à bât.

avec des *trieurs spéciaux* qui sont depuis longtemps en usage en Allemagne.

M. Pilter présente le *pulvérisateur à bât* à grand travail de M. Chambard, que représente la figure 2. Dans cette curieuse machine, le mouvement des pompes est donné par le déplacement relatif du bipède postérieur et de l'épaule de l'animal. Sur un bât spécial est fixé un réservoir à liquide A, d'une contenance de 110 litres environ pourvu de chaque côté d'une pompe verticale P à liquide. Ces pompes, à simple effet, n'agissent sous l'action du moteur que de haut en bas, la course en sens inverse (aspiration) étant assurée par des ressorts. Chaque levier *l* des pompes est tiré par une corde *a* qui s'enroule sur un petit tambour T à axe horizontal placé en avant de l'appareil, au droit de l'omoplate de l'animal ; ce tambour est solidaire avec une poulie de plus grand diamètre, sur laquelle s'enroule une corde *c*, dont l'extrémité est reliée, par un crochet, à un anneau d'une basanne B dont on garnit chaque membre postérieur de l'animal. Dans la période

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du *lever*, la corde devient lâche, le ressort la rappelle sur la poulie et la tige du piston s'élève. Dans la période de l'*appui*, l'épaule s'éloigne du pied, la corde se raidit, fait tourner le tambour et le piston s'abaisse : c'est la période du travail.

Le liquide est refoulé dans un réservoir de compression R, et lorsque la pression, indiquée au manomètre, atteint 1 kilogramme à 1 kilogramme et demi, un robinet *r*, que le conducteur manœuvre par deux cordes *d*, envoie le liquide dans la tuyauterie *t*, qui peut être latérale pour le traitement des vignes hautes, ou horizontale *h*, et soutenue au-dessus de la machine pour le traitement des vignes basses. Une soupape de sûreté complète le mécanisme. L'*effort* à exercer sur la corde *c* est relativement faible ; enfin, nous avons pu constater au concours que la pulvérisation, avec de l'eau, se faisait à environ deux mètres de chaque côté du canal, avec la disposition pour le traitement des vignes hautes.

Un *coupe-collets* à sabot régulateur et un *arracheur mécanique de betteraves* sont exposés par MM. Amiot et Bariat. Dans l'arracheur mécanique, la racine *r* (fig. 3) est enlevée de terre par une fourche *f* qui est embrayée lorsqu'une betterave vient butter contre des griffes spéciales *g* ; en avant passe un coupe-collets à sabot *c*. D'autres arracheurs figuraient au concours (Bajac, Hermann Laas et C°). Plusieurs *arracheurs de pommes de terre*, basés sur le principe de l'ancienne maison Coleman, figuraient au concours (machines Powell frères et Whitaker ; Coleman (exposition Pilter) et Ransomes (exposition Mot et C^ie^). Le peigne rotatif à dents de bois de la machine Powell est remplacé par un panneau tendu d'un filet à larges mailles (Coleman), ou d'une grosse toile (Ransomes).

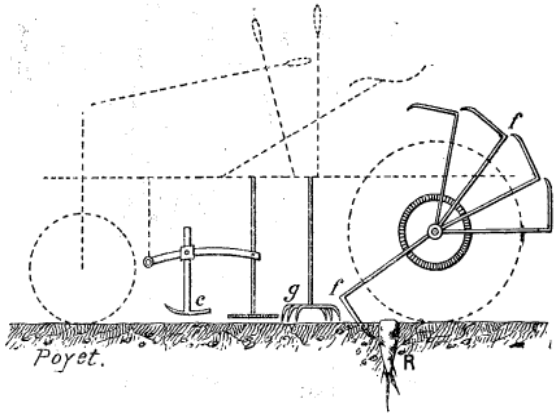


Fig. 3. — Arracheur mécanique de betteraves.

L'*arracheur de pommes de terre* de M. Bajac est basé sur le principe de l'ancien modèle de Speer que nous possédons dans notre collection d'étude de Grignon. La machine que représente la figure 4 se compose d'un soc fixe A, en arrière duquel est une grille en acier, affectant la forme d'un tronc de cône, comme dans les arracheurs ordinaires. La grille, divisée en trois parties B, C, D, est mobile dans le plan vertical ; chaque partie se soulève ou s'abaisse par l'action d'une came carrée *a* tournant autour d'un axe horizontal, les pointes de ces cames rentrant dans le fond de la raie ouverte par le soc.

La grille est donc animée d'une série de secousses, dans le plan vertical ; ces

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

chocs doivent détacher la terre des tubercules éviter le bourrage et ranger

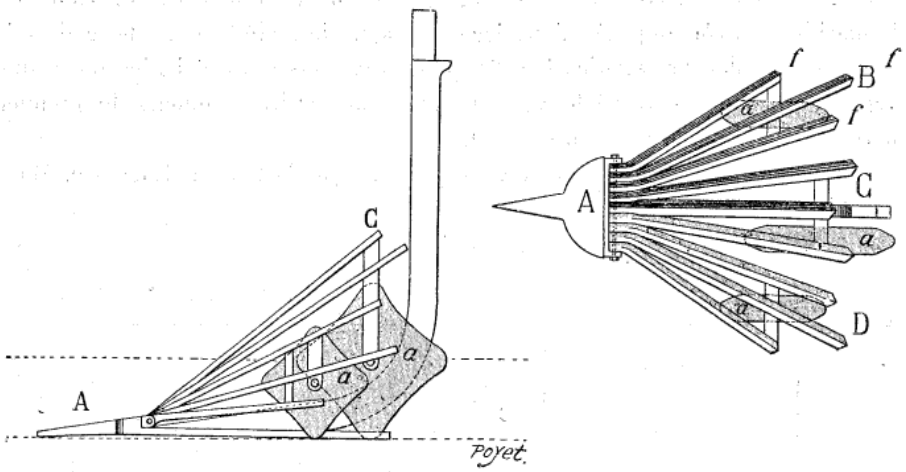


Fig. 4. — Arracheur de pommes de terre.

la récolte en deux bourrelets de chaque côté du rayage de la machine.

Le *broyeur de sarments*, exposé par la maison Albaret, se compose de trois paires de cylindres superposés (fig. 5).

La paire A, garnie de dents, sert à la préhension des sarments jetés dans une trémie *t*. La deuxième paire B, dont les cannelures sont dirigées suivant des cercles parallèles, sert à défibrer la tige; à cet effet, l'un des cylindres B, en outre de son mouvement de rotation autour de son axe, est animé d'un mouvement rectiligne alternatif commandé par bielle et manivelle *m*. Enfin, la dernière paire C, dont les cannelures sont dirigées suivant les génératrices, est chargée de compléter le broyage et de couper les sarments à la longueur voulue (qui est de $0^{m},60$ dans la machine exposée); un des cylindres porte une lame radiale K, comme dans les hache-paille du type dit canadien.

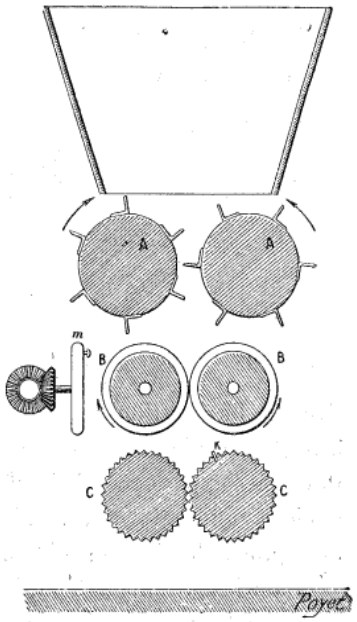


Fig. 5. — Broyeur de sarments.

Les machines à battre de MM. Merlin présentent des améliorations dans le dernier appareil de nettoyage (fig. 6). Le blé chassé par l'élévateur centrifuge A dans le conduit tangentiel B tombe sur les grilles G qui reçoivent l'action du second ventilateur V.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Au lieu d'adapter une grille à poussières sur le conduit B, les constructeurs ont raccordé ce conduit avec une cheminée C qui débouche à la partie supérieure de la machine, du côté opposé à l'ouvrier engréneur; le grain traverse les grilles G, se classe en deux catégories 1 et 2; quant aux poussières et balles ou grains vêtus, au lieu de tomber à terre, elles repassent sur les secoueurs du premier nettoyage par l'ouverture figurée en D.

Le *moulin agricole* « l'Albion » est présenté par la maison Harrisson Mac-

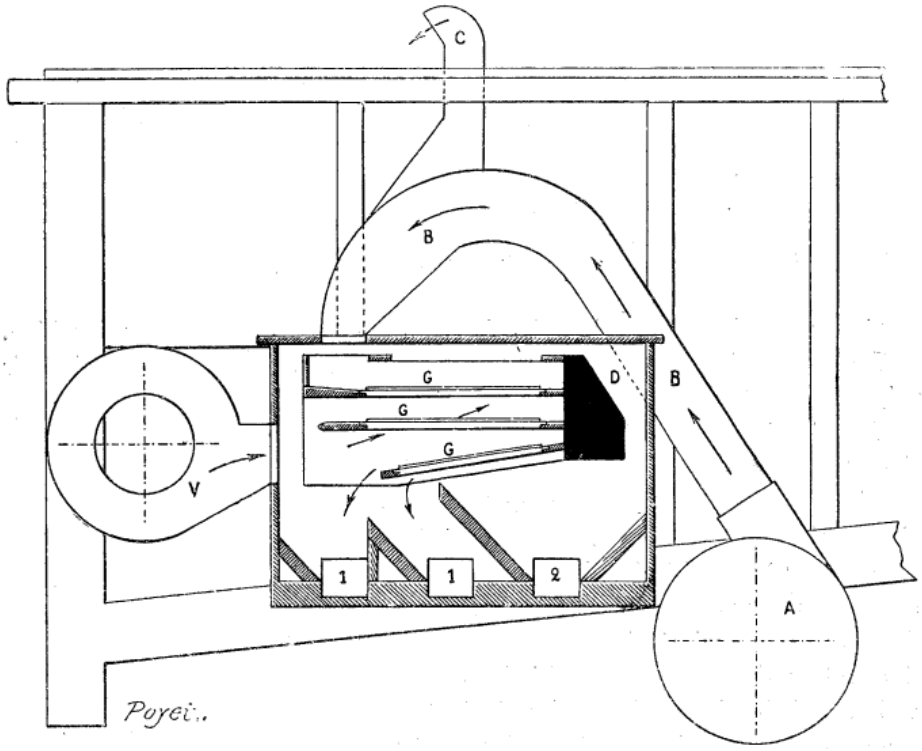


Fig. 6. — Machine à battre.

Grégor. La question des moulins agricoles est toujours à l'étude; la quantité de travail mécanique nécessaire pour transformer le grain en farine est énorme. Dans mes expériences de la station d'essais de machines, j'ai constaté, sur cinq modèles différents, qu'il fallait de 430,000 à 658,000 kilogrammètres par 100 kilogrammes de blé, pour obtenir de 11 à 56 p. 100 de farine.

Dans la machine Albion, la meule du concassage est très curieuse; elle porte des cannelures a sur chaque face f, f (fig. 7) et ces cannelures, à profil carré m, sont en zigzag, symétriques à un rayon, afin de pouvoir faire tourner la meule dans un sens ou dans l'autre, le travail même étant chargé d'aviver les angles α

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des parties travaillantes; en tournant suivant la flèche 1, l'angle β s'émousse, l'usure s'effectue suivant les lignes indiquées en pointillé, et avive l'angle α; à ce moment on change le mouvement de rotation et la meule agit suivant la flèche 2. Le même fait se passe pour la meule fixe.

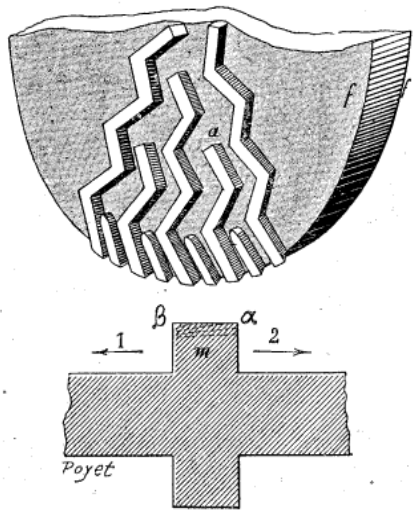


Fig. 7. — Meule du moulin « Albion ».

Un nouveau moulin *broyeur de pommes* est exposé par M. J. Ollagnier. Cette intéressante machine, que représente en coupe la fig. 8, permet, par un dispositif très ingénieux, de broyer parfaitement les pommes sans craindre des détériorations qui peuvent résulter de la présence d'une pierre parmi les pommes, pierre qui peut même atteindre la grosseur d'un fruit. Les organes de broyage sont constitués par des palettes *a* entraînées par le cylindre *b*; sous l'action de galets *c* commandés par un excentrique intérieur *d* (excentrique en cœur) monté sur un axe fou, les palettes *a* se déplacent et tournent excentriquement par rapport au cylindre *b* en engendrant des volumes variables qui vont en diminuant d'un côté (travail du broyage des pommes) et en augmentant de l'autre (prise des pommes (dans la trémie).

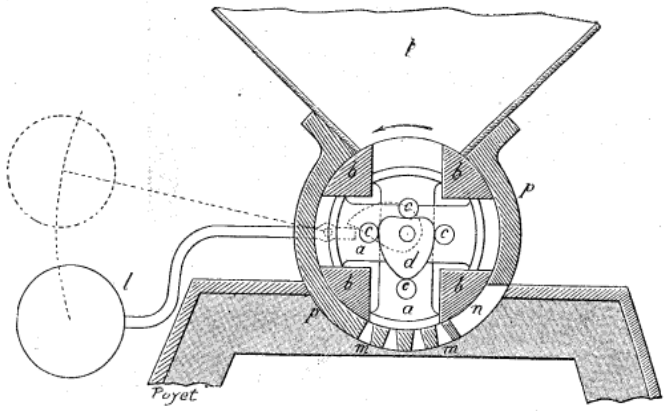


Fig. 8. — Broyeur de pommes de terre.

Les pommes jetées dans la trémie *t*, prises par le cylindre qui tourne dans le sens indiqué par la flèche, sont broyées contre la paroi fixe *p* et sortent en *m* au travers d'une grille. S'il se trouve une pierre, le déplacement relatif d'une des palettes *a*, par rapport au cylindre, ne peut avoir lieu, la matière n'étant pas compressible, la palette exerce une pression sur l'excentrique *d* dont l'axe, par une came, placée à l'extérieur du bâti, soulève le levier *l* à contre-poids, et l'ensemble (palettes et cylindre) tourne avec le même mouvement jusqu'à ce que la pierre se présente en face d'une ouver-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ture *n* par laquelle elle s'échappe. Après un tour, la came extérieure est arrêtée à nouveau par le levier et le jeu des palettes recommence. Enfin, si la pierre ne peut se loger dans les vides de palettes, elle arrête le mouvement du cylindre, et le volant, qui est à friction, tourne fou sur son axe. L'ensemble repose sur un bâti en fonte fixé sur des pieds de bois. Avec deux hommes, on peut broyer huit hectolitres de pommes à l'heure.

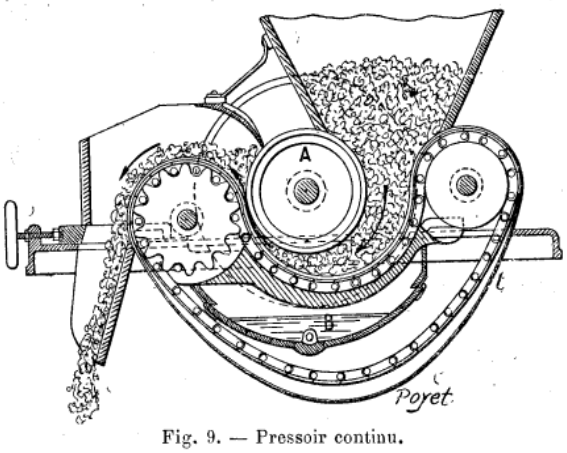


Fig. 9. — Pressoir continu.

Un *pressoir continu* est exposé par M. M. Simon et ses fils. Dans cette machine (fig. 9) le marc, jeté dans une trémie, est entraîné par une toile sans fin *t* qui le

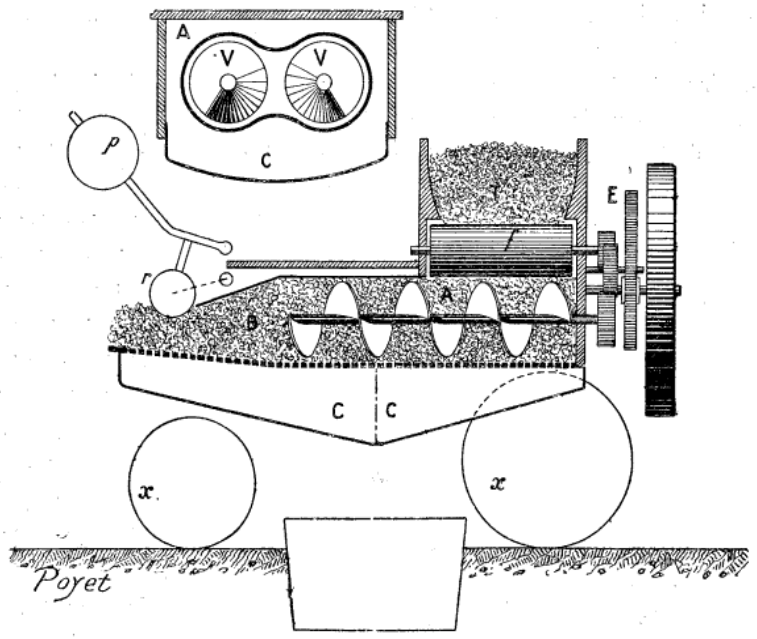


Fig. 10. — Pressoir continu à grand travail.

fait passer sous un rouleau compresseur A garni de joues filtrantes; au fur et à mesure de l'avancement du marc, la toile sans fin se rapproche de plus en plus du rouleau en effectuant une compression progressive. Le jus qui s'échappe par

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les joues filtrantes se rend dans une goulotte B. La machine commandée par courroie est à travail continu. Deux hommes peuvent, dit-on, presser de 200 à 250 kilogrammes de marc à l'heure, donnant 150 à 200 kilogrammes de liquide; actionnée par deux chevaux-vapeur, la machine peut travailler 1 000 à 1 200 kilogrammes de marc à l'heure et fournir de 650 à 850 kilogrammes de liquide.

Un *pressoir continu à grand travail* est exposé par M. Debonno; cette intéressante machine, construite en Algérie par MM. Montfort et Pit, se compose d'une trémie T (fig. 10) dans laquelle on jette le raisin qui passe entre deux cylindres de fouloirs *f* et tombe dans une conche A, en tôle perforée à l'intérieur de laquelle tournent deux vis d'Archimède V à axe horizontal; ces vis sont chargées d'entraîner le raisin et de le pousser vers l'orifice de sortie. A l'extrémité B la section de la conche est diminuée et réglée par un rouleau *r* sur lequel agit un contrepoids P. Comme dans les presses à fourrage à marche continue (genre Dédérick, Whitman, etc.) c'est la *résistance à l'écoulement* du marc dans la conche qui détermine la compression. Le jus s'échappe par les perforations de la paroi et est recueilli dans une goulotte inférieure C; un volant-poulie transmet, par engrenage E, le mouvement aux différentes pièces de la machine; cette dernière est montée en locomobile sur les roues *x*.

La goulotte peut être divisée en deux parties afin de recueillir des jus provenant des pressions d'énergie différente. Avec des raisins rouges, les premiers jus donnent des vins blancs, les seconds des vins rosés; enfin, en faisant fermenter le marc on obtient des vins rouges très fortement chargés de matières colorantes; ils sont capables de colorer 17 fois leur volume.

Chez M. Debonno, pour faire 1 000 hectolitres de vin par jour il fallait un grand nombre de fouloirs et une quarantaine d'ouvriers; ce personnel et ce matériel a été remplacé par la machine précitée qui, actionnée par un moteur de 4 chevaux-vapeur et desservie par 6 hommes, peut presser en 12 heures de 800 à 1 000 quintaux de raisins frais, donnant un millier d'hectolitres de vin.

MÉTALLURGIE

Application du pyromètre Le Chatelier aux hauts fourneaux, par M. C. Lowthian Bell (1).

Le principe du pyromètre Le Chatelier, dont on se sert depuis quelque temps à Clarence, repose sur la propriété que possède un couple thermo-électrique de développer un courant proportionnel à la température à laquelle il est soumis.

(1) Communication faite le 14 novembre 1892, à la Société des ingénieurs du Cleveland.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'appareil se compose d'un couple, d'un galvanomètre et d'une échelle graduée.

Le couple est formé de deux fils métalliques, dont l'un est en platine pur, et le second en platine allié à 10 p. 100 de rhodium.

Ces fils sont tordus ou soudés ensemble, à l'une de leurs extrémités. A Clarence, ils sont tordus ensemble sur une longueur de 6 à 7 millimètres. Les fils réunis sont logés à l'extrémité d'un tube en porcelaine, où ils sont maintenus par des pièces en terre réfractaire, et les vides sont garnis d'amiante.

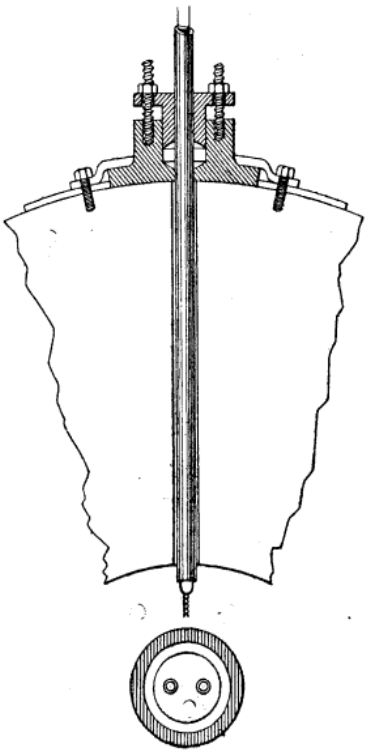


Fig. 1. — Disposition du pyromètre.

La manière dont l'appareil est introduit et fixé dans le fourneau, mérite une grande attention pour éviter toute déconvenue; voici comment on a opéré (fig. 1).

Pour éviter toute fuite d'air par l'ouverture faite dans la brique à l'endroit où passe le tube de porcelaine qui doit pénétrer dans le courant d'air chaud, on a percé un trou de 12 centimètres dans la tôle du tuyau d'arrivée de l'air au fourneau, par lequel on a pratiqué une ouverture à travers les briques du fourneau; une plaque percée au centre y a été introduite et cimentée avec de la terre réfractaire; une autre plaque de fer, reliée à la première par des boulons, forme comme un presse-étoupe, et la garniture est faite d'amiante, de sorte que le joint, ainsi formé, maintient solidement le tube de porcelaine qui le traverse et empêche toute fuite.

Les couples ont été placés dans l'arrivée de la conduite d'air aux fourneaux, pendant la grève de Durham. Le premier qui vint à manquer fut celui du fourneau n° 9, qui était resté en place soixante-cinq jours. D'ailleurs, depuis la fin de juin jusqu'au 15 octobre, on a perdu huit couples sur les douze qui avaient été introduits, sans parler d'un couple qui eut son tube brisé le septième jour. Mais un tube brisé ne peut interrompre les observations, parce que le tube de porcelaine peut être facilement remplacé en quelques minutes.

Un petit câble conducteur, contenant deux fils de cuivre, relie l'extrémité des fils du tube de porcelaine au bureau, ou à toute autre pièce où se font les observations du galvanomètre. C'est ainsi que MM. Reid, Nichol et C^ie^, de Newcastle, ont procédé à Clarence et ils ont été très satisfaits de cette disposition.

Il faut maintenant mesurer, au moyen du galvanomètre, le courant développé

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qui est très faible, et qui exige pour cela un instrument très délicat. Celui dont on s'est servi est le galvanomètre à miroir de MM. Deprez et d'Arsonval.

Ce galvanomètre se compose d'un aimant en fer à cheval fixé verticalement. Entre ses pôles est suspendu un cadre rectangulaire, autour duquel s'enroule un fil très fin ; au centre, pour rendre l'instrument plus sensible, est fixé un petit cylindre en fer doux. Le cadre est suspendu à sa partie supérieure par un fil de maillechort fixé à une vis de réglage, de manière à permettre de le faire osciller exactement autour du cylindre de fer doux. Il faut avoir grand soin de toutes les parties de l'appareil, et faire en sorte que le cadre oscille librement. Au bas du cadre est un autre fil de maillechort pour le maintenir dans sa position ; ces deux fils permettent à l'électricité de passer dans la bobine formée autour du cadre. Un petit miroir est fixé sur le fil supérieur, de sorte que, lorsqu'un courant passe dans la bobine, le miroir est dévié de sa position.

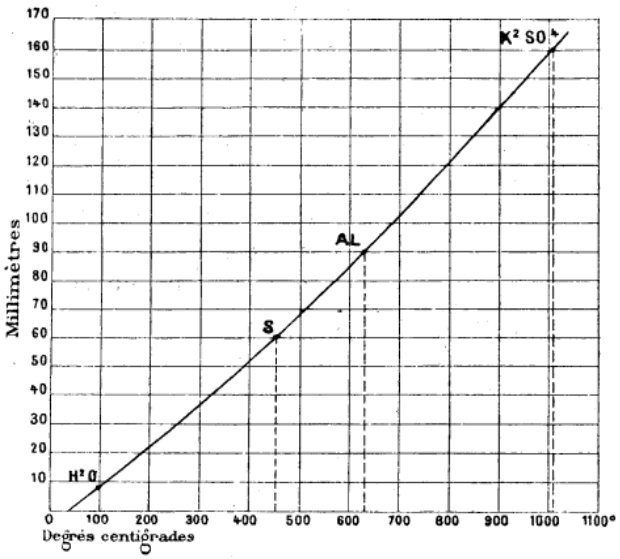


Fig. 2. — Échelle des températures.

L'échelle graduée est formée d'une règle transparente divisée en millimètres; elle est supportée par une petite colonne au-dessus de laquelle se trouve une ouverture carrée; au centre est un fil vertical. Derrière se trouve un miroir porté sur pivot et pouvant diriger un rayon de lumière, provenant d'une lampe, qui passe par l'ouverture et réfléchit sur le petit miroir du galvanomètre l'ombre du fil projeté sur la règle.

Le galvanomètre est étalonné en plaçant le couple successivement dans l'eau bouillante, dans le soufre en ébullition, dans l'aluminium fondu, et dans le sulfate de potasse fondu. Pour obtenir les deux derniers points du repère, on s'est servi à Clarence d'un creuset, dont la disposition a été indiquée par le professeur Roberts Austen.

Un tube traverse le couvercle et pénètre dans le creuset; on chauffe celui-ci, puis le métal ou le sel à fondre y est introduit; le couple est placé au fond du creuset, et un aide observe le commencement de la fusion, pendant qu'un autre observe le déplacement de l'ombre du fil sur l'échelle. On a alors les indications

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

données par le galvanomètre pour quatre températures connues : 100°, 449°, 625° et 1 015° C.; avec ces données, il est facile de tracer le diagramme des températures, pour le galvanomètre, dont on a fait usage à Clarence (fig. 2). Afin de simplifier le travail de l'observateur, on a construit, d'après cette courbe, un tableau indiquant les températures correspondant à chaque millimètre de l'échelle. On pourrait même étalonner le galvanomètre jusqu'au point de fusion du platine, c'est-à-dire 1 775°, mais il est douteux que cette température soit de quelque utilité à Clarence.

Quant aux erreurs du pyromètre, la seule qui mérite attention a trait à la variation de résistance des fils du galvanomètre et des conducteurs; car ces fils subissent l'influence des variations de la température extérieure. Mais il est démontré que ces erreurs sont très faibles et que l'on peut les considérer comme négligeables. Un galvanomètre gradué par M. Le Chatelier a donné une résistance de 208 ohms. La résistance spécifique du fil de cuivre de la bobine par degré centigrade était de 0,388 p. 100. Soit R_1 la résistance à 15° C. et R_2 la résistance à 16°, on a

$$R_1 = 208\,(1 + 0{,}00388 \times 15) = 220{,}10$$
$$R_2 = 208\,(1 + 0{,}00388 \times 16) = 229{,}90$$
$$R_2 - R_1 = 0{,}80$$

par suite $\frac{R_2 - R_1}{R_1} = 0{,}36$ pour 100.

Ainsi, la température trouvée un jour étant, par exemple, de 833° C., dans l'endroit où est placé le galvanomètre, la température ambiante étant de 15°, la même température, trouvée le lendemain, la température ambiante étant de 16°, sera réellement de 836°; pour obtenir la température exacte, il faudrait donc tenir compte de la température exacte du lieu dans lequel le galvanomètre est placé, et de celle des ateliers que traversent les conducteurs, ainsi que de la résistance du galvanomètre et de celle de la ligne. Mais, à la température de l'eau bouillante, on n'a trouvé aucune différence sensible, soit que le courant traversât seulement quelques mètres de conducteur, soit qu'il parcourût la plus grande longueur des conducteurs qui était d'environ 180 mètres. Ainsi dans aucun cas l'erreur ne dépasse 1/2 p. 100, par suite les corrections susdites n'offrent aucun intérêt.

Pour montrer le côté pratique de la question, M. C. Lowthian Bell fit voir, au moyen de diagrammes, les variations de température de l'air soufflé et des gaz à leur sortie, au même moment. Dans un premier diagramme (fig. 3), la ligne ponctuée donne la température de l'air à son entrée dans le fourneau n° 3 à Clarence; les observations ont été faites de quart d'heure en quart d'heure, de 9 h. 30 du matin à 5 heures du soir, le 15 août 1892. Ce fourneau reçoit l'air chaud d'une conduite commune communiquant avec 16 appareils Cowper de $6^m,50$ de diamètre et de 18 mètres de haut, qui alimentent ses fourneaux de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

24 mètres et dont les diamètres varient de 5 mètres à 7m,50; 4 appareils se trouvent derrière chaque couple de fourneau.

La seconde ligne en trait plein représente la température des gaz à la partie

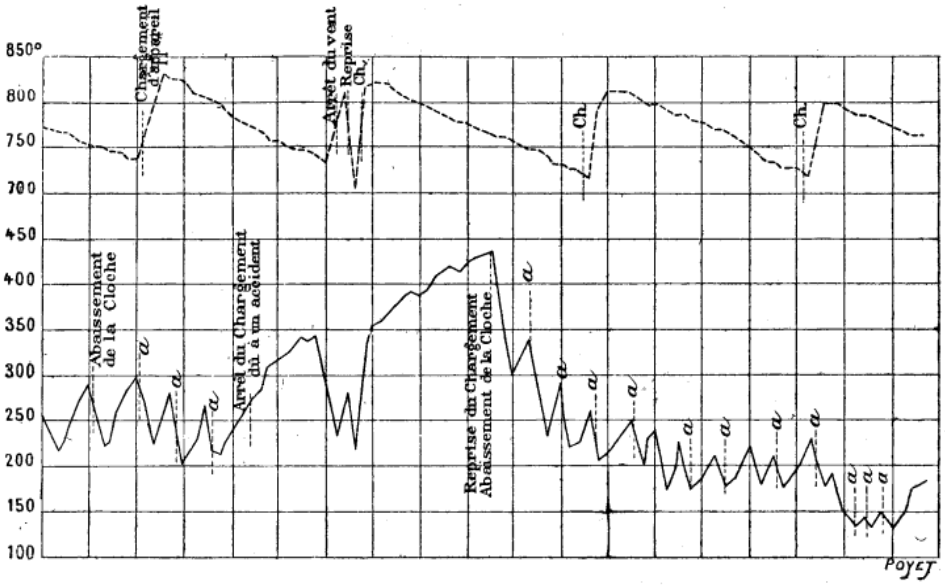


Fig. 3. — Diagramme des températures de l'air à l'entrée, et des gaz à la sortie du haut fourneau n° 3.

inférieure de la prise. Pendant la semaine où le pyromètre est resté en cet endroit, la plus haute température a été relevée à 10 heures, le mardi 15 août, alors que le fourneau était bas, c'est-à-dire à 510°, et la plus basse température a été de 160°, le 15 août à midi, et le 17 août à 11 heures du matin et à midi. Aucune observation n'a été faite la nuit. Ce diagramme n'avait d'autre objet que de faire connaître la marche du fourneau à un moment où l'on ne se doutait pas que des observations pussent avoir lieu.

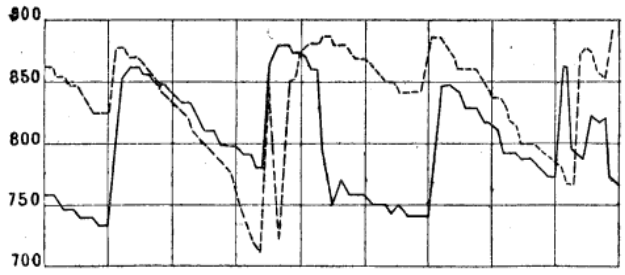


Fig. 4. — Diagramme des températures d'air et de gaz (fourneaux nos 9 et 10).

Il est regrettable que l'on n'ait pu faire d'analyses pendant l'observation de ces températures; le fourneau a fait, pendant cette semaine, 468 tonnes de fonte, dont 319 pour fonderie et 149 pour forge, avec une consommation de 1100 kilos de coke par tonne.

Un autre diagramme (fig. 4) indique la température de l'air entrant dans les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fourneaux 9 et 10, prise toutes les cinq minutes de 9 h. 50 du matin à 5 heures du soir, le 18 août. Ces fourneaux prennent l'air d'une conduite qui communique avec 5 appareils de 6m,50 de diamètre sur 18 mètres de haut. La température moyenne à la valve des fourneaux était de 270°, 54 minutes après le chargement, et la température moyenne au sommet de la prise de gaz au n° 9 était de 320° et de 271° au n° 10.

L'analyse moyenne des gaz aux appareils était en volume et pour cent parties :

	A l'entrée.	A la sortie.
Acide carbonique	11,18	17,07
Oxyde de carbone	28,21	»
Oxygène	»	7,01
Hydrogène	1,58	»
Azote	59,03	75,92

La pression de l'air était de 3kil,5 par centimètre carré à la machine, et la température du fourneau n° 9 était de 770°; celle du fourneau n° 10 était de 833°.

La production de la semaine pour ces fourneaux a été de :

	N° 9.	N° 10.
Fonte fabriquée	512 tonnes.	520 tonnes.
Coke employé par tonne	1 050 kilogr.	1 040 kilogr.
Minerai	2 360 —	2 330 —
Castine	600 —	590 —
Rendement	2 200 —	2 230 —

Un dernier diagramme (fig. 5) donne les températures du fourneau n° 12, pour lequel fonctionnaient deux appareils à air chaud sans communication avec la conduite principale. Les températures ont été prises de cinq en cinq minutes de 9 h. 15 du matin à 5 heures du soir, pour l'air ainsi que pour les gaz à la sortie.

Malheureusement ce jour-là, par suite de la rupture d'une conduite d'eau, le chargement fut arrêté de 11 heures à 1 heure. Pendant la semaine le fourneau produisit 605 tonnes de fonte, sur lesquelles 350 étaient du n° 3 et le reste du n° 4 de fonderie et de forge, en employant 1 050 kilos de coke par tonne. L'analyse des gaz dégagés pendant ce temps a donné :

	Volume.	Poids.
Acide carbonique	10,48	15,70
Oxyde de carbone	29,18	27,83
Hydrogène	1,22	0.08
Azote	59,12	56,38
	100,00	99,99

A la suite de la communication qui précède, plusieurs questions furent faites à M. C. Lowthian Bell sur l'usage du pyromètre Le Châtelier.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. J.-E. Stead fit, à cette occasion, l'énumération des divers appareils qui ont été essayés dans le district, pour mesurer la température des gaz.

Il existe d'abord l'ancien procédé de la tige de zinc, qui indique seulement, par la fusion du métal, si la température est plus ou moins élevée que le point de fusion.

Il y a ensuite le vieux pyromètre basé sur la différence des dilatations du fe et de l'argile ; les indications sont données par une aiguille qui se meut sur un cadran.

Le pyromètre d'Hobson ne peut servir qu'à prendre les températures des gaz ou de l'air sous pression, Il est construit de telle sorte que le gaz chaud se trouve mélangé en proportion déterminée avec de l'air froid. Un thermomètre à mercure permet alors de prendre la température du mélange, et un simple calcul de proportion permet d'en déduire celle du gaz.

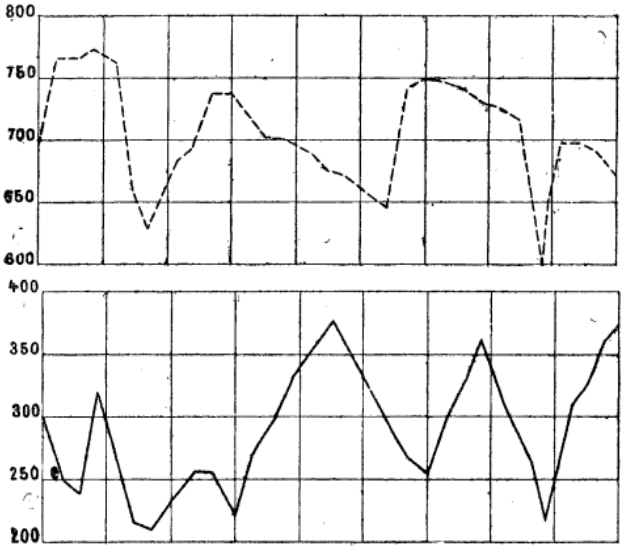


Fig. 5. — Diagramme des températures d'air et de gaz (fourneau n° 12).

De tels instruments ne sont réellement utiles que si la graduation est faite par comparaison avec un autre instrument donnant des indications exactes ; de plus, après un certain usage, ils peuvent donner des indications erronées. Le pyromètre de Siemens à boule de cuivre est considéré jusqu'à présent comme le plus précis, mais ce n'est que récemment qu'une graduation exacte lui fut donnée. Pour certaines opérations, l'ancienne graduation est même encore en usage et la différence entre celle-ci et la nouvelle est considérable, l'ancienne graduation donnant des nombres beaucoup trop élevés.

Cet appareil a été comparé récemment par M. Williamson avec le pyromètre électrique et l'essai a indiqué une différence de 22° C. ; de plus, les variations constatées dans les deux échelles sont assez considérables. Il résulterait, au contraire, des essais de M. C. Lowthian Bell, que les écarts entre les températures données par ces deux instruments ne méritent pas d'être mentionnés, tant ils sont peu importants.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

D'autre part, le pyromètre de Siemens exige cinq minutes pour prendre une température, tandis que le pyromètre Le Châtelier la donne immédiatement.

Il a existé à Clarence, il y a vingt-cinq ans, un pyromètre électrique ; il était fait d'une bobine de fils de platine dont la résistance était en relation avec la température, mais non proportionnelle à cette température. Un galvanomètre indiquait la variation du courant ; il fallait ensuite un long calcul pour en déduire la température, aussi M. Thompson avait-il jugé que pratiquement cet appareil ne pouvait être pratiquement utilisé.

Il y a eu aussi à Clarence un pyromètre basé sur la dilatation de l'eau, mais il n'a jamais bien fonctionné ; enfin, quoi qu'on en ait dit, il n'a jamais existé dans le district de pyromètre électrique à indications basées sur la décomposition de l'eau.

La formule donnée plus haut par M. C. Lowthian Bell exige que l'on connaisse la résistance exacte des conducteurs et du galvanomètre ; ces renseignements peuvent être donnés par le constructeur, de telle sorte qu'il est facile, au moyen d'un calcul ne dépassant pas les connaissances d'un contremaître, de déduire de la formule la température donnée par l'instrument.

A Clarence, les conducteurs sont faits en bronze phosphoreux du n° 14, B. W. G.

Le pyromètre Le Châtelier a le grand avantage de permettre de surveiller la marche du haut fourneau ; en indiquant la température il donne les intervalles exacts des chargements, et ces renseignements sont très utiles pour l'ingénieur, car ils lui font connaître les meilleures conditions de marche du fourneau.

La surveillance serait parfaite, principalement la nuit, si l'appareil possédait un enregistreur automatique, mais il n'en existe pas à Clarence et M. C. Lowthian Bell n'en connaît pas. C'est l'opérateur qui fait lui-même l'enregistrement ; il a près de lui un commutateur ordinaire à chevilles au moyen duquel il met en communication successivement chaque haut fourneau avec le galvanomètre et la température peut toujours être prise immédiatement.

Il y a, paraît-il, à Dowlais, un enregistreur automatique, mais cet appareil n'est qu'à l'état d'essai ; M. Roberts Austen a eu l'idée d'enregistrer photographiquement les variations de l'aiguille du galvanomètre sur un papier sensible, et il cherche une disposition pratique pour ce mode d'enregistrement. Il serait alors probablement nécessaire qu'il y eût un appareil enregistreur par fourneau ; dans ce cas, la dépense serait assez élevée, car chaque galvanomètre avec son cadran gradué coûte environ 200 francs, et les fils de platine 28 francs le mètre ; de plus, il y a 28 appareils Cowper à Clarence. Néanmoins, la dépense serait largement compensée par l'avantage que l'on retirerait de ces appareils en évitant les accidents et en réglant la marche des hauts fourneaux, de manière à obtenir le meilleur rendement.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

NOTICES INDUSTRIELLES

EXTRAITES DES PUBLICATIONS FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES.

Exposition universelle de Lyon en 1894. — Une Exposition universelle sera ouverte à Lyon, le 26 avril 1894, et close le 1er novembre suivant.

L'Exposition recevra les œuvres d'art, les produits de l'industrie et de l'agriculture de la France, de ses colonies et des pays de protectorat.

Elle sera également ouverte aux mêmes œuvres et produits provenant des nations étrangères. Ces derniers produits constitueront une Section spéciale, dite Section étrangère.

Elle sera, en outre, internationale au point de vue de la soierie, de l'électricité et de l'hygiène.

Aucun produit ne sera plus admis après le 1er avril 1894 dans les enceintes de l'Exposition, ni aucune demande d'admission accueillie après le 31 octobre 1893.

L'étendue des espaces couverts étant limitée par le cahier des charges, les demandes qui se produiraient tardivement courraient le risque soit d'être soumises à des réductions sur l'espace demandé, soit d'être repoussées dans des annexes dont la construction et l'aménagement seraient naturellement moins avantageux, soit même d'être repoussés complètement.

L'Exposition sera établie et installée sur les terrains appartenant à la Ville, au Parc de la Tête-d'Or.

Il sera institué une Commission supérieure consultative et de patronage, composée de membres représentant l'État, le Département, la Chambre de commerce, la Ville de Lyon. Cette Commission dénommée *Commission supérieure de l'Exposition de* 1894 sera nommée par l'Administration municipale. Elle sera consultée sur toutes les questions intéressant la conduite et l'organisation de l'Exposition.

La Commission supérieure est convoquée et présidée par le Maire de Lyon, qui règle son ordre du jour.

La direction générale de l'Exposition sera exercée par le Concessionnaire entrepreneur, M. Claret, qui s'adjoindra :

Un Commissaire général, un Secrétaire général et le personnel nécessaire pour l'organisation et l'administration de l'Exposition.

La surveillance générale de l'Exposition appartiendra à la Ville de Lyon; le contrôle des travaux et de l'organisation générale sera placé sous la direction d'un délégué municipal.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans chaque section consacrée aux exposants d'une même nation, les objets exposés seront répartis entre les dix groupes suivants :

1er *Groupe :* Œuvres d'art (classes 1 à 5).
2e — Économie sociale (classe 6).
3e — Arts militaires, marine, colonies et pays de protectorat (classe 7).
4e — Éducation et enseignement. — Matériel et procédés des arts libéraux (classes 8 à 14).
5e — Tissus, vêtement et accessoires (classes 15 à 21).
6e — Mobilier et accessoires (classes 20 à 32).
7e — Produits bruts et ouvrés des Industries extractives (classes 31 à 33).
8e — Outillage et procédés des industries mécaniques. — Électricité (classes 34 à 45).
9e — Produits alimentaires (classes 46 à 49).
10e — Agriculture (classes 50 à 54).

Chacun de ces groupes est divisé en classes suivant le système de la classification générale annexée au présent règlement.

L'Exposition sera constituée en entrepôt réel; en conséquence les produits exposés seront affranchis des droits et des visites de l'octroi, ainsi que de la douane française.

SÉANCES DU CONSEIL D'ADMINISTRATION

PROCÈS-VERBAUX

Séance du 28 juillet 1893.

Présidence de *M. Tisserand*, Président.

La *Société Néerlandaise pour le progrès de l'industrie* envoie au Président de la Société le diplôme de membre honoraire.

Le *Président* de la *Société technique de Copenhague* propose l'échange de ses publications contre le *Bulletin* de la Société. (*Bulletin.*)

M. le Directeur de l'*Ingénieur civil* propose l'échange de son journal bi-mensuel contre le *Bulletin* de la Société. (*Bulletin.*)

M. Ed. Duval, rue du Moutier, 20, à Suresnes (Seine). — Moteur rotatif hydraulique fonctionnant avec les eaux des villes. (Arts mécaniques.)

M. Edouard Charton, ouvrier mécanicien, rue de la Gaîté, 31. — Système de robinet. (Arts mécaniques.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Bazergue, rue Sainte-Catherine, 171, à Bordeaux. — Reconstruction d'un atelier. (Arts mécaniques.)

M. Morgan, rue des Cévennes, 45, Paris-Grenelle. — Machine véloce-parc à huit places. (Arts mécaniques.)

M. Cordari, boulevard Saint-Marcel, 34. — Nouvelle force motrice. (Arts mécaniques.)

M. Lachaud, rue Véron, 26. — Locomotive automotrice. (Arts mécaniques.)

M. Eugène Heu, rue du Pont-Louis-Philippe, 21. — Système de vélocipède. (Arts mécaniques.)

M. de Montais, à Beauvoir près Cloyes (Eure-et-Loir). — Chaudière à vapeur chauffée par des becs à pétrole. (Arts mécaniques.)

M. Constantin, villa Dupuy à Mont-de-Marsan. — Machine motrice à basse température. (Arts mécaniques.)

M. Marquet, rue Grégoire-de-Tours, 12. — Système de changement de marche applicable aux machines à vapeur. (Arts mécaniques.)

M. Berthier, rue du Plat, 16, à Lyon. — 1° Nouveau moteur au gaz à l'eau; 2° Locomotive à gaz; 3° Photosculpture. (Arts mécaniques et Beaux-Arts.)

La *Chambre syndicale des fabricants de porcelaine du Limousin* envoie les vœux formés par la Chambre de Limoges, tendant à voir la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale patronner une étude sur les actions que l'oxyde de carbone, l'acide sulfureux et les gaz issus des houilles pyriteuses exercent sur les matériaux qui constituent la porcelaine et sur les couleurs employées aux températures des fours. (Arts chimiques.)

La *Société industrielle de Mulhouse* envoie le programme du prix qu'elle propose pour 1894. (*Bulletin.*)

L'*Association des industriels de France contre les accidents du travail* adresse le programme du concours qu'elle ouvre pour la création d'un bon type de *masque respirateur contre les poussières*. Les concurrents devront adresser, en double exemplaire, au Président de l'Association, rue de Lutèce, 3, Paris, le type de masque respirateur qu'ils auront créé. Cet envoi devra être fait avant le 30 novembre 1893.

L'Association décernera un prix de 600 francs au candidat classé au premier rang ou divisera cette somme suivant le mérite des appareils présentés. (*Bulletin.*)

Les ouvrages suivants sont signalés dans la correspondance imprimée :

Ouvrages offerts a la Société, par *M. le Ministre de l'Instruction publique. — Histoire des sciences. — La Chimie au moyen âge*, par *M. Berthelot*, secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences, 3 vol. in-4°.

Par *M. le Ministre des Travaux publics. — Ports maritimes de la France*, tome VIII (2e partie). — Algérie, d'Alger à la Calle, 1 vol. in-8°.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Annali di Statistica. — Province de Milan, par le *Dr Léopold Sabattini.*

Seventhsannual Report of the Commissioner of labor, 1891. — Washington.

Smithsonian meteorological tables. — Washington.

Exposition universelle d'Anvers, 1894. — Programme général.

Société industrielle de Mulhouse. — Programme des prix à décerner en 1894.

Annuaire général de la photographie.

Annuaire des mines, de la métallurgie, de la construction mécanique et de l'électricité, par *M. Jules Gougé.*

Traité de la teinture et de l'impression des matières colorantes artificielles. — 3e partie. — Noir d'aniline, indigo. — Divers, par *M. Joseph Depierre.* Baudry, éditeur.

Du rôle et de l'efficacité des enveloppes de vapeur dans les machines Compound, par *M. A. Witz*, professeur à la Faculté libre des sciences de Lille.

Considérations sur le régulateur de Watt. — Régulateur à double action centrifuge et tangentielle et à stabilité variable. — Obturateur à mouvement louvoyant, par *M. J. Raffard.*

Collection Léauté. — Examen sommaire des boissons falsifiées, par *Alex. Hebert*, 1 vol. — *Fabrication du vernis*, par *Laurent Naudin*, 1 vol., offerts par MM. Gauthier-Villars et fils, éditeurs.

Dosage du sucre dans la betterave, par *M. H. Pellet.*

L'Exposition de 1900 *dans Paris sur les bords de la Seine*, par *Léon de Thorel*, architecte.

Appareils et machines à teindre. La source de documents, par *M. Jules Garçon.*

Les Moteurs à gaz et à pétrole en 1892, par *M. G. Richard*, ingénieur civil des mines, membre du Conseil de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale.

Nomination de membres du conseil. — *M. le Président* ouvre le scrutin pour la nomination de deux membres du Conseil.

M. Flamant, inspecteur général des ponts et chaussées, pour le Comité des Arts mécaniques et *M. Violle*, professeur au Conservatoire des Arts et métiers, pour le Comité des Arts économiques, ayant obtenu l'unanimité des suffrages, sont nommés membres du Conseil.

Rapports des comités. — *Matières textiles.* — *M. Imbs* fait, au nom du Comité des Arts mécaniques, un rapport sur le mémoire de *M. T. Schlœsing* fils sur les propriétés hygroscopiques des matières textiles.

M. Schlœsing a repris à ce sujet des travaux qu'avait abordés autrefois M. Chevreul. Il y a apporté toute la précision scientifique désirable en tenant compte des influences de la température, et sa méthode rigoureuse assure l'exactitude de ses résultats.

Le Comité des Arts mécaniques propose de remercier M. Schlœsing fils pour

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sa très intéressante communication et d'insérer au *Bulletin* le présent rapport ainsi que le mémoire qu'il a remis avec les tableaux numériques et graphiques qui l'accompagnent.

Ces conclusions sont adoptées.

Machine à laver, etc. — *M. Rouart* fait un rapport, au nom du Comité des Arts économiques, sur les machines à laver et repasser le linge, fabriquées par *MM. Piet et C^ie^*, constructeurs-mécaniciens, rue de Chabrol, 33.

Les appareils de MM. Piet et C^ie^ sont bien étudiés et semblent pratiques; ils paraissent appelés à rendre des services. Le Comité propose de remercier MM. Piet et C^ie^ de leur communication et d'insérer le présent rapport au Bulletin de la Société.

Ces conclusions sont adoptées.

COMMUNICATIONS. *Galvanoplastie d'or.* — *M. Rivaud*, rue des Archives, 63, présente des spécimens de reproductions galvanoplastiques en or qu'il obtient par des procédés de son invention. Il fait un bref historique de la galvanoplastie en général et signale tous les insuccès jusqu'à ce jour de la galvanoplastie d'or.

Par ses procédés, l'inventeur peut, dit-il, réaliser en galvanoplastie d'or tout ce qu'on obtient pour le cuivre et l'argent. Pour avoir une application pratique, la galvanoplastie d'or doit avoir les qualités suivantes :

La reproduction doit être absolument fidèle et sans retouche.

Le métal doit être malléable, sans granulations, et avoir une solidité proportionnelle à son épaisseur. Il doit supporter le feu nécessaire pour les soudures les plus fortes sans déformations ni boursouflures. Il doit permettre la ciselure nécessaire pour la ragréure des pièces ronde bosse qui sont le plus souvent, lorsqu'elles sont petites, formées de plusieurs coquilles. Il doit naturellement pouvoir se cambrer pour la facilité des ajustages.

M. Rivaud montre plusieurs objets remarquables obtenus par ses procédés, parmi lesquels deux galvanos d'or qui ont été émaillés sans difficulté, chose irréalisable sur la galvanoplastie du cuivre et de l'argent.

M. le Président remercie *M. Rivaud* de son intéressante communication qui est renvoyée au Comité des Arts économiques.

Falsification des graines. — *M. Schribaux*, professeur à l'Institut national agronomique, fait une communication sur les falsifications des semences agricoles et sur les moyens d'en assurer la répression.

De tous les facteurs de la production végétale, la semence est certainement l'un des plus importants. On connaît le proverbe : « Telle semence, telle moisson. » Malheureusement, trop d'agriculteurs oublient que les semences renferment en germe les qualités et les défauts des plantes cultivées et ne leur accordent pas toute l'attention qu'elles méritent. Celles des plantes fourragères graminées et légumineuses se distinguent surtout par leur médiocre qualité. On sait que les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plantes fourragères se récoltent avant la maturité. N'ayant pas l'habitude d'en produire les semences, l'agriculteur s'adresse au commerce qui le trompe fréquemment tantôt sur l'origine, tantôt sur la nature, sur la quantité ou sur la qualité de la marchandise vendue.

Le commerce des semences fourragères est devenu cosmopolite : la Nouvelle-Zélande nous envoie du dactyle, la Finlande du vulpin des prés. L'Amérique du Nord produit aujourd'hui la plus grande partie des autres graminées fourragères ensemencées en Europe. En même temps que l'Italie elle exporte également d'importantes quantités de luzerne et de trèfle des prés. Le commerce les livre à la culture comme ayant été récoltés en France. M. Schribaux fait ressortir l'importance des dommages causés à l'agriculture française par l'introduction de trèfles et de luzerne d'origine étrangère. Les plantes qui en proviennent n'étant pas adaptées à notre climat, résistent imparfaitement à nos hivers. De nombreux champignons les attaquent, enfin il résulte d'expériences variées poursuivies par la Station d'essais de semences de l'Institut agronomique, qu'elles produisent 20 à 50 p. 100 de moins que nos variétés indigènes.

Les semences d'un prix élevé sont très souvent mélangées d'autres espèces de même apparence mais d'une valeur marchande beaucoup moindre. C'est ainsi qu'à la luzerne, qui vaut en moyenne 200 francs les 100 kilogrammes, on ajoute de la minette qui en vaut 50. L'avoine jaunâtre, cotée 300-400 francs, est frelatée avec de la couche flexueuse, une mauvaise graminée qu'il faudrait extirper de nos prairies si elle venait à s'y propager. On leste la fétuque des prés de raygrass, le vulpin des prés de brouque laineuse, etc., etc.

M. Schribaux a introduit récemment en France une plante fourragère nouvelle connue sous le nom de vesce velue. La faveur dont elle jouit cette année a fait monter le prix des semences de 40 à 130-160 francs les 100 kilogrammes. M. Schribaux affirme qu'au moins la moitié des lots offerts actuellement sur le marché français et sur le marché allemand renferme de 20 à 40 p. 100 d'impuretés dangereuses, nielle et vesces sauvages, qui empoisonneront les terres cultivées pendant de longues années. Dans quelques échantillons, il n'a pas rencontré une seule graine de vesce velue.

On trompe également l'acheteur sur la quantité de la marchandise : aux graminées on ajoute des balles, aux légumineuses des matières minérales. Récemment le parquet de Gien a saisi chez un négociant de la même ville du trèfle des prés dans lequel M. Schribaux a trouvé 10 p. 100 de sable quartzeux coloré en jaune et 13 p. 100 de sable ferrugineux; à la fin du mois de mai dernier deux négociants de Moulins, chez lesquels une perquisition a été opérée, ont avoué avoir mélangé pendant l'année courante 11 000 kilogrammes de sable à du trèfle violet.

Enfin, une fraude qu'on pourrait appeler classique, tant elle est fréquente,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

consiste à introduire de vieilles semences dans des semences nouvelles. Il existe à Paris et en province des maisons s'occupant exclusivement de la vente de vieilles semences et qui ne craignent pas d'exercer leur commerce au grand jour.

Pour la création de prairies, l'agriculture demande ordinairement au commerce des mélanges tout préparés de semences de légumineuses et de graminées. Sur 10 échantillons analysés par M. Schribaux provenant d'importantes maisons de Paris, 5 étaient inutilisables; les autres, composés avec moins de fantaisie, n'étaient pas non plus irréprochables. Ces mélanges, présentés à l'agriculteur crédule comme étant le fruit de patientes recherches, ne renferment le plus souvent qu'un ramassis de semences de toute nature qui ne trouveraient pas preneur si on cherchait à les écouler par espèces séparées.

M. Schribaux recherche quelles mesures il conviendrait de prendre pour donner au commerce des semences un caractère à la fois plus moral et plus rationnel.

Déjà, à l'instigation de la Station d'essais de semences de l'Institut national agronomique, beaucoup de grands agriculteurs et de syndicats demandaient aux marchands grainiers de garantir sur facture la composition de leurs produits. Les acheteurs possèdent ainsi un titre qui, en cas de litige, sert de base aux opérations des experts commis par les tribunaux. Il est douteux que ces habitudes se généralisent jamais dans le monde des petits cultivateurs qui sont les victimes ordinaires des fraudeurs; M. Schribaux estime que l'intervention du législateur est indispensable.

En Angleterre, où depuis 1869 les fraudes de semences sont l'objet d'une jurisprudence particulière, l'expérience a démontré qu'une loi répressive serait inefficace. Par contre, des dispositions législatives surtout préventives ne pourraient manquer de donner de bons résultats.

Le vendeur devrait être tenu, comme pour les engrais, de faire connaître, sur la facture, la provenance et la composition de la marchandise.

La facture obligatoire a pour corollaire indispensable une analyse de contrôle que l'acheteur néglige presque toujours de faire exécuter. Ainsi conviendrait-il de reproduire sur les marchandises les indications de la facture. Ce serait le système de la facture et de l'étiquette obligatoires. En rendant publiques les garanties données par le vendeur, l'étiquette obligatoire permettrait aux officiers de police judiciaire, aux directeurs de stations agronomiques d'en vérifier l'exactitude et d'assurer ainsi la sincère application de la loi.

M. Schribaux pense qu'en attendant la promulgation d'une loi spéciale visant les fraudes de semences, le ministère de l'agriculture pourrait intervenir très utilement en réorganisant les expositions où figurent ces produits. Chaque échantillon pour lequel on sollicite une récompense officielle devrait être accompagné des renseignements suivants : 1° Nom, provenance et composition des semences;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2° Stock disponible et prix de vente. Avec ces indications, il serait facile de distinguer les semences de parade tirées souvent d'une mauvaise récolte grâce à un triage laborieux des semences qui correspondent bien à celles qu'on obtient dans la pratique. Chacun y trouverait son compte, le jury d'abord dont les appréciations seraient ainsi considérablement simplifiées, les visiteurs qui pourraient alors acheter des semences et traiter sur des bases certaines.

Enfin, ces dispositions feraient disparaître les musées ridicules que les marchands grainiers colportent d'exposition en exposition, musées auxquels un jury débonnaire accorde généreusement des récompenses servant trop souvent à leurrer les agriculteurs.

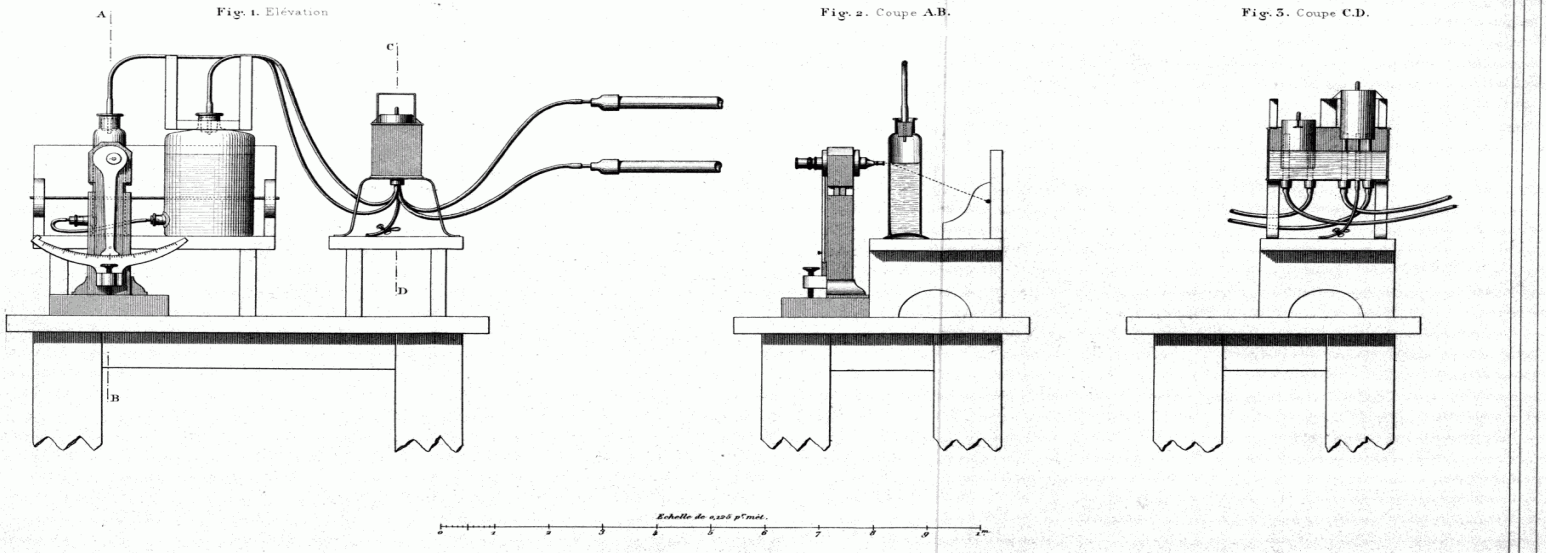
Les produits obtenus avec les semences du commerce représentent une valeur moyenne annuelle de 1400 millions environ. Si ces semences étaient de bonne qualité, la production augmenterait aisément de 19 à 20 p. 100, soit une plus-value annuelle de 140 à 280 millions de francs.

M. le Président remercie *M. Schribaux* de son intéressante communication qui est renvoyée au Comité d'Agriculture.

Le Gérant : J.-H. GINESTOU.

Paris. — Typ. Chamerot et Renouard, 19, rue des Saints-Pères. — 3039.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



Imp. Lang-Blanc, Paris.

Léon. Chamont del. et sc.

INSTALLATION POUR LA MESURE DE LA PERTE DE CHARGE DANS LES PARCOURS D'AIR SOUTERRAINS

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Fig. 1

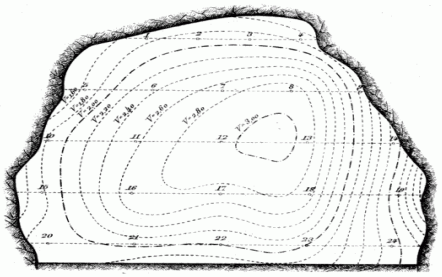


Fig. 2

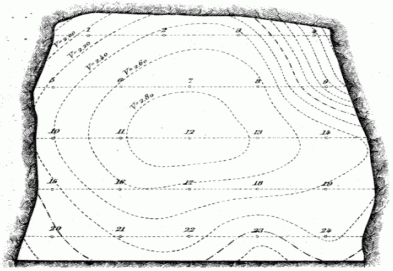


Fig. 3

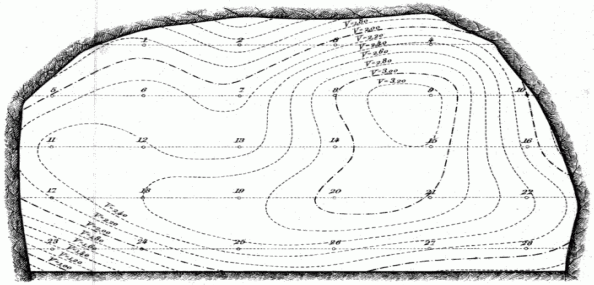


Fig. 4

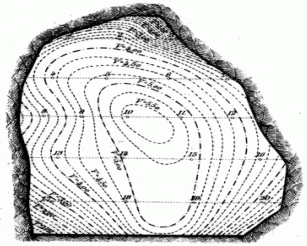


Fig. 5

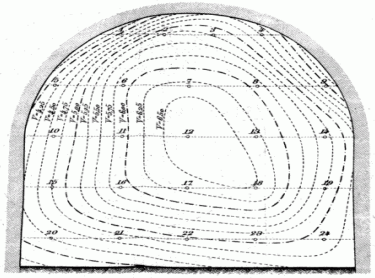


Fig. 6

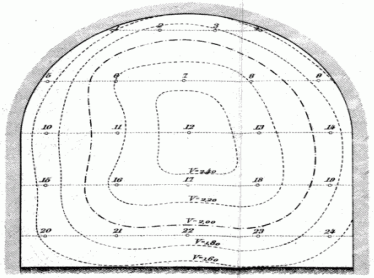
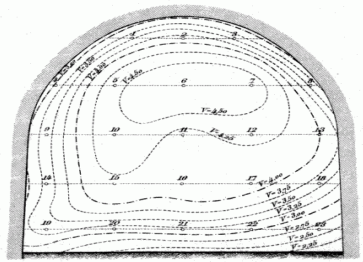


Fig. 7



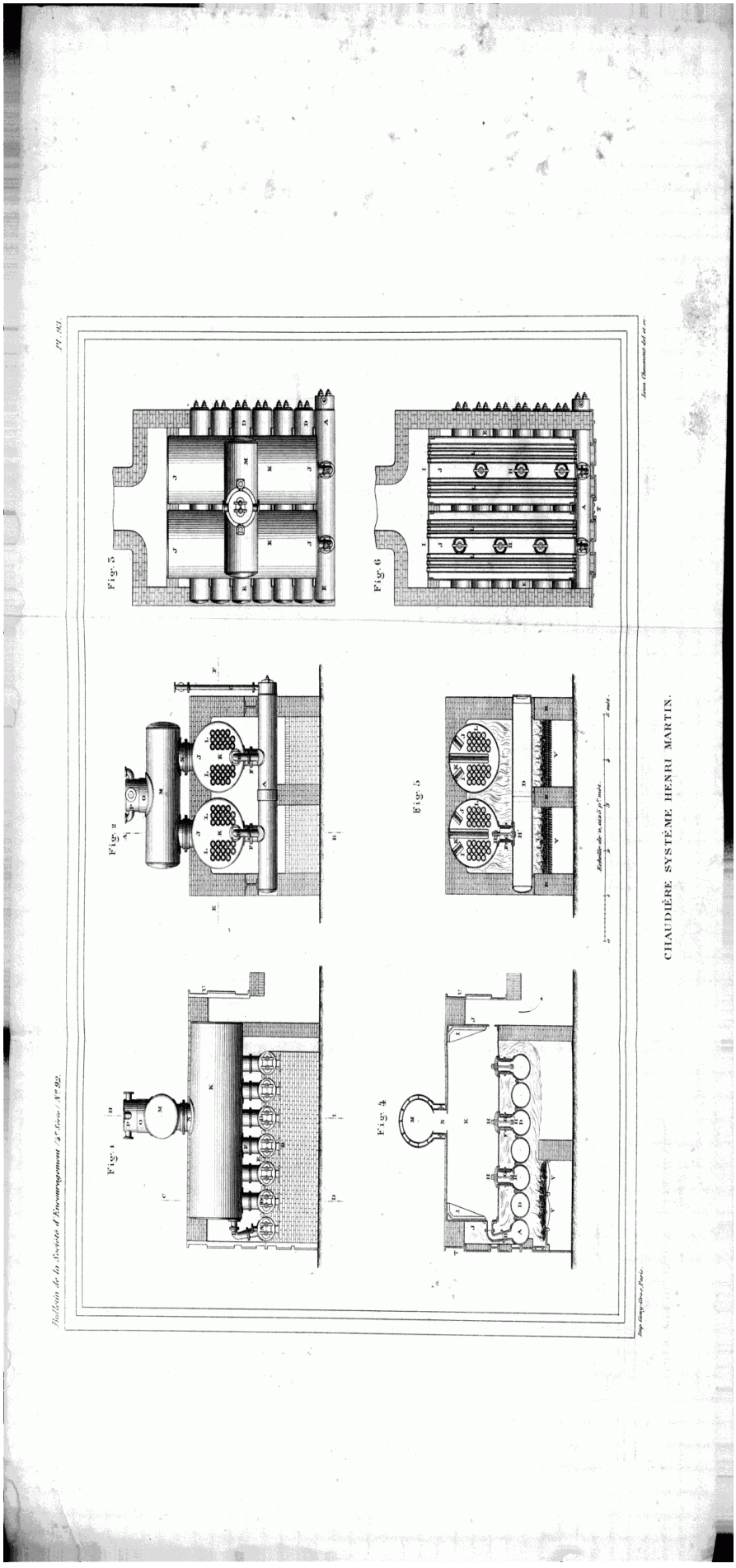
Échelle de 0,05 p^r mèt. 5 mèt.

Imp. Gauy-Grez, Paris.

Léon Chaumont del. et sc.

COURBES D'ÉGALES VITESSES DANS LES PARCOURS D'AIR SOUTERRAINS.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

92e ANNÉE. Quatrième Série, Tome VIII. SEPTEMBRE 1893.

BULLETIN

DE

LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

ARTS MÉCANIQUES

RAPPORT *fait par* M. BIENAYMÉ, *au nom du Comité des Arts mécaniques, sur une* COMMUNICATION DE M. J.-A. MALLET A PROPOS D'UN PLAN INCLINÉ ÉTABLI A BEAUVAL, PAR M. JULES FOURNIER, POUR LE TRANSBORDEMENT DES BATEAUX ENTRE LE CANAL DE L'OURCQ ET LA MARNE.

Dans la séance du 11 novembre 1892, M. A. Mallet a fait une communication au sujet d'un plan incliné double pour transbordement de bateaux, établi à Beauval par M. Jules Fournier.

Cette communication a été renvoyée au Comité des Arts mécaniques.

Votre Comité m'a chargé d'examiner sur place le fonctionnement du transbordeur dont la description, aussi détaillée qu'il est nécessaire, se trouve d'ailleurs tant dans la communication de M. A. Mallet que dans la notice accompagnée de plans que cet ingénieur distingué nous a remise. Mais à l'époque, les froids avaient interrompu la circulation sur le canal de l'Ourcq, et c'est seulement au milieu de mars que la reprise s'est effectuée et que l'examen a été possible.

L'installation, conçue et exécutée avec une grande simplicité, remplit parfaitement le but pour lequel elle a été créée. L'œuvre accomplie à Beauval est bien telle que vous l'a décrite M. A. Mallet, et, par son exécution seule, elle méritait l'intérêt et les éloges de votre Comité.

Mais ce qui l'a frappé surtout et ce qui ne peut manquer, je crois, d'obtenir les suffrages de notre Société, c'est, avec l'esprit d'initiative dont a fait preuve M. J. Fournier, l'énergique persévérance qui lui a permis de subir, sans abandonner son œuvre, les lenteurs forcées qui accompagnent toutes les enquêtes administratives, et qui, dans une affaire où tant d'intérêts

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

divers étaient en jeu, n'ont pu que retarder pendant de longues années la mise à exécution du projet.

Votre Comité vous propose de féliciter M. J. Fournier de l'œuvre qu'il a accomplie, et d'insérer dans notre *Bulletin*, avec le présent rapport, la notice imprimée accompagnée de plans que M. A. Mallet nous a remise.

Cette notice est extraite du *Bulletin* de la Société des ingénieurs civils.

Signé : A. Bienaymé, *rapporteur*.

Approuvé en séance le 12 *mai* 1893.

ARTS MÉCANIQUES

PLAN INCLINÉ DE M. J. FOURNIER POUR TRANSBORDEMENT DE BATEAUX A BEAUVAL, PRÈS MEAUX, PAR M. A. MALLET (1).

Il y a déjà longtemps qu'on a cherché à substituer à l'écluse classique introduite en France par Léonard de Vinci des appareils se prêtant plus facilement à franchir de grandes différences de niveau et dépensant moins d'eau. Cette question est revenue à l'ordre du jour depuis quelques années et a été l'objet d'importantes discussions au sein de notre Société.

Les appareils auxquels nous faisons allusion peuvent tous se rattacher à deux classes bien distinctes : ceux qui opèrent par ascension verticale, ce sont les élévateurs proprement dits, et ceux qui franchissent la différence de niveau par un plan incliné. Les premiers sont plus récents relativement, mais ils ont donné lieu à des applications grandioses ; tout le monde connaît les magnifiques installations des Fontinettes et de la Louvière.

C'est sur un appareil de la seconde catégorie que nous désirons appeler l'attention de nos collègues. C'est une installation bien modeste, mais qui a à la fois le mérite, peu commun dans l'espèce, d'être entièrement due à l'initiative privée et l'avantage très appréciable de se trouver presque aux portes de Paris. Voici les circonstances qui ont amené son établissement :

La ville de Meaux est desservie par deux voies navigables importantes, le canal de l'Ourcq et la Marne, qui la mettent en communication, l'un avec Paris, l'autre avec Paris également et tout le réseau de la navigation intérieure. Ces deux voies sont à une faible distance l'une de l'autre sur une très grande longueur, mais n'y ont pas de communication directe entre elles. Il en résulte certains inconvénients pour la batellerie, puisque pour faire passer à Meaux un bateau du canal sur la Marne il faudrait le conduire à Paris, lui faire descendre le canal Saint-Martin, puis remonter la Seine jusqu'à Charenton et ensuite la

(1) Cette notice est extraite du *Bulletin* de la Société des Ingénieurs civils.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Marne, total plus de 100 kilomètres pour une distance réelle de moins d'un kilomètre. Un entrepreneur de transports par eau, homme de progrès et d'initiative, M. Jules Fournier, résidant à Meaux, se préoccupait depuis longtemps de cette difficulté qui le gênait personnellement pour ses opérations et cherchait les moyens d'y remédier.

L'endroit qui lui parut le plus convenable pour réaliser une jonction entre le canal et la Marne est à l'endroit dit Beauval, en amont de Meaux et immédiatement au-dessous du barrage des Basses-Fermes. La distance des deux cours d'eau y est de 550 mètres environ. La cote du niveau du canal est de 57^{m},50 et celle de la retenue du barrage de 45^{m},33, ce qui donne une différence de niveau à franchir de 12^{m},17. Avec le système d'écluses ordinaires, il aurait fallu accoler quatre ou cinq de ces ouvrages, ce qui aurait nécessité une dépense considérable hors de toute proportion avec l'importance du but à remplir; d'ailleurs l'emploi d'écluses eût nécessité une prise d'eau sur le canal, laquelle eût été impossible à obtenir. Il fallait donc chercher une autre solution. Celle qui se présentait immédiatement était l'établissement d'un plan incliné suivant la pente naturelle du terrain.

Les bateaux qu'il s'agissait de transborder ont les dimensions suivantes : 28 mètres de longueur, 3^{m},10 de largeur, 1^{m},20 de creux. Le poids à vide est de 16 tonnes environ et le poids avec chargement complet de 70 à 75 tonnes.

Le principe du projet qui fut adopté, et dont la partie mécanique a été exécutée par nos collègues MM. Sautter et Lemonnier, constructeurs de machines à Paris, consiste à établir à chaque extrémité un bassin en communication directe avec le cours d'eau et à relier ces deux bassins par une voie à double pente formée de rails sur lesquels roule un chariot; ce chariot est amené dans le bassin et le bateau est échoué dessus. Le chariot est déplacé ensuite sur la voie ferrée au moyen du mouvement communiqué à un appareil de traction dont il est muni par un câble télédynamique actionné par une turbine placée au bas du plan incliné. C'est le principe du locomoteur bien connu de nôtre collègue M. Agudio, appliqué au chemin de fer de la Superga. La figure 1 (pl. 95) représente la disposition générale de l'installation. Le bassin du bas, qui a 35 mètres sur 66, est relié à la Marne par une dérivation de 373 mètres de longueur aboutissant en amont du barrage des Basses-Fermes (pour éviter d'augmenter de la chute de ce barrage, soit 1^{m},60 environ, la différence de niveau à franchir). Cette dérivation a 11^{m},90 de largeur au niveau d'eau, 7 mètres au plafond et 2^{m},20 de tirant d'eau.

Le bâtiment des turbines est situé au bord de la Marne, derrière le chemin de halage; la chute est celle même du barrage, étant produite entre le bassin communiquant avec l'amont de celui-ci et la rivière en aval du barrage. Il y a de la place pour six turbines, mais une seule est montée actuellement et suffit à la mise en mouvement du transbordeur. Le plan incliné aboutit à la partie supérieure à un bassin constitué par un élargissement du canal à cet endroit.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le principe de l'installation une fois compris, nous allons décrire celle-ci d'une manière un peu détaillée. Elle comprend la partie fixe ou la voie et la partie mobile ou chariot. Il serait plus logique de commencer par la première, mais comme ses dispositions sont commandées par celles du chariot, nous croyons devoir décrire d'abord ce dernier.

Le chariot qui reçoit les bateaux (fig. 1, pl. 94 et fig. 2, pl. 95) est en tôle; il a 24 mètres de longueur et est composé de deux poutres en tôle et cornières réunies par des entretoises de même nature. Sa partie supérieure est formée d'un plancher en bois sur lequel repose le bateau qui, ayant 28 mètres de longueur, dépasse de 2 mètres à chaque extrémité; vu le mode de construction de ces bateaux, cela n'a aucun inconvénient. Le chariot repose sur deux trucs ayant chacun deux essieux écartés de 2 mètres d'axe en axe. Ces essieux portent des roues d'une disposition particulière sur laquelle nous reviendrons.

Au milieu de la longueur du chariot s'élèvent de chaque côté des montants verticaux réunis par des traverses et appuyés par des contre-fiches.

Sur un des côtés, cette charpente porte à la partie supérieure une poulie à gorge de $1^m,80$ de diamètre sur laquelle passe le câble télédynamique forcé par deux autres poulies de $1^m,20$ d'embrasser une portion un peu supérieure à la moitié de la circonférence. Le câble oblige donc la poulie à tourner lorsqu'il est lui-même en mouvement, et cela malgré le déplacement du chariot sur le plan incliné.

L'axe de la poulie communique le mouvement à des roues d'angle qui le transmettent par un arbre vertical et divers intermédiaires représentés sur la figure 3 à une noix placée sous le chariot, laquelle déterminait le halage du chariot sur une chaîne fixe à la manière des toueurs qu'on voit fonctionner sur la Seine. Ce mode de propulsion indiqué sur les figures 2 et 3, qui donnait lieu à de grandes difficultés, a été remplacé, comme on le verra plus loin, par une autre disposition.

La transmission établie à la partie supérieure comprend deux roues d'angle avec un double embrayage sous le contrôle du conducteur de la machine qui est placé sur une passerelle de sorte qu'il peut faire marcher le chariot dans un sens ou dans l'autre ou l'arrêter entièrement sans que le câble télédynamique cesse de courir dans le même sens, c'est-à-dire sans qu'il soit besoin de modifier la marche de la turbine motrice.

Les roues sur lesquelles repose le chariot ont $1^m,14$ de diamètre au contact; elles ont une forme particulière caractérisée par un double cercle de roulement formé de bandages en acier rapportés. Cette disposition a été adoptée pour résoudre une des grandes difficultés présentées par la solution dont nous nous occupons, solution dont le principe est très simple, mais dont la réalisation exige l'emploi de combinaisons ingénieuses.

L'obligation de ne point établir de communication directe entre l'eau des deux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

biefs nécessitait une double pente avec faîte entre les deux ; on ne pouvait donc pas employer un chariot dont le plancher resterait toujours horizontal malgré la pente. D'autre part ce plancher devait l'être nécessairement dans les bassins pour pouvoir recevoir le bateau et il devait s'élever parallèlement à lui-même jusqu'à ce que le bateau fût hors de l'eau. Il y avait là une difficulté qui a été résolue d'une manière simple et élégante par l'emploi des roues à double cercle de roulement circulant à un moment donné sur des voies distinctes, système déjà appliqué avec quelques différences de détail sur les plans inclinés de l'Oberland prussien établis de 1844 à 1860 (voir la *Notice sur les élévateurs et plans inclinés pour bateaux*, par Hirsch). Pour achever de faire comprendre comment cet effet se produit, nous allons procéder maintenant à la description de la partie fixe de l'installation.

Les rails sur lesquels roule le chariot sont du type Vignole (Nord) ; ils ont $0^m,130$ de hauteur et autant de largeur de patin ; ils pèsent environ 42 kilogrammes le mètre courant et sont en acier, l'écartement normal est de $1^m,94$ d'axe en axe. Ces rails sont éclissés et posés à la manière ordinaire avec des crampons sur des traverses noyées dans le ballast sur la voie courante ; dans les biefs ils sont fixés sur des longrines reposant sur des pieux fichés dans le terrain ou sur des murettes en maçonnerie. Les traverses sont très fortes et très rapprochées, à cause de la charge considérable que supporte la voie, près de 14 tonnes par roue, pour le chariot portant un bateau plein.

Supposons le chariot dans le bief du bas, c'est-à-dire celui qui communique avec la Marne. Les roues du truck avant portent sur la voie courante, à l'écartement de $1^m,94$ par leur cercle de roulement intérieur. Les roues du truck arrière reposent par leur cercle intérieur également sur une voie spéciale à l'écartement de $1^m,50$ d'axe en axe, et la distance des cercles de roulement intérieur et extérieur est calculée de manière que ces roues du truck arrière reposent plus loin sur la voie normale par leur cercle extérieur. (Fig. 4 et 5, pl. 94, et fig. 3, pl. 95.)

La voie spéciale dont il vient d'être question est inclinée à 4 p. 100 (fig. 2 et 3, pl. 94) jusqu'à une distance qui correspond à l'émersion complète du bateau ; la voie normale a la même inclinaison, de sorte que le bateau sortira de l'eau parallèlement à lui-même et à l'horizontale. A l'extrémité de la voie spéciale à l'écartement de $1^m,50$, les cercles extérieurs des roues du truck arrière viennent porter sur les rails de la voie courante et le chariot roule complètement sur celle-ci dont la pente est de 4 p. 100 jusqu'au point culminant.

Pour la descente dans le bassin supérieur, les choses se passent d'une manière analogue mais inverse.

Le truck avant roule sur la voie normale par le cercle intérieur de ses roues ; les cercles extérieurs rencontrent alors les rails d'une voie spéciale à l'écartement de $2^m,40$ et descendent à raison de 6 p. 100, tandis que le truck arrière continue

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à rouler sur la voie courante qui prend la même inclinaison de 6 p. 100. Le bateau plonge donc dans le bassin en restant horizontal jusqu'à ce qu'il soit à flot.

Nous pensons que ces détails sont suffisants pour faire bien comprendre l'installation du transbordeur et son mode de fonctionnement. Il nous reste à dire quelques mots du système de traction employé.

La propulsion par l'adhérence seule des roues, admissible théoriquement puisque le poids même de l'appareil aurait servi à l'adhérence sur les rails, aurait exigé la commande de toutes les roues du chariot, ce qui eût présenté une grande complication. On a trouvé plus simple de transmettre le mouvement à une noix à empreintes engrenant avec une chaîne amarrée à l'extrémité supérieure du plan incliné et reposant sur le sol entre les rails. Cette chaîne à maillons en fer de $26^{mm},5$ de diamètre et du poids de $15^{kil},5$ le mètre courant a donné lieu à beaucoup de difficultés. La chaîne éprouvait des vibrations violentes, elle se tendait et se détendait et le chariot n'avançait que par secousses, la noix s'usait rapidement et la chaîne échappait des empreintes; enfin la chaîne éprouvait des ruptures, de sorte que, par suite d'avaries fréquentes, le transbordeur ne fonctionnait que par intermittence et que le propriétaire, pour ne pas s'exposer à des responsabilités envers le public, ne se servait de l'installation que pour ses propres bateaux et seulement vides.

En 1888, lassé de ces difficultés et après avoir consulté M. Riggenbach, le promoteur des chemins de fer à crémaillère, M. Fournier résolut de remplacer la chaîne par une crémaillère placée entre les rails et dans laquelle engrènerait une roue dentée portée par le chariot et commandée par la transmission de celui-ci. La substitution de la roue dentée à la noix de la chaîne put être faite sans trop de difficultés. La roue a $0^{m},828$ de diamètre et 26 dents de 100 millimètres de pas et 100 millimètres de largeur de denture; elle engrène avec un pignon de 11 dents actionné par la transmission. Les roues sont en acier avec les dentures taillées dans la masse; elles ont été fournies par le Creuzot, ainsi que la crémaillère à échelles du type Riggenbach. Celle-ci est formée, comme on sait, de deux fers à rebords avec dents à section trapézoïdale rivées à l'extérieur des fers. Elle est au pas de 100 millimètres et pèse 50 kilogrammes environ par mètre courant. Cette crémaillère est fixée sur les traverses des rails pour la voie courante et sur les murettes en maçonnerie dans les biefs (fig. 4, pl. 94). Le fonctionnement est, depuis l'installation de la crémaillère, absolument satisfaisant.

Le câble moteur a $12^{mm},5$ de diamètre, sa longueur est de 1 000 mètres environ; il repose par ses deux brins sur des poulies dites *galopins* portées par des poteaux le long de la voie, comme on le voit sur la figure 2 (pl. 95).

Ce câble est animé normalement d'une vitesse de 15 mètres par seconde, ce qui correspond à un avancement de $0^{m},25$ pour le chariot dans le même temps.

Le chariot pèse environ 35 tonnes; en supposant le bateau chargé, le poids

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

maximum est de $75 + 35 = 110$ tonnes qui, sur la pente normale de 4 p. 100 (exactement 3,93), représente un effort de traction de $110 \times (40 + 5) = 4\,950$ kilogrammes. Cet effort correspond à la vitesse de $0^{m},25$ par seconde à un travail de $4\,950 \times 0,25 = 1\,237$ kilogrammes ou $16^{ch},5$. On doit faire remarquer que, sur la rampe de 6 p. 100 au sortir du bassin supérieur, l'effort est plus considérable ; mais, à cause de la sous-pression exercée par l'eau sur le chariot et sur la carène du bateau, il ne l'est que dans une partie insignifiante du parcours, le travail s'élèverait alors au maximum à près de 25 chevaux. La turbine peut fournir notablement plus que ce qui est nécessaire, même en tenant compte des frottements et résistances diverses. A la vitesse de $0^{m},25$, le parcours total de 450 mètres serait effectué en 30 minutes ; mais, en pratique, il faut compter 35 à 40 minutes, surtout à la montée. Comme il n'y a aux extrémités pas d'autres manœuvres à faire que de pousser le bateau sur ou hors du chariot, on conçoit qu'on puisse effectuer un voyage double en une heure un quart environ.

La pente est assez faible pour qu'on n'ait pas à craindre de voir le chariot entraîné à la descente ; on a néanmoins cru prudent de disposer sur les roues des freins qui sont serrés par l'entremise d'un modérateur à force centrifuge, si la vitesse venait à dépasser une certaine limite.

Ces freins sont des freins à lame, ou freins de grue, qui entourent les jantes des roues entre les deux cercles de roulement. Ils peuvent, comme nous venons de le dire, en cas de descente trop rapide, être serrés automatiquement. A cet effet un câble très léger, une sorte de gros fil de fer, est porté sur des poteaux le long de la voie, du côté opposé au câble de transmission ; ce câble est fixe et passe autour d'une poulie portée par le chariot ; lorsque celui-ci est en mouvement, la poulie tourne et sa rotation est proportionnelle à la vitesse du chariot. La poulie actionne un régulateur centrifuge qui, dès que la vitesse devient exagérée, manœuvre un déclenchement qui serre les freins ; le reclenchement se fait à la main par le conducteur.

Le plan incliné complet a coûté environ 100 000 francs répartis de la manière suivante :

Terrassements, maçonnerie, élargissement du canal de l'Ourcq. .	12 000
Traverses et rails.	10 000
Chariot.	45 000
Freins.	5 000
Crémaillère et modifications au chariot.	15 000
Supports du câble et imprévu.	13 000
TOTAL.	100 000

Dans ce chiffre ne sont pas comprises les dépenses relatives à la dérivation et à l'installation de la force motrice, parce que ces dépenses ne sont pas spéciales au plan incliné et ont un caractère général ; en effet, ces travaux avaient été

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

exécutés en vue de l'utilisation industrielle de la chute créée à Beauval, projet dont la réalisation a été retardée par diverses circonstances, mais va avoir lieu prochainement.

Le prix de revient du transbordement d'un bateau ne dépend que de deux éléments, la main-d'œuvre et l'intérêt et amortissement de l'installation. La main-d'œuvre est peu de chose, il ne faut qu'un homme sur le chariot, l'équipage du bateau ayant à sa charge les manœuvres pour amener celui-ci sur le chariot et l'en sortir. La plus forte dépense est l'intérêt et l'amortissement de l'installation qui peuvent être estimés à une vingtaine de francs par jour. Le prix de revient de l'opération dépendra donc entièrement de la fréquentation de l'ouvrage. Dans le cas qui nous occupe, cette question est un peu secondaire, puisque l'installation a été faite en grande partie pour les besoins personnels de son promoteur. Il ne faut pas oublier d'ailleurs que, comme nous l'avons indiqué plus haut, le service rendu par le transbordeur représente l'équivalent d'un trajet de plus de 100 kilomètres de parcours et d'un temps rendu considérable par le passage d'un très grand nombre d'écluses, soit au moins trois ou quatre jours.

Depuis l'installation de la crémaillère, il a passé sur le plan incliné plus de mille bateaux sans qu'aucun accident soit survenu.

L'ouvrage que nous venons de décrire est intéressant par lui-même, mais il l'est peut-être encore plus par le fait qu'un simple particulier a réussi à l'établir en y consacrant une partie de sa fortune et une persévérance inouïe pour venir à bout de difficultés techniques et administratives de toute sorte. Il l'est encore, ajouterons-nous, parce qu'il constitue, avec le chemin de fer de Langres, l'une des deux premières applications, en France, de la crémaillère à la traction sur voies ferrées.

ARTS MÉCANIQUES

RAPPORT *fait par* M. IMBS, *au nom du Comité des Arts mécaniques, sur la* TRADUCTION PAR M. ANDRÉ SIMON DU TRAITÉ DE LA FABRICATION DE LA BONNETERIE DE FRANZ REH.

M. Franz Reh, de Vienne (Autriche), est un auteur bien connu par de remarquables ouvrages de technologie textile. Son traité des métiers mécaniques à tisser, que nous citons à titre d'exemple, est un exposé très complet des diverses dispositions et modifications introduites dans la combinaison des parties essentielles du métier à tisser pour les principaux cas de son application. On y trouve exceptionnellement bien présentées et discutées toutes les considérations géométriques qui mettent en évidence les avan-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tages respectifs de ces dispositions diverses selon les cas particuliers.

Ce n'est pas un service négligeable rendu à notre industrie que de mettre à sa portée, par une traduction fidèle, les excellents ouvrages de M. Reh, et M. André Simon le fait avec une compétence complète, non seulement de la langue de l'auteur, mais encore de la matière même dont celui-ci s'occupe, ce qui seul peut assurer à de telles traductions leur netteté et leur exactitude de détails dans notre langue.

M. A. Simon présente aujourd'hui à la Société sa traduction du *Traité de la fabrication de la bonneterie* de M. Reh.

Par une étrange inconscience des difficultés pratiques à franchir, les premiers inventeurs mécaniciens, que notre ère moderne ait vus apparaître, se sont trouvés généralement attirés vers des problèmes de la plus grande complexité. L'histoire des premiers métiers à bonneterie ou à tricot est un exemple frappant de cette anomalie. Ceux-ci remontent à plus de trois siècles. Mais, malgré cette précocité dans le début, les pas successifs et le progrès réel ont été lents par la complication extrême du problème et de ses différentes faces. Les métiers à bonneterie forment aujourd'hui un domaine des plus vastes, des plus minutieux et difficile à pénétrer dans ses innombrables détails. M. Reh a fait, à peu près le premier, un ouvrage d'ensemble analytique et descriptif à ce sujet.

Ses descriptions de principes sont claires, sa classification rationnelle, et, en mettant à la portée du lecteur intéressé un exposé, à grandes lignes mais bien tracé, de ce champ si ardu de mécanique spéciale, M. Reh a comblé une lacune des plus regrettables.

M. A. Simon concourt très efficacement, en ce qui concerne notre industrie française, à l'œuvre de M. Reh en nous en fournissant une excellente traduction. En la lisant, l'ouvrage semble écrit dans notre langue, et l'exactitude et la justesse des nombreux termes techniques auxquels il faut forcément recourir, rendent cette traduction particulièrement bonne, intelligible et utile pour nos jeunes industriels spéciaux.

Le Comité des Arts mécaniques propose de remercier vivement M. André Simon de sa communication, et de le féliciter pour l'utile travail qu'il a accompli par cette excellente traduction de l'ouvrage de M. F. Reh, et propose d'insérer le présent rapport au *Bulletin*.

Signé : Jos. Imbs, *rapporteur*.

Approuvé en séance le 23 *juin* 1893.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS ÉCONOMIQUES

RAPPORT *fait par* M. ROUART *au nom du Comité des Arts économiques, sur les* MACHINES A LAVER ET REPASSER LE LINGE FABRIQUÉES PAR MM. PIET ET Cie.

MM. Piet et Cie ont présenté à la Société d'Encouragement un livre de M. Piet ingénieur, où sont énumérées un certain nombre de machines se rattachant à leur industrie. Ils appellent plus particulièrement l'attention sur leurs nouveaux modèles d'appareils à laver le linge et à le repasser.

Nous allons les étudier successivement.

Appareils à laver. — Il existe depuis longtemps, dans l'industrie, des roues à laver animées d'un mouvement de rotation.

MM. Piet et Cie les ont modifiées de manière à rendre leur fonctionnement meilleur.

Leur appareil est un tonneau tournant autour d'un axe horizontal, dans lequel ils ont disposé un battoir mobile.

Ce battoir prend le linge, l'écrase par son poids et l'essore.

Il emporte le linge jusqu'au point le plus élevé de sa course, il l'abandonne alors de manière à le précipiter de toute la hauteur disponible dans l'intérieur du tonneau.

Ce battoir en saisissant le linge l'empêche de se rouler sur lui-même, ce qui est une condition importante pour un bon lavage.

Dans le tonneau est placé une lessive convenablement préparée et chaude.

Le linge est introduit par une porte qui se referme sur lui. La fermeture de cette porte n'a pour effet que d'empêcher les pertes de chaleur. L'appareil est disposé de manière à ne pas laisser échapper la lessive.

Ces appareils se font de plusieurs grandeurs et peuvent être mus, soit à la main, soit mécaniquement.

Appareils à rincer. — Les appareils laveurs se complètent par les rinceurs destinés à faire sortir du linge l'eau savonneuse qui s'y est accumulée.

Le rinceur reproduit les principales dispositions de l'appareil à laver. Il possède comme lui un batteur, seulement la lessive chaude est remplacée par un courant d'eau froide entrant et sortant par l'axe de rotation. A la sortie se trouve une chambre disposée de manière à ramener l'eau au centre pour son évacuation.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On arrête l'opération quand l'eau sort propre. Le travail de ces appareils est méthodique ; on les emploie par exemple à laver des feutres ayant servi dans les filtres presses pour des matières colorantes, on voit la coloration des eaux de sortie diminuer progressivement jusqu'au parfait rinçage.

Si on emploie à la fois une machine à laver et une machine à rincer, mues chacune à bras par une femme, on pourra compléter en dix heures le rinçage de 150 kilogrammes de linge, ce qui nécessiterait, sans l'emploi de machines, le travail de huit femmes pendant le même temps.

Machine à repasser. — Les machines à repasser offrent plusieurs variétés, suivant qu'elles sont mues au pied ou par transmission mécanique ; qu'elles sont chauffées au charbon, au gaz, ou à la vapeur.

Il existe déjà des machines de même espèce fonctionnant industriellement.

Supposons qu'il s'agisse d'un appareil mû au pied et chauffé au gaz.

Il se compose d'un cylindre de longueur convenable recouvert de molleton sur lequel vient s'enrouler le linge à repasser. Contre ce cylindre vient s'appuyer parallèlement à son axe et dans toute sa longueur une portion de cylindre creux, en métal, qui remplit les fonctions de fer à repasser. Ce fer est mobile autour d'un axe parallèle à celui du cylindre principal. Il tourne autour de lui et peut occuper deux positions, soit lorsqu'il vient s'appuyer étant chaud contre le linge à repasser, soit lorsqu'il se rabat sur un foyer où on l'échauffe préalablement avant de commencer l'opération. Veut-on repasser, on amène les deux cylindres au contact en emprisonnant le linge entre eux deux.

On entretient par un chauffage au gaz la température du fer à repasser au degré convenable tout le temps que dure l'opération.

Par une disposition fort simple, les vapeurs qui s'élèvent du linge échauffé et incomplètement sec sont entraînées dans la cheminée de chauffage grâce à l'appel produit par cette cheminée.

Le cylindre couvert de molleton sur lequel s'enroule le linge à repasser est susceptible d'un mouvement vertical permettant l'introduction du linge entre les deux surfaces cylindriques. Ce mouvement est produit au moyen d'une pédale qui déplace un contrepoids dont l'effet est de ramener le contact des cylindres et assurer par une pression convenable le succès de l'opération.

Avec cette machine on produit cinq fois plus de travail qu'en opérant à la main.

MM. Piet et C^ie^ insistent particulièrement sur la mobilité du fer à repas-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ser, le dégagement du linge par une pédale qui permet à une seule ouvrière de faire le travail.

Machine à repasser chauffée au charbon. — Il est quelquefois avantageux de chauffer ces appareils au charbon. Ainsi en est-il dans un atelier de repassage, où l'on utilise pour cet objet la chaleur perdue par les fours où se chauffent les fers ordinaires.

Dans ce cas on ne peut plus avoir recours aux dispositions précédentes parce qu'on est obligé de maintenir fixe le fer à repasser. Le linge est alors amené sous le cylindre qui remplit cette fonction, par une toile sans fin.

Le fer est chauffé intérieurement par les gaz chauds provenant d'un foyer quelconque. Bien entendu, les vapeurs d'eau produites par le linge échauffé sont entraînées, comme dans les autres appareils, par la cheminée d'appel du foyer.

Cette machine jouit des mêmes propriétés que la précédente, c'est-à-dire que l'ouvrière travaille assise et sans fatigue.

Des variantes légères permettent de chauffer ces machines à la vapeur en leur conservant toutes leurs qualités.

MM. Piet et C^ie^ insistent sur l'utilisation de la chaleur perdue d'un foyer quelconque pour le chauffage du fer, et de la chaleur perdue de ce fer pour l'enlèvement des vapeurs d'eau produites pendant l'opération.

En résumé, les appareils présentés par MM. Piet et C^ie^ sont bien étudiés, et semblent pratiques; ils paraissent appelés à rendre des services. Le Comité est donc d'avis de remercier MM. Piet et C^ie^ de leur communication et de demander l'insertion du présent rapport au Bulletin de la Société.

Signé : A. Rouart, *rapporteur*,

Approuvé en séance, le 28 *juillet* 1893.

ARTS CHIMIQUES

LES ALLIAGES, PAR LE PROFESSEUR W. C. ROBERTS-AUSTEN C. B. F. R. S. (1).

L'objet principal de ces recherches était d'étendre celles que j'avais exécutées auparavant sur l'application de la loi périodique de *Mendeleff* et *Newland*

(1) Alloys. *Second Report, to the Alloys Research Committee.* Inst. of Mechanical Engmeers, avril 1893.

Voir le *Bulletin de la Société d'Encouragement* de décembre 1891, p. 665.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

aux propriétés mécaniques des métaux. L'énoncé primitif de cette loi est que *les propriétés des éléments sont des fonctions périodiques de leurs poids atomiques.*

On avait constaté que l'effet des impuretés ajoutées à l'or est presque proportionnel à leurs volumes atomiques, et qu'il augmente avec ce volume; et la question était de savoir s'il en est de même pour les autres métaux. Il paraissait évident que le principal moyen d'enquête consistait dans l'observation des perturbations chimiques accompagnant les changements moléculaires; et, comme ces perturbations se produisent ordinairement aux températures élevées, il fallait, de toute nécessité, perfectionner et développer les méthodes d'observation et d'enregistrement de ces températures.

Avant de décrire mes expériences, j'attirerai l'attention sur quelques considérations qui paraissent favorables à l'hypothèse de la proportionnalité de l'effet des impuretés à leur volume atomique.

Les recherches de *Raoult* (1) et les conclusions de *Van Hoff* (2) et d'*Arrhenius* (3) donnent à penser que les molécules des éléments distribués en petite quantité dans un dissolvant conservent leur individualité, c'est-à-dire, restent libres et n'entrent pas en combinaison avec la masse du dissolvant. En ce qui concerne les métaux, les travaux de *Heycock* et de *Neville* (4), ainsi que mes précédentes recherches, concluent à ce que ces éléments peuvent demeurer libres jusqu'en proportions bien supérieures à 0,2 p. 100. La question de savoir si un élément reste libre ou se combine est évidemment capitale; car, s'il se combine, son individualité change, et il se peut que les propriétés mécaniques de la masse résultante dépendent surtout de la fusibilité du composé qui se forme. Si la concentration de la dissolution est telle qu'une partie seulement du corps dissous reste isolée, l'influence du volume de l'élément ajouté sera évidemment troublée, parce qu'on la suppose exercée par un seul des constituants du mélange, tandis que les propriétés mécaniques d'un mélange sont, au contraire, fonction de ses deux constituants. D'autre part, dans les cas favorables des dissolutions non saturées par l'élément ajouté, et où l'on peut appliquer la loi des volumes atomiques, les travaux d'*Osmond* et de *Sorby* ont démontré qu'un métal est rarement d'une texture homogène, mais, le plus souvent, formé de grains polyédriques arrondis, et que la cohésion à l'intérieur d'un grain diffère de l'adhérence entre deux grains voisins. La loi des volumes atomiques ne peut pas s'appliquer à l'adhérence des grains, qui dépend d'autres causes telles que la pression et la

(1) *Comptes rendus*, vol. LXXXVII, 1879, p. 167.
(2) *Philosophical Magazine*, 1888, vol. XXVI, p. 81.
(3) *Id.*, p. 99.
(4) *Journal of the Chemical Society*, 1889, vol. LV, p. 666; 1890, vol. LVI, p. 376 et 656; 1892, vol. LXI, p. 688.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rapidité du refroidissement, ou la formation d'un composé soudant les grains entre eux. Il s'ensuit que l'on rencontre, quand on veut établir la nature de l'influence du volume atomique seulement par des essais mécaniques, des anomalies et des irrégularités plus ou moins graves. Aussi, ne faut-il pas se borner aux essais mécaniques, car les expériences exécutées, par exemple, sur les alliages du fer ont démontré que l'on peut établir, indépendamment de tout essai mécanique, et de diverses manières, la réalité des transformations moléculaires étudiées par *Osmond*. Ces transformations peuvent être favorisées par la présence d'impuretés, la température à laquelle elles se produisent peut être modifiée, ou même les changements moléculaires être complètement empêchés par la présence d'éléments se comportant rigoureusement suivant la loi des volumes atomiques. On peut, par exemple, dans le fer, changer à volonté la température de formation des points critiques de changement moléculaire α et β, et prédire, pour des cas non encore réalisés, la nature de l'effet des éléments ajoutés. On pourrait bien objecter que l'allure du fer est particulière et spéciale, mais cela n'est pas probable.

Rappelons-nous que l'idée primitivement émise : que des traces d'éléments influencent les masses proportionnellement au volume de leurs atomes, est une idée nouvelle, et, si elle est exacte, d'une extrême importance en physique moléculaire; il y a donc grand intérêt à discuter les observations faites par d'autres physiciens sur l'influence exercée par le volume atomique d'une *masse* de métal sur ses propriétés mécaniques. *H. Tomlinson* a démontré que la chaleur spécifique des métaux augmente avec leur volume atomique (1) et que (2) d'après les travaux de *Wertheim* (3), de *Maxwell* (4) et de *Heen* (5) ainsi que d'après ses propres expériences, le module d'élasticité E est lié au volume atomique A pour les métaux par la formule

$$E\left(\frac{A}{D}\right)^{\frac{7}{3}} = 181 \times 10^4 = \text{Constante.}$$

Les écarts de cette loi, pour certains métaux, proviennent de l'influence considérable exercée sur E par des traces d'impuretés. *Sutherland* (6) a démontré que la rigidité des métaux est rigoureusement fonction de leur volume atomique; elle serait, d'après lui, « un phénomène essentiellement cinétique, de nature aussi simple que l'élasticité des gaz parfaits ». Enfin, le professeur *Fessenden* (7),

(1) *Proceedings of the royal Society*, 1885, p. 485.
(2) *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 1883, p. 32.
(3) *Annales de Chimie*, 1884, vol. XII.
(4) *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 1886, vol. CXXVI, part. 1.
(5) *Bulletin de l'Académie royale de Belgique*, 1882, vol. IV.
(6) *Philosophical Magazine*, août 1891, p. 41.
(7) *Chemical News*, vol. LXVI, 1892, p. 206.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tout en admettant que la cohésion des métaux est proportionnelle à une certaine puissance de leur volume atomique, semble conclure que leur rigidité varie comme la cinquième puissance de la distance moyenne entre les centres des atomes, ou comme la puissance $\frac{5}{3}$ des volumes atomiques.

D'autre part, M. *Werth* (1) a récemment fait remarquer que, dans la transformation du carbone en diamant, dont M. *Moissan* a démontré la possibilité, les trois principaux facteurs sont : 1° la pression; 2° la rapidité du refroidissement; 3° la présence simultanée, dans la masse métallique dont le diamant se sépare, d'un corps de volume atomique plus petit que celui du carbone. D'après M. Werth (2), j'aurais indiqué le premier le rôle que joue la pression en permettant à un corps de passer de son état normal à un état allotropique, ainsi que l'influence des corps de faible volume atomique étudiée dans le cas du fer par *Osmond*. En ce qui concerne l'influence des éléments à faible volume atomique, il considère que, dans la séparation du diamant du carbone du fer, cette influence s'exerce par la présence de l'hydrogène. Nous reviendrons plus bas sur l'influence qu'exerce la pression sur la détermination de l'état d'une masse d'un métal ou d'un alliage.

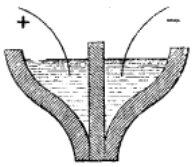


Fig. 1. — Récipient cloisonné.

Porosité moléculaire. — MM. *E. Warburg* et *S. Tegetmeier* ont (3) récemment exécuté une série d'expériences très intéressantes, qui paraissent démontrer la possibilité de déterminer éventuellement, dans certains corps vitreux, une porosité capable de laisser passer des éléments de volumes atomiques comparativement faibles, tout en retenant les corps de volumes atomiques plus considérables, de manière à opérer ainsi une sorte de filtrage mécanique des éléments. Dans l'un des compartiments d'un récipient divisé (fig. 1) par une cloison de quelques millimètres d'épaisseur, on mit un amalgame de sodium, et, dans l'autre, du mercure pur; puis on chauffa le tout à 200°, température à laquelle le verre devient légèrement conducteur. Au moyen d'une pile de Planté, on mit en mouvement les atomes de sodium du silicate de soude présent, et l'on trouva, après trente heures, qu'une grande partie de sodium : $0^{gr},05$ avait passé dans le mercure et quitté l'amalgame, la cloison de verre ayant conservé son poids primitif et toute sa transparence. Ce verre était composé en partie de molécules neutres de silicate de soude et en partie de molécules libres de sodium et d'acide, le sodium libre étant susceptible d'être transporté par le courant électrique. Lorsque Tegetmeier remplaça l'amalgame de sodium par un amalgame de lithium, le sodium du verre passa comme précédemment dans le mercure; mais le verre

(1) *Comptes rendus*, 31 janvier 1893, p. 323.
(2) *Id.*, vol. CXVI, 1893, p. 218, 458, 460.
(3) *Wiedeman's Annalen*, vol. XII, p. 1 et 41. *Revue générale des sciences*, 1892, p. 515.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

devint opaque du côté en contact avec l'amalgame de lithium, puis cette opacité s'étendit peu à peu à toute l'épaisseur du verre, et le lithium métallique commença à s'accumuler dans le mercure primitivement pur. On ne peut pas chasser ainsi tout le sodium du verre, mais les atomes libres de sodium y sont remplacés par le lithium.

Le verre, qui renfermait primitivement 2, 4 p. 100 de potassium, 13, 1 p. 100 de sodium, ne renfermait plus, après l'expérience, avec la même proportion de potassium, que 5, 3 p. 100 de sodium et 4, 3 p. 100 de lithium. Le verre nouveau, ainsi formé par la substitution du lithium à une partie du sodium, est très tendre, opaque et friable. Il en résulte que le lithium, de poids atomique 7 et de volume atomique 15, 98, peut filtrer au travers des canaux moléculaires laissés dans le verre par les atomes de sodium, de poids atomique 23 et de volume 16, 04. Lorsqu'on substitue au lithium un métal de poids et de volume atomiques supérieurs, comme le potassium, de poids 39 et de volume 34, on ne peut plus déplacer le sodium, parce que les atomes nouveaux sont trop gros pour traverser les porosités occupées par le sodium. Nous sommes donc confirmés dans l'idée d'une porosité moléculaire, que l'on peut, jusqu'à un certain point, mesurer, et qui rend évidente l'influence mécanique du volume de l'atome (1).

On voit qu'il existe évidemment, entre les propriétés d'une masse métallique et le poids de ses atomes, une relation qui subit très probablement, par l'introduction des molécules libres d'un élément ajouté, une perturbation dont la nature e l'importance sont en quelque rapport avec le volume des atomes perturbateurs.

Actuellement, dans la présente enquête, exécutée principalement au point de vue de l'ingénieur, il faut attacher une grande importance aux essais mécaniques d'où dépendent l'emploi logique des matériaux : cette considération n'a pas été oubliée dans les expériences suivantes sur l'effet de certaines impuretés du cuivre.

Influence des impuretés sur le cuivre. — Le cuivre se prête fort bien à ce genre d'études parce que ses applications industrielles sont nombreuses et variées, et que ses propriétés mécaniques sont singulièrement affectées par l'addition des matières étrangères. Les résultats déjà obtenus avec le fer soulèvent presque immédiatement la question de savoir si le cuivre est un métal dont les atomes peuvent se grouper de différentes manières dans la molécule. Le cuivre normal peut-il prendre un état allotropique analogue à celui que l'on attribue en général au fer? et, dans ce cas, les propriétés du cuivre normal et du cuivre allotropique sont-elles aussi différentes que celles de certaines variétés d'éléments non métalliques?

Il paraît à peu près certain que l'on peut préparer par l'électrolyse du cuivre à

(1) *Engineering*, 14 juillet 1893, p. 43.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'état allotropique, de densité 8 à 8,2, au lieu de 8,92, densité normale du cuivre (1) et plus sensible aux actions chimiques que le cuivre ordinaire. Néanmoins, les dégagements et les absorptions de chaleur, pendant l'échauffement ou le refroidissement graduels, caractéristiques de changements thermiques et moléculaires réversibles, ne se manifestent pas avec autant de netteté dans le cuivre que dans le fer. On sait que l'application au fer d'efforts mécaniques susceptibles d'y produire une déformation permanente de la masse, lui permet aussi de passer à un état allotropique (2); et, sous ce rapport, les cuivres les plus purs paraissent singulièrement sensibles, car toute déformation mécanique y est accompagnée de changements profonds dans leurs propriétés mécaniques : changements qui s'obtiennent aussi par le recuit, dont la tendance est de renverser les effets produits par les effets mécaniques. C'en est au point que l'on ne peut pas prévoir exactement la ténacité d'un échantillon de cuivre pur, tant elle dépend de son histoire, et principalement des opérations thermiques et mécaniques qu'il a subies. Les essais suivants, exécutés sur des éprouvettes de cuivre électrolytique très pur, prises dans une même coulée, mais soumises à des traitements différents, démontrent bien l'extrême importance de ces variations de la résistance.

	Charge de rupture en kilog millim. cube.
Cuivre fondu, diamètre 5 m/m	12k,7
— soigneusement travaillé et recuit	28k,8
— soigneusement travaillé à la température ordinaire, et recuit par un refroidissement lent à partir du rouge	22k,5
— chauffé à 800° et trempé trois fois dans l'eau	17k,8
— travaillé ou forgé et non recuit	29k,5

Ces expériences confirment entièrement les résultats obtenus en Angleterre par M. *Parker* (3) et par le professeur *Unwin* (4) ainsi que par M. *André Le Châtelier* (5); mais, ainsi que le fait remarquer M. Le Châtelier, les résultats de MM. Parker et Unwin ont été obtenus sur des cuivres non recuits, et ne peuvent s'appliquer qu'aux échantillons mêmes sur lesquels on les a relevés. M. Le Châtelier a aussi fait remarquer l'influence de la durée du recuit sur la résistance du cuivre. Ces faits suffisent à démontrer la difficulté de fixer la résistance normale du cuivre pur, et cette difficulté a été confirmée par les recherches de la Commission américaine instituée en 1879 pour l'étude des alliages de cuivre et d'étain (6). Même si l'on pouvait fixer une résistance type, il serait très difficile

(1) Schutzenberger, *Comptes rendus*, vol. LXXXVI, 1878, p. 1265 et 1397.
(2) Osmond; Carus Wilson, *Philosophical Magazine*, 1890, vol. XXIX, p. 200. Barus, *Nature*, vol. XLI, 1889-90, p. 369.
(3) *Engineering*, 3 août 1888, p. 125.
(4) *Le Génie civil*, 1891.
(5) *British Association Report*, 1889, p. 746.
(6) *Report on the Alloys. of Copper and Tin.*, 1879, p. 456.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'obtenir du cuivre, d'un degré de pureté étalon, en quantité suffisante pour une recherche étendue.

Après bien des difficultés et des essais inutiles, j'ai adopté pour base de mes expériences le cuivre électrolytique pur coulé en tiges minces, et j'ai suivi, pour la préparation de ces tiges, la méthode suivante suggérée par M. *Jenkins*. Il est en général très difficile d'exécuter de petites coulées de cuivre, en raison de la rapidité de l'oxydation du métal à l'air, quand on le verse dans le moule; et, comme la présence de traces d'oxyde de cuivre altère considérablement la résistance du métal, il fallait absolument, pour l'étude qui nous occupe, éviter la présence de cet oxyde. A cet effet, on évita tout contact du métal avec l'air, en constituant les lingotières d'une partie du creuset même dans lequel on fondait le cuivre.

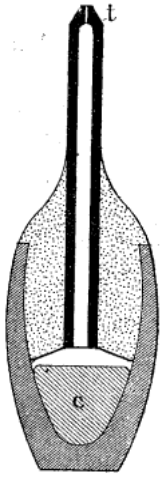


Fig. 2. — Creuset avec son moule.

On prépara les moules en forant des longs crayons de charbons pour lampes à arc en laissant à un bout une partie pleine percée (fig. 2) d'un petit trou d'air *t*, puis on lutait à l'argile réfractaire ce tube dans un creuset, de façon que son extrémité fût à 25 millimètres environ de la masse de cuivre C, pesée et préalablement placée dans le creuset. Après fusion, on renversait le creuset; le cuivre tombait dans le tube. On en laissait s'écouler un peu par le trou d'air que l'on bouchait ensuite en plongeant le tube dans un bain de sable. Quant on voulait obtenir des éprouvettes impures, on ajoutait une quantité pesée d'un alliage riche de cette impureté à la masse de cuivre pur, que l'on agitait vigoureusement pendant la fusion.

Ces tiges de cuivre étaient d'abord martelées soigneusement et uniformément de manière à les aplatir un peu, puis on les forgeait à la section rectangulaire après les avoir trempées au rouge dans l'eau froide; on les trempait de nouveau, puis on les forgeait octogonales; et, enfin, on les rendait à peu près cylindriques en les passant au laminoir. Après une troisième trempe, on en mesurait le diamètre au micromètre et on les marquait de traits espacés de 12 millimètres et demi. Si l'on voulait les essayer à une température autre que celle du laboratoire, on y fixait, par une spirale de cuivre, une thermo-jonction de platine iridium, et l'on enfermait le tout dans un gros tube de cuivre, d'une longueur égale à l'écartement des mâchoires de la machine et légèrement bouché par des tampons d'amiante, de manière à constituer autour de l'éprouvette une enveloppe d'air immobile. On chauffait le tube très lentement, au moyen de becs de gaz, jusqu'à la température de l'essai, que l'on maintenait par le réglage de la flamme de gaz. L'essai se faisait alors en chargeant graduellement l'éprouvette de manière que sa rupture se produisît au bout d'un quart d'heure environ. L'analyse de ce cuivre faite par M. *Allan Gibb*, qui m'a beau-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

coup aidé dans cette partie de mes recherches, a montré qu'il était exceptionnellement pur : à 99,99 p. 100, sans aucune trace de plomb, d'argent, de nickel, de fer, de soufre, de phosphore ou d'antimoine, et avec une faible trace de bismuth. Sa conductibilité électrique est, d'après M. *Gowland*, égale à 102; celle du cuivre pur ordinaire variant de 100 à 101.

Machine à essayer. — On employa une machine à levier simple, du type esquissé en figures 3 et 4, avec presse hydraulique tirant sur le petit bras du levier douze fois plus petit que le grand et monté sur pointes : traction maxima, deux tonnes. On déterminait l'allongement au moyen de deux leviers amplificateurs (fig. 5 et 6), dont l'un pourvu d'un miroir amplifiant, par réflexion, les allongements de 2000 fois sur une échelle placée à $1^m,25$ de l'appareil. Longueur

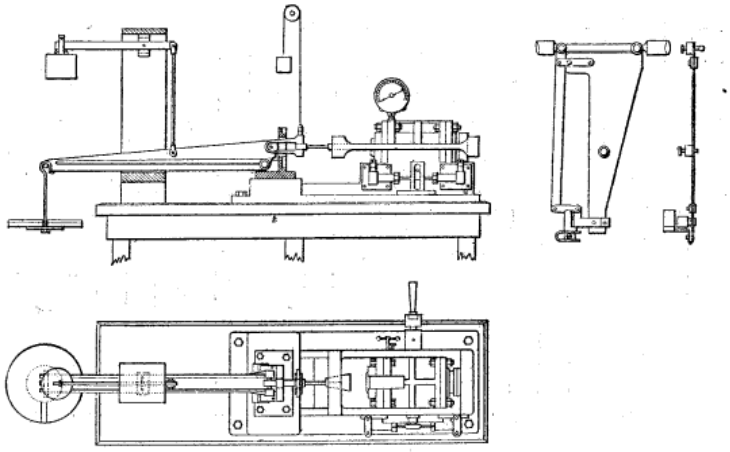


Fig. 3 à 6. — Machine à essayer. Élévation, plan, détail de l'amplification.

totale des éprouvettes, 176 millimètres; écartement des mâchoires, 100 millimètres.

On déterminait les résistances à la traction par millimètre carré de la section totale et par millimètre de la section contractée, qui n'était pas toujours facile à mesurer. Les éprouvettes se rompaient, en effet, presque toujours de deux manières : soit brusquement, cas qui ne présentait aucune difficulté, soit après un étirement jusqu'à la minceur d'une lame de couteau. Dans ce dernier cas, le levier de la machine s'abaissait rapidement. Pour certains essais, on constata, par une mesure exacte de la striction, que l'allongement ne recommençait, sous l'application d'une nouvelle charge, qu'après qu'elle avait atteint de nouveau la charge maxima précédemment appliquée par millimètre carré de section contractée : point à partir duquel la striction augmentait très rapidement.

La ténacité du cuivre travaillé et recuit, qui forme la base de mes expériences,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

est représentée par la courbe n° 3 (fig. 7) : le métal était, comme nous l'avons vu, remarquablement pur.

Les irrégularités des courbes de la figure 7 sont dues probablement moins aux variations de la durée des essais qu'au défaut d'uniformité dans le travail effectué sur les éprouvettes ou dans le recuit, car leurs coefficients de striction, bien que variant de 0,43 à 0,94, comme dans les expériences d'*André Le Châtelier*, n'augmentent pas, comme dans ces expériences, proportionnellement à la température. Le métal semble, d'autre part, parfaitement ductible à la température ordinaire, comme dans les essais de M. Le Châtelier, ce qui paraît démontrer qu'il a subi un recuit aussi complet que dans ces susdits essais. La ténacité du cuivre fondu était de 13 kilogr. par millimètre carré à 18°, tandis que celle du

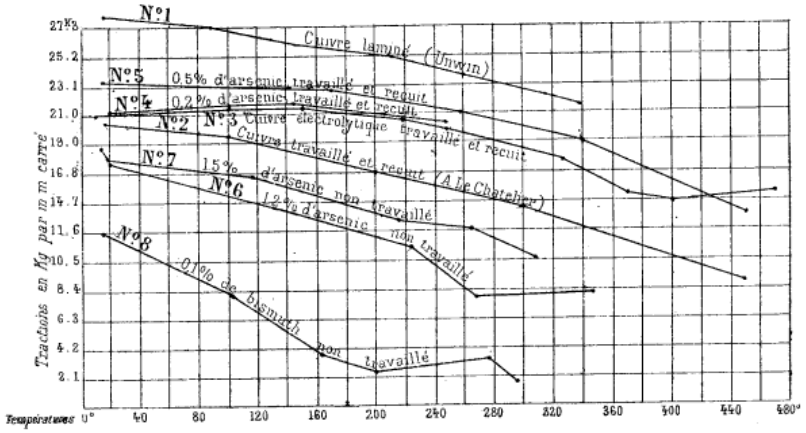


Fig. 7. — Résistance des tiges de cuivre.

cuivre du commerce, travaillé et recuit, peut s'élever à 28^{kil},5, sans que le recuit puisse jamais l'abaisser à celle du cuivre fondu : tableau 1 et fig. 7.

Arsenic, bismuth et antimoine. — L'influence de l'arsenic sur la ténacité du cuivre est indiquée par les courbes 4, 5, 6 et 7 (fig. 7). Les courbes 6 et 7 se rapportent à du cuivre non travaillé, ce qui explique probablement leur abaissement relatif. Quatre essais : 33 à 36, exécutés avec du cuivre pur, ne contenant que 0,2 p. 100 d'arsenic, ont donné les résultats représentés par la courbe 4, avec, à 300°, une ténacité de 19^{kil},8 par millimètre carré, au lieu de 14^{kil},8, avec un allongement de 34, 67, d'après M. A. Le Châtelier. On peut en conclure que le cuivre arsenié conserve sa résistance et sa ductibilité supérieure aux températures des foyers de locomotives : il est aussi plus dur que le cuivre pur. Ceci explique la préférence accordée par quelques constructeurs de locomotives aux anciens cuivres contenant plus d'arsenic que les nouveaux, obtenus par une fusion plus parfaite, éliminant mieux cette impureté ; et ces faits sont confirmés par des expériences

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

récentes du professeur *Hampe* (1), sur les effets de l'arsenic, de l'antimoine et du silicium dans le cuivre pur. Une teneur de 0,55 pour 100 d'arsenic élève, d'après lui, la ténacité du cuivre pur de 33 à 50 kilos par millimètre carré; avec 0,808 p. 100 d'arsenic, elle retombe à 47 kilos. Avec l'antimoine, l'effet est encore plus accentué; la ténacité est de 52 et de 53 kilos respectivement, avec 0,260 et 0,529 p. 100 d'antimoine, toujours à la température ordinaire.

Les éprouvettes renfermant du bismuth présentèrent une cassure singulière, quasi-fibreuse, comme constituée par un réseau cellulaire, mais, dans quelques cas (fig. 8), limitée par une surface très nette, comme un plan de clivage.

Les courbes de la figure 7, qui indiquent l'influence de l'arsenic et du bismuth sur la ténacité du cuivre, soulèvent des questions du plus haut intérêt. Les expériences de Hampe semblent démontrer que l'antimoine se comporte comme l'arsenic et augmente, lorsqu'il s'y trouve en petites quantités, la résistance du cuivre. Le bismuth, au contraire, ainsi que paraissent le démontrer nos expériences, diminue singulièrement cette résistance, et se comporte d'une façon toute spéciale, qui exige une étude particulièrement minutieuse. C'est ainsi que la courbe n° 8 se rapporte à du cuivre à 0,1 p. 100 de bismuth, trop cassant pour être travaillé et rompant, à la température ordinaire, sous une tension de $12^{kil},6$ par millimètre carré; la fragilité de ces cuivres augmente très rapidement avec la température, et ils se rompent pratiquement sans allongement appréciable. Néanmoins, l'influence du bismuth n'est pas rigoureusement proportionnelle à son dosage, car le cuivre à 0,2 p. 100 présente encore une ténacité d'environ $4^{kil},70$ par millimètre carré; et, d'autre part, des traces mêmes de bismuth exercent encore une influence sensible, ainsi que le montre la courbe n° 3, qui se rapporte à du cuivre tenant 0,002 de bismuth, facile à travailler, mais d'une faible ductilité, comme le démontrent les essais 12 et 14 du tableau I.

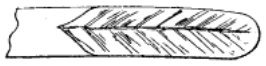


Fig. 8. — Cassure de cuivre contenant du bismuth.

On ne voit pas tout d'abord pourquoi, à partir de 0,1 p. 100, le bismuth se comporte si différemment de l'antimoine et de l'arsenic. Dans la classification de Mendeleff, l'arsenic, l'antimoine et le bismuth appartiennent à une même famille, dont l'hydrogène est le type. Il est vrai que le volume atomique du bismuth : 20,9, est plus grand que ceux de l'antimoine : 17,9 et de l'arsenic : 13,2, et qu'il doit, par conséquent, d'après le principe exposé plus haut, diminuer la ténacité du cuivre dont le volume atomique n'est que de 7,1; mais, d'après ce principe même, l'arsenic et le bismuth devraient produire un effet analogue, bien que moins prononcé. Il était donc nécessaire, pour élucider cette question, d'exécuter un grand nombre d'expériences suivant la méthode exposée dans notre

(1) *Chemiker Zeitung*, 25 mai 1892, p. 726. — Voir aussi l'*Engineering* du 28 avril 1893, p. 629.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

premier mémoire (1) qui permet de suivre les phénomènes qui se produisent pendant la solidification du cuivre renfermant du bismuth. Les échantillons, soigneusement analysés au laboratoire du *Royal College of Science*, étaient fondus, puis on insérait dans leur masse fondue la thermopyle, protégée par un tube mince en terre réfractaire, et l'on en étudiait la marche par notre méthode d'enregistrement automatique. Ces expériences, qui durèrent plus d'une année, ont leurs principaux résultats représentés par la figure 9; elles ont révélé un fait absolument inattendu. La courbe n° 1, du cuivre pur, montre que le dégagement de la chaleur latente de fusion est presque uniforme, excepté tout au haut de la courbe, qui indique une légère surfusion. Les autres courbes montrent que le bismuth abaisse graduellement le point de fusion du cuivre; elles ont aussi, du n° 2 au n° 10, pour ordonnées les températures et pour abscisses les temps, mais chacune de ces courbes est disposée à une distance de sa voisine telle que l'abscisse de

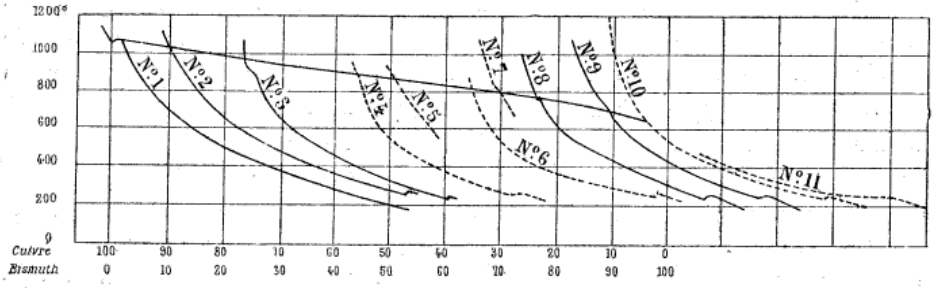


Fig. 9. — Refroidissement des alliages de cuivre et de bismuth.

son point de solidification le plus élevé représente sa teneur en bismuth, et que la courbe moyenne passant par ces points soit celle des températures de solidification de toute la série.

On remarquera que chacune des courbes représentatives du refroidissement des alliages de cuivre et de bismuth indique un second point de solidification, ou point inférieur, constant pour toute la série, et très proche du point de fusion du bismuth, de sorte que la courbe qui les joint est presque horizontale. L'existence de ce second point de solidification, évidente pour l'alliage ne renfermant que 1 p. 100 de cuivre, explique l'action particulière du bismuth sur le cuivre. Il semble que, quelle que soit la teneur de l'alliage, une partie du bismuth, renfermant peut-être un peu de cuivre, reste liquide, jusqu'à ce que la température de la masse soit tombée à 268°, point de solidification du bismuth. La présence d'un élément liquide dans la masse d'un alliage, longtemps après sa solidification, constitue assurément la cause déterminante de sa structure très cassante et cristalline.

(1) *Bulletin de la Société d'Encouragement*, décembre 1891, p. 665.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

A ma connaissance, l'on n'aurait guère pu découvrir la véritable raison d'être de l'action particulière du bismuth sur le cuivre par une autre méthode que celle qui a été adoptée par la commission.

D'après l'aspect de leurs surfaces polies, les alliages de cuivre, riches en bismuth sont, selon toute apparence, aussi cohérents que les bronzes de canons et de cloches. Le bronze des cloches a 75 p. 100 de cuivre et 25 p. 100 d'étain; si l'on remplace l'étain par du bismuth, on obtient un alliage d'aspect cohérent bien qu'il ne soit, en réalité, ni sonore ni résistant, ce qui s'explique en grande partie par la fluidité persistante d'une partie de l'alliage pendant sa solidification. Pendant leur solidification, presque tous les alliages de la série rejettent une partie de cette matière très fluide, qui transpire à la surface, et peut souvent s'en détacher sous la forme d'un petit bouton. Ce fait exprime l'irrégularité des courbes n^{os} 3 et 6 par exemple, car l'analyse de leurs alliages a été faite, après le tracé de ces courbes, en perdant peut-être un peu de l'alliage liquaté. Il s'est ainsi produit une légère source d'erreurs, qui n'a été reconnue que dans le cours des travaux. L'analyse a montré que ces boutons détachés renfermaient 9 p. 100 de bismuth et 10 p. 100 de cuivre; fait complètement d'accord avec les récentes expériences de Heycock et Neville, qui ont démontré que le bismuth se sature rapidement de cuivre : avec 0,4 p. 100 seulement de cuivre, alors qu'il faut au moins 1 p. 100 des autres métaux pour saturer le cuivre.

Avant d'abandonner la considération des effets des impuretés, je signalerai tout particulièrement l'analyse, donnée dans l'annexe, d'un échantillon de cuivre, prélevé sur un foyer de locomotive d'une durée exceptionnelle, ayant parcouru en vingt ans 800000 kilomètres. C'est un cuivre très impur, malgré la spécification stipulant, comme d'habitude, l'emploi d'un cuivre ne renfermant pas plus de 0,5 p. 100 d'impuretés; il en renfermait au moins 1,3 p. 100, dont 0,4 de plomb, 0,37 d'arsenic, 0,3 de nickel. On ne saurait, pour le moment, expliquer la singulière endurance de ce cuivre; mais M. A. Le Châtelier a démontré, qu'à 400°, température facilement atteinte dans les foyers de locomotives, le cuivre pur est sujet à de graves altérations : sa ductilité même est une cause de dangers, car les déformations occasionnées par ses dilatations et contractions successives ne tardent pas à la détruire. La présence de petites quantités d'impuretés, comme l'aluminium et le nickel, augmente l'endurance du métal, en diminuant sa ductilité. Cet exemple est des plus remarquables : il démontre combien la question se complique dès que plusieurs impuretés agissent en même temps sur une masse métallique.

Influence des impuretés sur le recuit. — On poursuit en ce moment des expériences sur l'influence exercée par les impuretés sur la possibilité de restituer sa résistance et sa ductilité primitives au cuivre déformé au delà de sa limite d'élasticité.

Effet de la pression. — Le passage du fer d'un état allotropique à un autre est

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

accompagné non seulement d'une variation de chaleur spécifique, mais aussi d'un changement de volume. Quand une masse de fer se refroidit à partir d'une température de 1 000 degrés, elle se contracte d'abord, puis se dilate brusquement lorsqu'elle atteint la température de récalescence, pour achever de se refroidir en se contractant jusqu'à la fin. Une expérience décrite dans mon précédent mémoire tend à prouver que la pression abaisse probablement les points critiques du fer et de l'acier; Osmond a spécialement signalé cette expérience (1) : la première, dit-il, qui paraisse démontrer l'influence de la pression sur les points critiques, influence qui serait, d'après lui, analogue à l'abaissement du point de transformation de l'iodure d'argent de 146 à 15°, par la pression, démontré par MM. Mallard et Le Châtelier (2).

On devrait, en comprimant une pièce d'acier à la presse hydraulique, pouvoir abaisser la température de récalescence; on essaya de le constater par une observation simple, mais difficilement, parce que l'écoulement latéral du métal de la pièce empêchait de la déformer suffisamment avant qu'il n'eût pris son état allotropique et acquis une trop grande rigidité. D'autre part, la cavité dans laquelle on place la thermopyle se bouche par l'écoulement du métal. Je citerai néanmoins l'expérience suivante. On perce, sur les deux tiers de sa longueur, un trou de 2^{mm},5 dans un cylindre d'acier de 26 millimètres de long et de 19 millimètres de diamètre, puis on y insère une thermo-jonction à fils soigneusement isolés par des fibres d'amiante et dépassant légèrement la matrice par laquelle on appliquait la pression au droit du trou. Avec une température initiale de 1 000°, la récalescence se produisait à 650° sans pression, puis à 620° sous une pression de 4 tonnes ou de 14 kilogrammes par millimètre carré, avec un affaiblissement notable.

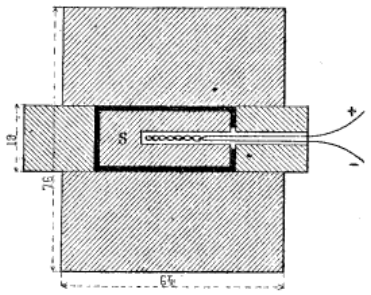


Fig. 10. — Matrice.

L'expérience est difficile à répéter, et l'on fut ainsi amené à construire une matrice en acier de 76 millimètres de diamètre (fig. 10) sur 64 millimètres de haut, percée d'un trou de 19 millimètres de diamètre, bouché par deux tampons d'acier, dont un laissant passer la thermo-jonction, et dans lequel on enfermait ainsi la pièce à essayer *s*, soigneusement enveloppée d'amiante, empêchant les phénomènes d'être troublés par la conductibilité de la matrice. On employa aussi un bloc d'acier unique, pour étudier les effets de la trempe à l'eau ou à l'huile. On obtint ainsi, en trois séries d'expériences, les courbes de la figure 11, qui indiquent clairement un

(1) *Rapport sur les Essais de trempe.* Commission des méthodes d'essais des matériaux de construction. Section A.

(2) *Comptes rendus,* vol. XCIX, 1884, p. 157.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

abaissement du point de récalescence par la pression, mais seulement si l'on applique la pression à une température bien supérieure à celle de ce point.

Bismuth, plomb, étain. — On sait depuis longtemps qu'il se produit, pendant le refroidissement de l'alliage de plomb, de bismuth et d'étain connu sous le nom d'alliage de Newton, une élévation de température remarquable, longtemps après la solidification de la masse : en général, aux environs de 46°. Il se produit aussi une élévation de température quand on trempe brusquement la masse solidifiée dans l'eau froide; et cet effet, qui disparaît à la troisième ou à la quatrième chaude, se reproduit si l'on refond la masse, ou si on la chauffe presque à son point de fusion. L'alliage de 50 p. 100 de bismuth, 31,1/4 d'étain et 18,3/4 de plomb se prête parfaitement à cette expérience. La cassure faite avant le dégagement de chaleur présente un aspect plat, cristallin, presque vitreux qui devient gris, terne et finement granulée après le dégagement de chaleur. Il est évident que les changements subis par cet alliage sont analogues à ceux que l'acier subit quand on le trempe à une haute température, ou quand il se refroidit lentement à partir du rouge. Dans ce dernier cas, l'acier peu carburé donne lieu, comme je l'ai établi dans mes précédentes recherches, à deux dégagements de chaleur : l'un, à 855°, attribuable à un changement moléculaire, et l'autre, à 655°, attribuable à un changement de relation entre le carbone et le fer.

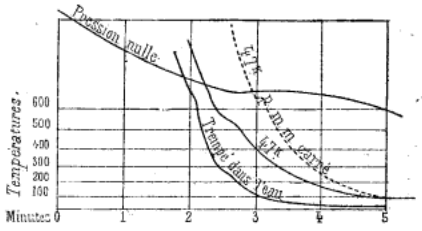


Fig. 11. — Influence de la pression sur la récalescence de l'acier à 0,9 p. 100 de carbone.

Dans notre alliage ternaire, le changement manifesté par le dégagement de chaleur ne peut être dû qu'à une variation entre les relations mutuelles des métaux constituants, à la polymérisation ou à une redistribution des atomes dans les molécules de la masse solide. MM. *Wiedeman* (1) et *Spring* (2) ont bien démontré qu'il se produit des variations moléculaires pendant le refroidissement de ces alliages. Dans le cas de l'acier, la présence du carbone complique le problème; mais il se peut aussi que, dans notre alliage ternaire, l'un des métaux joue un rôle analogue à celui du carbone.

Je fis donc une étude attentive de l'alliage de Newton, que je publierai plus tard en détail, me bornant, pour le moment, à signaler ses principaux résultats, et à résumer les principales conclusions. La trempe de cet alliage est-elle analogue à celle de l'acier? D'abord, en ce qui concerne les variations de volume, *Ermann* puis *Kopp* ont trouvé que la dilatation des alliages analogues est anormale, et mes expériences ont démontré que la transformation de l'alliage de Newton, de la variété vitrée en variété finement cristalline, est accompagnée d'une dilatation

(1) *Wiedemann's Annalen*, vol. III, 1878, p. 237.
(2) *Bulletin de l'Académie royale de Belgique*, vol. III, 1856.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'environ 0,8 p. 100. L'acier aussi se dilate par la trempe. La ténacité de l'alliage à l'état vitreux est très faible : d'environ $1^{kil},6$ par millimètre carré, tandis qu'elle s'élève à $3^{kil},90$ après le changement moléculaire spontané ou amené par un brusque refroidissement. Le recuit, à 80 ou 90°, après la production du changement moléculaire, paraît augmenter un peu la ténacité de l'alliage. Il se solidifie aux environs de 92°, avec une consistance pâteuse jusqu'à près de 80°. De 92 à 80°, le coefficient moyen de contraction linéaire est d'environ 0,000144 par degré, puis il décroît un peu jusqu'à 46°, point où la contraction cesse, et où la dilatation commence. Cette dilatation est très considérable : d'environ 1 p. 100 linéaire, et paraît due à une espèce de recombinaison, car elle se prolonge pendant un temps appréciable, et dégage beaucoup de chaleur. Au contraire, quand le métal se refroidit lentement, ce dégagement n'est presque pas sensible. Le phénomène inverse : l'absorption de chaleur pendant la contraction, qui se manifeste quand on réchauffe l'alliage, ne se produit pas à la température plus élevée ; et le fait : que ce changement n'est plus alors rigoureusement réversible, confirme l'hypothèse que le changement moléculaire de l'alliage serait dû, comme probablement pour l'acier, à des combinaisons et dissociations se produisant dans la masse solide.

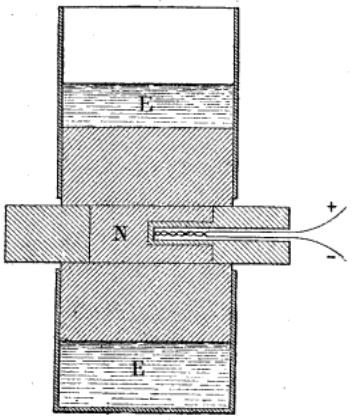


Fig. 12. — Matrice à circulation d'eau.

Dans ces circonstances, il devenait intéressant de vérifier si la pression abaissait ou non la température à laquelle se produit ce changement moléculaire. On employa à cet effet (fig. 12) une matrice d'acier à enveloppe d'eau, avec une thermo-jonction protégée dans l'échantillon d'alliage N de manière à ne subir aucune pression. L'alliage était coulé dans la cavité de la matrice garnie d'une fourrure d'amiante, placé sous la presse et fondu. On rafraîchissait ensuite le moule par une circulation d'eau E, et l'on prenait un tracé autographique du refroidissement sous pression. Sans pression, l'élévation anormale de température coïncide avec la dilatation de la masse ; sous une pression de $1^{kil},5$, par millimètre carré, la température du changement moléculaire s'abaisse de 4° ; sous une pression de $6^{kil},30$, la perturbation thermique disparaît presque totalement. Il est intéressant de constater ainsi combien les variations thermiques sont modifiées (fig. 13) dès que la pression atteint une intensité suffisante pour forcer la masse à prendre une consistance demi-fluide.

L'abaissement du point critique de l'alliage par la pression est donc démontré ; et il y avait grand intérêt à chercher si la compression de la masse empêche réellement le passage de la variété vitreuse à la variété grise, ou si la récalescence avait

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

été lente au point de ne déterminer dans la masse en refroidissement aucune augmentation de température assez sensible pour être indiquée par une discontinuité du diagramme. A cet effet, on employa une matrice en deux parties, faciles à séparer aussitôt après la pression, de manière à pouvoir relever et briser aussitôt l'échantillon expérimenté; on trouva ainsi que le changement, bien qu'incomplet, était très avancé; mais il est impossible de dire s'il se produit aussitôt après la pression, ou pendant la pression.

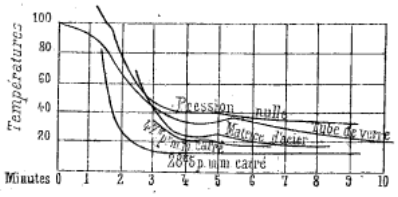


Fig. 13. — Récalescence du métal de Newton.

L'acier chromé. — La question du déplacement des températures critiques dans le fer et l'acier prend de plus en plus d'importance. Osmond a démontré que, si la température initiale d'une masse d'acier est suffisamment élevée, le point critique peut s'abaisser à des températures notablement inférieures à celles qu'il atteint quand la température initiale de l'acier ne dépasse pas, comme dans ces expériences, environ 900°. On a obtenu des résultats bien intéressants avec quelques échantillons d'acier chromé fournis par *M. Hadfield*. L'échantillon le plus fréquemment employé renfermait 15,12 p. 100 de chrome, 1,79 de carbone, 0,61 de silicium, 0,08 de soufre, 0,04 de phosphore, 0,24 de manganèse, et le premier diagramme autographique n'indiqua qu'une bien faible variation moléculaire, à la température élevée de 840°, avec un métal se refroidissant graduellement d'une température de 1 270°. On n'en constatait aucune avec une température initiale de 1 295°, et l'on finit par reconnaître que la récalescence ne se produisait que si le métal avait été chauffé modérément, ou quand il se refroidissait lentement à partir de son point de fusion, tandis qu'elle disparaissait avec une température initiale intermédiaire : de 1 300° par exemple avec une température initiale de 850° au lieu de 1 280°, le point de récalescence tombait de sa température normale : 655°, à 620°, ou de 35°. Ces résultats sont indiqués sur la figure 14. L'allure de l'acier chromé est donc analogue à celle de l'acier ordinaire au carbone, mais avec un déplacement beaucoup plus accentué du point critique, et ce fait remarquable : que la fusion rend à l'acier la propriété de subir des changements moléculaires. Ces faits ont été observés tout à fait indépendamment par Osmond et par l'auteur, et ils paraissent s'expliquer par la dissolution, dans la masse du métal, d'un composé très

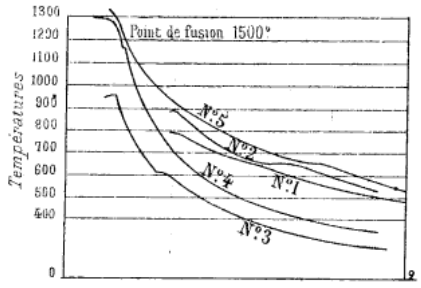


Fig. 14. — Influence de la température initiale et de la fusion sur la récalescence de l'acier chromé.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dur de chrome, de carbone et de fer, de solubilité variant avec la température initiale de la masse. Osmond est parfaitement fondé à déclarer, qu'en l'absence du carbone le chrome ne maintient pas le fer à l'état β ou dur. Nous ne connaissons pas encore l'acier chromé suffisamment pour étendre nos généralisations; mais il faut, néanmoins, considérer comme important le fait que le volume atomique du chrome est presque le même que celui du fer, et que son influence ne doit pas

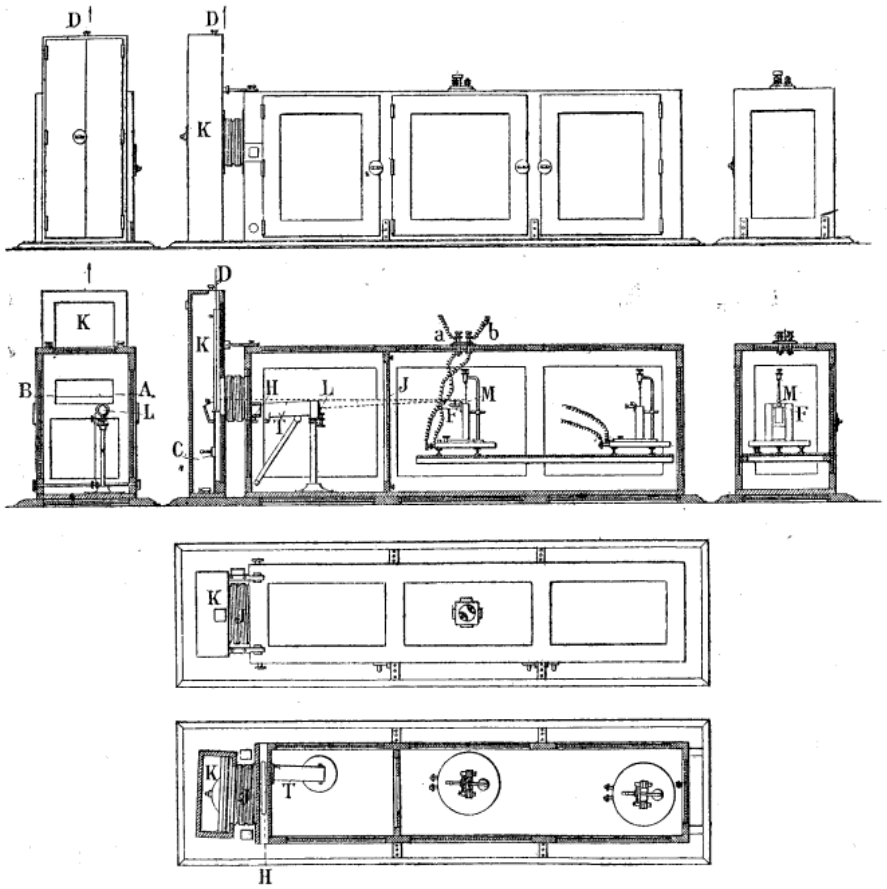


Fig. 15 à 22. — Pyromètre autographique.

être grande. On peut espérer obtenir bientôt, à l'aide du four électrique, du chrome pur en quantité notable (1), ce qui permettra d'étudier plus rigoureusement l'influence de ce métal sur l'acier.

Pyromètre autographique. — Cet appareil est un perfectionnement de celui décrit dans notre premier mémoire. Il consiste (fig. 15 à 22), en une chambre,

(1) Moissan, *Comptes rendus*, vol. CXV, p. 1031 et 1034.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

noire de $1^m,50$ de long, dans laquelle on peut disposer le galvanomètre dans deux positions (1) et (2), suivant l'échelle des températures à mesurer. Cette chambre est pourvue de trois portes, et est complètement séparée de la partie de l'appareil qui renferme la plaque photographique mobile, à laquelle elle est rattachée par un soufflet en cuir J, qui permet à la plaque de s'ajuster perpendiculairement au rayon réfléchi par le miroir du galvanomètre M. Le tube collimateur T, à lentille L, transmet les rayons du miroir H aux miroirs des galvanomètres F et M, dont l'un, M, mobile, est porté par la bobine du galvanomètre, tandis que l'autre, F, porté par un bras ajustable, a pour objet de projeter un rayon du miroir H sur la fente AB, et de tracer ainsi une ligne de repère sur la plaque photographique pendant sa montée. Le tracé s'opère comme dans l'appareil précédent, par le déplacement même du rayon lumineux de M sur la plaque photographique. Un écran S empêche toute projection de lumière par réflexion sur les cuivres du galvanomètre, et l'extrémité du tube T est pourvue d'une fente ajustable, permettant de régler l'épaisseur du tracé photographique; le foyer de la lentille L peut s'ajuster de l'extérieur de la chambre, ainsi que la position du miroir H. Les fils de la thermo-jonction aboutissent aux bornes *a* et *b* du galvanomètre. La plaque photographique est fixée par de petites cames au châssis C, renfermé dans une boîte K à porte obscure, et maintenu par une goupille; elle est levée par un mouvement d'horlogerie au moyen de la corde D. Cet appareil a permis de relever plusieurs centaines de courbes, qui seront certainement très utiles pour nos recherches futures.

Avant de conclure, je tiens à remercier mes aides *MM. Jenkins* et *Stansfield*, qui m'ont été pour la préparation et l'exécution de mes expériences d'un secours des plus précieux.

Conclusions générales. — On peut se demander quels sont les faits réellement acquis en ce qui concerne l'action des éléments ajoutés aux métaux, et si le volume atomique de l'élément exerce réellement une influence dominante sur les propriétés mécaniques de la masse métallique dans laquelle il se perd? En essayant de répondre à la première question, il faut se rappeler que nous sommes partis d'expériences sur l'or pur, qui nous ont servi de base, et que nos idées sur cette question n'ont guère été ébranlées que par l'allure un peu anormale de l'aluminium et du lithium, qui augmentaient la ténacité de l'or un peu plus que d'après leurs volumes atomiques. Or, d'après quelques expériences nouvelles (1) les relations entre l'or et l'aluminium auraient un caractère particulier, sinon tout à fait unique. L'aluminium en dissolution ne se comporte pas comme si ses atomes étaient simples, de sorte que l'on n'en connaît peut-être pas le volume atomique réel. J'ajouterai que, tout à fait en dehors des considérations tirées de mes expériences sur l'or, les travaux d'*Osmond* ont clairement démontré l'influence du

(1) *Proceedings of the Royal Society*, 1891, vol. XLIX, p. 347, et 1892, vol. I, p. 367.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

volume atomique, en établissant que les éléments à grands volumes accélèrent le passage du fer de la variété dure β à la variété tendre α, tandis que les éléments de faible volume le retardent. Dans le cas du cuivre, il se produit de graves complications pour deux raisons. D'abord, on ne sait si le cuivre n'existe pas sous plusieurs états, et le passage d'un état à l'autre peut être déterminé par un élément additionnel. Ensuite, il est difficile de s'assurer qu'une petite quantité d'un élément additionnel reste inoxydé dans une masse de cuivre, difficulté bien moindre avec l'or, de sorte que l'action réelle de cet élément peut se trouver masquée par son rôle de désoxydant. Malgré ces difficultés, on peut considérer comme démontré que le bismuth, le tellure, le potassium, dont les volumes atomiques sont tous considérables, abaissent beaucoup la ténacité du cuivre. L'arsenic, dont le volume atomique (13,2) est beaucoup plus grand que celui du cuivre (7,1), augmente sa ténacité ; mais il est certain que la limite d'élasticité et la ductilité des métaux sont grandement influencées par la présence des éléments à grands volumes atomiques étudiés jusqu'ici, et ce fait peut avoir une signification moléculaire plus importante que la diminution de la ténacité, à laquelle on s'était, par raison de simplicité, principalement référé dans les expériences sur l'or.

Abordons maintenant la question très importante de savoir si l'action des éléments additionnels dépend ou non principalement de leur faculté de former avec la masse dans laquelle ils se trouvent englobés des composés fusibles ou infusibles. C'est l'avis de M. *André Le Châtelier ;* il pense que l'action délétère des éléments est due à la formation de composés fusibles, tandis que les éléments capables de former des composés infusibles renforcent au contraire le métal et améliorent son grain. Je ferai, néanmoins, remarquer que cela n'empêcherait pas les éléments d'agir suivant la loi périodique de Mendeleff, car, d'après cette loi, « les propriétés des composés sont des fonctions périodiques de leurs poids atomiques ». En outre, je dois dire, qu'au contraire des idées de M. A. Le Châtelier, la tendance de tous les travaux récents, notamment ceux de *Heycok*, de *Neville* et les miens, tendent à prouver que les éléments ajoutés en petites quantités aux masses métalliques se comportent comme le feraient des gaz, et demeurent libres, et que les résultats fournis par le bismuth et relatés dans ce rapport confirment pleinement ces idées. Il reste à examiner jusqu'à quel point une impureté donnée se combine à la masse métallique à haute température, et quel doit être le dosage de cette impureté pour qu'elle puisse perdre son individualité. Si la fusibilité de l'élément ajouté, à l'état libre, déterminait seule son action, on pourrait classer les impuretés de l'or d'après leurs fusibilités, mais cette classification ne concorde pas avec les faits. Par exemple, si l'aluminium pouvait se combiner avec un grand excès d'or, il y aurait lieu de croire qu'il tendrait à former l'alliage très fusible à 10 p. 100 d'aluminium, au lieu de l'alliage singulièrement infusible à 22 p. 100. D'autre part, le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cas le plus remarquable de formation d'une structure finement granulée dans une masse qui, en temps ordinaire, se solidifie en grandes faces cristallines, est donné par l'action d'une petite quantité : 1/2 à 1 p. 100, de tellure au bismuth, par laquelle il se forme probablement du tellurure de bismuth ($BiTe^3$) qui ne fond qu'à 360°.

En ce qui concerne le changement moléculaire important qui se produit dans une masse solidifiée de métal ou d'alliage, et dont la récalescence de l'acier est l'exemple le plus frappant, il est fort important de constater que les températures auxquelles il se manifeste sont altérées par la pression : conclusion que l'on peut affirmer d'après les faits établis au présent rapport.

Les modifications profondes que subissent les métaux par leurs alliages sont nettement démontrées par quelques expériences récentes des professeurs *Dewar* et *Fleming* (1), dans leurs études de l'influence des températures très basses sur la résistance électrique des métaux purs et des alliages, dont les résultats semblent établir que, au zéro absolu, la résistance électrique des métaux purs serait absolument nulle. Ceci est vrai pour les métaux très flexibles, comme l'or et le plomb, aussi bien que pour les métaux très durs, comme le nickel; mais les métaux impurs et les alliages se comportent tout différemment : la diminution de leur résistance électrique avec la température est toujours très marquée, mais elle serait encore considérable, d'après la direction des courbes, même au zéro absolu.

Je terminerai en rappelant aux membres de l'Institution la nature particulière des travaux entrepris par la Commission des alliages : il ne s'agit de rien moins que de l'étude d'un fait reconnu de tout temps : que la présence de « traces » d'éléments additionnels affecte profondément les propriétés des masses métalliques, en leur conférant des propriétés qui augmentent ou annulent leur utilité industrielle; c'est donc bien l'étude de l'une des actions les plus délicates de la nature.

G. R.

Annexe.

Détermination du bismuth dans le cuivre. — On dissout un poids connu de l'alliage dans de l'acide nitrique, puis on chauffe à l'ébullition la dissolution étendue d'eau, et on ajoute du carbonate d'ammoniaque jusqu'à ce que le cuivre, précipité d'abord à l'état de carbonate, se redissolve entièrement en un liquide bleu clair, sentant un peu l'ammoniaque. Après 8 à 12 heures d'ébullition le bismuth sera totalement précipité à l'état de Bi^2O^3.

(1) *Philosophical Magazine*, vol. XXXIV, p. 326 (1892).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Tableau I. — Essais à la traction de tiges de cuivre pur ou allié soumises à diverses opérations mécaniques.

NUMÉROS des essais.	TEMPÉRATURE de la tige.	DIAMÈTRE primitif en pouces (1).	SECTIONS en pouces carrés (2). Primitive.	SECTIONS en pouces carrés (2). Finale.	COEFFICIENT de contraction.	CHARGE totale en livres (3).	RÉSISTANCE à la traction en livres par pouce carré de la section (4). Primitive.	RÉSISTANCE à la traction en livres par pouce carré de la section (4). Finale.	COEFFICIENT d'allongement.	OBSERVATIONS.
1	20 =	0,234	0,0430	0,0353	0,82	1068	24 840	30 250	20,0	Cuivre renfermant 1,2 °/₀ d'arsenic. Tiges fondues non travaillées. Cassures semblables à celles des éprouvettes nos 39 à 44 renfermant 1,5 °/₀ d'arsenic.
2	130 =	0,221	0,0384	0,0330	0,86	786	20 470	23 820	16,6	
3	224 =	0,226	0,0401	0,0302	0,75	660	16 460	21 850	15,0	
4	266 =	0,240	0,0452	0,0415	0,92	648	14 340	15 620	4,0	
5	346 =	0,229	0,0412	0,0327	0,79	612	14 860	18 720	10,0	
6	15 =	0,218	0,0373	0,0333	0,89	672	18 020	20 180	20,0	Cuivre très pur avec 0,1 °/₀ de bismuth. Éprouvettes fondues. Cassure colonnaire avec, parfois, des plans de clivage très accentués.
7	101 =	0,193	0,0292	0,0265	0,91	336	11 510	12 680	15,0	
8	162 =	0,195	0,0299	0,0299	1,00	168	5 620	5 620	12,0	
9	199 =	0,218	0,0373	0,0373	1,00	144	3 860	3 860	0,0	
10	274 =	0,208	0,0340	0,0333	0,98	168	4 940	5 050	0,0	
11	292 =	0,223	0,0390	0,0387	0,99	108	2 770	2 790	0,5	
			Effet du travail sur des tiges de cuivre pur d'une même coulée.							
12	18 =	..	..	0,0206	..	1104	..	53 600	12,0	Travaillé. Cassure rouge fibreuse.
13	18 =	0,269	0,0568	0,0415	0,73	684	12 040	16 480	5,0	Non travaillé. Cassure courte cristalline.
			Effet du refroidissement lent ou rapide sur des tiges de cuivre pur d'une même coulée.							
14	18 =	0,246	0,0475	0,0380	0,80	876	18 450	23 050	20,0	Non travaillé.
15	18 =	0,248	0,0483	0,0291	0,60	1188	24 600	40 840	7,0	Martelé, chauffé et trempé.
16	18 =	0,270	0,0572	0,0410	0,72	1814	31 720	44 250	21 à 33	— — et refroidi lentement.
			Effet du refroidissement lent ou rapide sur des tiges de cuivre renfermant 0,27 °/₀ d'arsenic et d'une même coulée.							
17	18 =	0,241	0,0456	0,0299	0,65	984	21 580	32 910	30 à 40	Non travaillé.
18	18 =	0,225	0,0398	0,0289	0,73	1200	30 150	41 530	30,0	Martelé, chauffé et trempé.
19	18 =	0,218	0,0373	0,0266	0,71	1140	30 570	42 850	20,0	— — et refroidi lentement.
			Effet du chauffage et de la trempe seule sans autre travail sur des tiges de cuivre pur d'une même coulée.							
20	18 =	0,241	0,0456	0,0389	0,85	900	19 740	23 130	35,0	Essayée telle que sortie de moule.
21	18 =	0,238	0,0445	0,0235	0,53	914	20 540	38 900	21 à 42	Chauffé et trempé trois fois de suite.
22	11 =	0,210	0,0346	0,0211	0,61	1044	30 170	49 480	37,0 (5)	Cuivre très pur. Martelé et recuit lentement. Cassures fibreuses, passant au granulé quand la température augmente.
23	15 =	0,197	0,0304	0,0130	0,43	900	29 600	69 300	27,0	
24	100 =	0,205	0,0330	0,0283	0,86	1020	30 920	36 040	30,0	
25	102 =	0,210	0,0346	0,0204	0,59	984	28 450	48 240	30,0	
26	151 =	0,209	0,0343	0,0235	0,68	1032	30 090	43 930	23,0	
27	218 =	0,187	0,0275	0,0133	0,48	798	29 020	60 000	25,0	
28	249 =	0,208	0,0340	0,0198	0,58	960	28 240	48 490	37,0	
29	325 =	0,188	0,0277	0,0149	0,54	702	25 340	47 130	21,0	
30	370 =	0,195	0,0299	0,0165	0,55	630	21 070	38 180	20,0	
31	401 =	0,190	0,0283	0,0198	0,70	594	20 990	30 000	15,0	
32	470 =	0,180	0,0254	0,0238	0,94	552	21 730	23 190		
33	18 =	0,225	0,0398	0,0289	0,72	1200	30 150	41 520	30,0	Cuivre contenant 0,2 °/₀ d'arsenic. Tiges coulées à l'abri de l'air, soigneusement travaillées et trempées comme les nos 22 à 32.
34	106 =	0,210	0,0346	0,0201	0,58	1068	30 880	53 140	30,0	
35	144 =	0,200	0,0314	0,0218	0,69	972	30 960	44 590	21,0	
36	249 =	0,205	0,0330	0,0188	0,57	948	28 730	50 430	30,0	
37	18 =	0,246	0,0475	0,0380	0,81	876	18 450	23 050	20,0	Cuivre très pur coulé, non travaillé.
38	18 =	0,241	0,0456	0,0389	0,85	900	19 740	23 140	35,0	
39	15 =	0,239	0,0449	0,0314	0,70	1188	26 460	37 830	20,0 (6)	Cuivre tenant 1,5 °/₀ d'arsenic. Non travaillé. Cassures fines aux basses températures et à gros grains aux températures élevées. De couleur plus pâle que le cuivre pur.
40	18 =	0,225	0,0397	0,0295	0,74	1008	25 400	34 170	25 à 50	
41	116 =	0,212	0,0353	0,0283	..	828	23 460	29 260	26,0	
42	215 =	0,230	0,0415	0,0299	0,72	807	19 450	27 000	37,0	
43	260 =	0,230	0,0415	0,0214	0,51	762	18 360	35 610	irrégulière	
44	308 =	0,230	0,0415	0,0415	1,00	624	15 030	15 040	0,0	
45	15 =	0,212	0,0353	0,0283	0,80	762	21 530	26 930	13,6 (7)	Cuivre renfermant 0,2 °/₀ de tellurium.
46	15 =	0,215	0,0363	0,0211	0,58	840	23 140	39 820	considérable	
47	15 =	0,250	0,0491	0,0430	0,87	840	17 110	19 540	13,0	Cuivre renfermant moins de 0,5 °/₀ de potassium, non travaillé.
48	15 =	0,225	0,0398	0,0308	0,77	916	23 020	29 740	11,0	Cuivre renfermant moins de 0,5 °/₀ potassium, laminé et recuit.
49	18 =	0,217	0,0370	0,0165	0,45	1236	33 420	74 900	37,0 (8)	Cuivre très pur, avec 0,5 °/₀ d'arsenic. Éprouvettes d'une même coulée, soigneusement travaillées et recuites.
50	100 =	0,205	0,0330	..	..	1020	30 920	..	30,0	
51	170 =	0,211	0,0350	0,0170	0,48	1020	29 150	60 000	35,0	
52	170 =	0,215	0,0363	0,0139	0,38	1178	32 470	84 740	30,0	
53	258 =	0,213	0,0356	0,0154	0,43	1068	30 030	69 350	23,0	
54	340 =	0,206	0,0333	..	..	900	27 030	..	..	
55	446 =	0,205	0,0330	0,0277	0,84	600	20 000	23 820	13,0	

(1) Un pouce = 25m/m,4. — (2) Un pouce carré = 645m/m carrés. — (3) Une livre = 0k,454. — (4) Une livre par pouce carré = 0k,00070 par millimètre carré. — (5) Limite d'élasticité 2600 lb. par pouce carré (18k,20 par millimètre carré). — (6) Limite d'élasticité 4 260 lb. par pouce carré (30k). — (7) Limite d'élasticité 1 193 lb. par pouce carré (8k,4). — (8) Limite d'élasticité 3 240 lb. par pouce carré (22k,7) confirmée par un second essai.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On filtre ce précipité, on le lave avec une dissolution chaude de carbonate d'ammoniaque jusqu'à enlèvement complet des sels de cuivre, on sèche, on brûle et on pèse l'oxyde de bismuth, $Bi^2 O^3$. On dose le cuivre présent par une liqueur titrée d'hyposulfite de soude.

Analyse d'un cuivre de boîte à feu. — Ce cuivre, prélevé sur un foyer d'une locomotive du métropolitain Ry ayant parcouru 800 000 kilomètres et en service depuis 20 ans (1870) présentait la composition suivante :

Cuivre	98,770
Argent	0,0346
Or	0,0001
Plomb	0,4085
Arsenic	0,3726
Antimoine	0,0346
Bismuth	0,0360
Fer	0,0069
Nickel	0,3039
Cobalt	0
Oxygène	0,0181
Phosphore	0
Soufre	0,0064
TOTAL	99,9217

MÉTALLURGIE.

SUR LA DÉNOMINATION DES DIFFÉRENTES FORMES DU CARBONE DANS LES FERS CARBURÉS PAR A. LEDEBUR, TRADUIT PAR M. OSMOND (1)

Si l'on examine les nombreuses analyses de fers carburés publiées depuis vingt-cinq ans, on trouvera qu'elles ne distinguent, sauf de bien rares exceptions, que deux formes différentes du carbone : le carbone combiné (appelé aussi carbone amorphe), et le graphite. On dosait le graphite en dissolvant le fer par l'acide chlorhydrique chaud, lavant le résidu successivement par l'eau, la potasse, l'alcool et l'éther, transformant le graphite ainsi obtenu en acide carbonique et recueillant ce dernier dans un tube à potasse taré; quant au carbone dit combiné, on le déterminait par différence, en retranchant le graphite du carbone total.

Ces habitudes se sont conservées jusqu'à présent. On sait cependant, depuis longtemps déjà, que ce carbone combiné peut revêtir plusieurs formes essentiellement distinctes : tantôt il se gazéifie complètement à l'état de carbures d'hydrogène pendant l'attaque du fer par les acides froids; tantôt les acides froids

(1) *Stahl und Eisen*, t. VIII, p. 742 (nov. 1888).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le laissent à l'état de résidu noir riche en fer et attaquable par l'acide bouillant. La première forme est celle que nous rencontrons surtout dans l'acier trempé; d'où le nom de *carbone de trempe* (all. : *Hartungskohle*; angl. : *hardening carbon*) que lui ont donné les premiers chercheurs. La seconde, au contraire, domine dans l'acier recuit et a reçu le nom assez malheureusement choisi de *carbone de cémentation* (all. : *Cementkohle*; angl. : *cement-carbon*). Comme je l'ai observé et comme Müller le fait aussi remarquer dans sa note : (*Grundzüge einer Theorie des Stahls* (1), les deux formes du carbone qui avaient été réunies jusqu'ici sous la désignation commune de carbone combiné ne sont pas spéciales à l'acier; on les trouve également dans les autres produits de la sidérurgie, en particulier dans les fontes, soit grises, soit blanches. D'autre part, les propriétés mécaniques des fers carburés dépendent essentiellement des proportions relatives entre ces deux formes du carbone, comme nous pouvons le voir en comparant l'acier trempé à l'acier non trempé : il faut donc convenir que la vieille distinction usuelle faite par les analyses entre le graphite et le carbone combiné est de valeur à peu près nulle. En effet, cette distinction ne pouvait avoir qu'un but, celui d'éclaircir les rapports entre la composition chimique et les propriétés mécaniques d'un métal ou de faire prévoir ces dernières; et ce but n'était nullement atteint...

Le carbone appelé graphite et dosé comme il a été dit ci-dessus n'a pas non plus de propriétés toujours identiques à elles-mêmes : j'ai déjà eu l'occasion d'appeler l'attention sur ce fait (2) et j'apporterai plus bas quelques documents nouveaux sur le même sujet. Il y a donc, ici encore, plusieurs formes de carbone qui ont été jusqu'à présent confondues sous le même nom.

Les proportions de ces différentes formes du carbone dépendent essentiellement de la durée du refroidissement auquel est soumis le fer à partir de l'état liquide ou d'une température élevée; elles sont modifiées par un nouveau chauffage suivi d'un refroidissement dans de nouvelles conditions. Lors donc qu'une matière première, de la fonte de moulage par exemple, doit être ultérieurement réchauffée ou refondue pour être mise en œuvre, il importe assez peu de savoir sous quelle forme s'y trouve le carbone. On sait que la teneur en graphite d'une même fonte grise variera beaucoup suivant la nature, l'état et les dimensions du moule : sa valeur comme fonte de fonderie n'en reste pas moins la même. Il suffit, dans ce cas, de doser le carbone total et les autres corps. Un bon fondeur sait exactement ce que vaut une fonte et de quelle manière il doit l'employer quand il en connaît la teneur en carbone total, silicium, manganèse, phosphore et quelques autres corps toujours nuisibles (soufre, arsenic, antimoine, cuivre); peu lui importe le rapport entre le graphite et le carbone combiné dans les gueu-

(1) *Stahl und Eisen*, 1888, p. 291.
(2) *Id.*, 1886, p. 385.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ses. Pour la même raison, il est très imprudent, comme on le reconnaît de plus en plus, de juger une fonte au simple aspect de sa cassure.

Cependant, pour certaines recherches scientifiques et dans les cas où l'analyse est un moyen d'appréciation de la qualité de pièces terminées (moulages, rails, outils, etc.), il peut être nécessaire, ou du moins utile, de doser le carbone sous chacune de ses différentes formes. Mais ici se pose une question : Comment devons-nous nommer ces formes du carbone (puisque l'ancienne division en 2 groupes n'est plus suffisante) pour désigner aussi clairement que possible leur action sur les propriétés du fer?

En m'appuyant sur les communications antérieures relatives aux formes du carbone, je proposerai la classification et les dénominations qui suivent.

1. *Carbone de trempe.* — Ce carbone se trouve dans la plupart des fers carburés et même, au moins à l'état de traces, dans tous. Chimiquement, il est défini par la propriété de fournir des carbures d'hydrogène gazeux et fortement odorants lorsqu'on attaque le métal par les acides sulfurique ou chlorhydrique étendus à la température ordinaire. Dans l'attaque à froid par l'acide azotique de poids sp. 1,20, ce carbone, d'après Osmond et Werth (1), se sépare d'abord sous forme de résidu noir foncé qui se dissout très rapidement quand on agite, et en quelques minutes au repos, sans dégagement apparent de gaz ; si l'on chauffe cette dissolution à 100°, le carbone dissous disparaît progressivement à l'état de gaz et la coloration brune de la liqueur s'affaiblit en proportion. On n'a pas encore de méthode directe pour doser quantitativement le carbone de trempe; on l'évalue par différence en retranchant du carbone total celui qui se trouve sous d'autres formes.

Dans les fers carburés froids, le carbone de trempe est uniformément allié à la masse métallique et c'est lui surtout qui communique au fer son degré de dureté. Le terme de carbone de trempe, employé déjà par d'autres chercheurs, me paraît donc très satisfaisant. Sa proportion (abstraction faite des autres éléments qui entrent dans la composition chimique du fer) dépend des conditions du refroidissement : elle est plus ou moins grande selon que le refroidissement est plus ou moins rapide. Aussi est-ce dans l'acier trempé que le carbone de trempe se présente le plus nettement et comme forme dominante. D'ailleurs, la teneur en carbone total joue aussi un rôle ; la proportion de carbone de trempe augmente, même pendant le refroidissement lent, avec cette teneur en carbone total ; aussi la fonte blanche et l'acier dur, même quand leur refroidissement n'a pas été accéléré, contiennent-ils une quantité importante de carbone de trempe; au contraire, le fer forgé, pauvre en carbone, en est presque complètement dépourvu.

2. *Carbone du carbure normal* (*Gewöhnliche Carbidkohle*). — Il se ren-

(1) *Ann. des Mines*, 8e série, t. VIII, p. 21 et suiv.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

contre dans presque tous les fers carburés. On l'isole sous forme d'un résidu gris ou gris brun, en attaquant le fer à la température ordinaire par les acides sulfurique ou chlorhydrique très étendus. Le résidu contient de 13 à 16 parties de fer pour 1 de carbone en poids; il est composé, d'après Müller, de granulations indépendantes de formes irrégulières et présentant l'éclat de l'argent; après dessiccation, il s'allume à basse température (*Stahl und Eisen*, 1888, p. 292). Chauffée avec les acides concentrés, la combinaison de fer et de carbone, le *carbure* est décomposé : le fer se dissout et il se dégage des carbures d'hydrogène. Si l'on dissout dans l'acide azotique froid (poids sp. = 1,2) les fers carburés qui contiennent ce carbure, il se forme des flocons bruns qui se dissolvent à chaud et sans dégagement de gaz et donnent une liqueur brune assez stable (Osmond et Werth, *loc. cit.*) : c'est là un caractère qui distingue nettement aussi le carbone du carbure du carbone de trempe.

Le dosage du carbone du carbure normal se fait, d'après Müller, en attaquant le métal, à froid et à *l'abri de l'air*, par l'acide sulfurique très étendu (20 cc. d'acide à 10 p. 100 par gramme de fer). L'attaque exige plusieurs jours; quand elle est terminée, on recueille le résidu sur un filtre d'amiante, on le lave à l'eau, puis à l'alcool mélangé d'éther (1) et de nouveau à l'eau; enfin, on le brûle par une des méthodes usitées, on pèse l'acide carbonique recueilli dans un tube à potasse et on retranche du carbone ainsi obtenu la somme du graphite et du carbone graphitique de recuit (voir 3) dosée par un essai spécial.

Müller (*St. und Eisen*, 1888, p. 292) et aussi Abel (*Stahl und Eisen*, 1886, p. 373) croient avoir trouvé, dans le résidu de l'attaque par les acides froids, un composé défini de fer et de carbone de formule Fe^3C. Cependant, il résulte aussi bien de tous les faits publiés que ledit « carbone du carbure » est un élément d'un alliage (riche en carbure) de carbone et de fer, alliage dont la composition est fixe ou variable seulement entre certaines limites et qui se sépare pendant le refroidissement lent, entre 700 et 600° (2), de la masse principale du fer contenant le carbone de trempe. J'ai donc choisi le terme de « carbone du carbure normal », lequel s'applique également bien aux observations de Müller et d'Abel;... l'épithète « normal » m'a paru nécessaire, du moins pour une première désignation, car la production d'autres carbures reste possible dans certaines circonstances et a même été signalée çà et là (3).

Le carbone du carbure est le résultat d'un phénomène analogue à celui que l'on a décrit pour de nombreux alliages (notamment pour les bronzes) sous le nom de « liquation »; le terme général de liquation signifiant la décomposition,

(1) Le lavage à l'alcool éthéré pourrait peut-être s'omettre; j'ai trouvé qu'il n'enlevait rien au résidu.

(2) D'après Osmond; Comp. *Stahl und Eisen*, 1887, p. 448; 1888, p. 364.

(3) *Stahl und Eisen*, 1888, p. 291.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pendant le refroidissement progressif, d'un alliage, homogène à l'état liquide ou aux températures élevées, en plusieurs autres alliages de composition différente. Ce dédoublement de l'alliage qui ne contient, aux températures élevées, que du carbone de trempe et la formation corrélative de l'alliage plus carburé qui contient le carbone du carbure est accompagné, d'après les recherches d'Osmond, d'un dégagement de chaleur. Les propriétés du carbure ont été décrites en détail par Müller dans la communication déjà plusieurs fois citée ; il constitue des corps figurés indépendants disséminés dans la masse métallique, sous forme d'inclusions granulaires d'après Wedding et Müller, de réseau d'après Osmond et Werth. Les images agrandies de coupes attaquées données par Wedding dans le n° du 7 septembre 1885 du *Stahl und Eisen* fourniront, mieux que ma description, une idée claire de la distribution du carbure (que Wedding appelle fer cristallisé) : en tout cas, les figures sont mieux d'accord avec la conception de Müller et Wedding qui fait envelopper l'alliage de fer et de carbone par la masse principale qu'avec la conception inverse d'Osmond et Werth (1).

Plus il s'est formé de carbure pendant le refroidissement, plus la masse principale est pauvre en carbone, plus le fer est doux et malléable. Le rapport entre le carbone du carbure et le carbone de trempe dépend, comme nous l'avons déjà montré, de la vitesse du refroidissement: plus le refroidissement est lent, plus il se sépare de carbure de la masse principale, moins il reste de carbone de trempe. Au contraire, le travail mécanique est complètement sans influence sur ce rapport : cela a été mis hors de doute par les observations d'Abel et d'Osmond et contredit l'ancienne théorie de Caron qui attribuait au travail mécanique à froid la même action qu'à la trempe sur l'état du carbone.

3. *Carbone graphitique de recuit* (*Graphitische Temperkohle*). — Cette forme du carbone a été jusqu'ici peu étudiée ; elle se produit pendant le recuit prolongé (plusieurs jours) du fer carburé aux dépens du carbone de trempe ou du carbone de carbure que contenait antérieurement le métal. La transformation du carbone du carbure en carbone graphitique de recuit peut être complète.

J'ai adopté ce terme de carbone graphitique de recuit parce que le mot *recuit* est généralement appliqué à l'opération qui consiste à maintenir pendant longtemps un fer carburé au rouge pour l'adoucir. (Ex : le recuit des moulages dans les fonderies.) Le qualificatif « graphitique » était d'ailleurs nécessaire pour ranger ce carbone dans la classe où le placent ses propriétés.

Le carbone graphitique de recuit se différencie nettement du carbone du car-

(1) Il n'y a pas contradiction entre les deux opinions. Osmond et Werth n'avaient en vue que la distribution du carbure dans les grains figurés que Wedding désigne sous le nom impropre de fer cristallisé et Sorby sous celui de constituant nacré. Muller et Wedding veulent parler de la distribution du constituant nacré dans l'acier. Ce sont deux réseaux d'ordre différent qui sont considérés par ces différents auteurs. (*Note du traducteur.*)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bure normal : il est en effet inattaquable par les acides concentrés et bouillants et la dissolution du fer le laisse à l'état de carbone presque pur, insoluble dans l'eau, les alcalis, l'alcool, l'éther : cette propriété le rapproche du graphite et nous ne possédons actuellement aucun moyen de doser séparément ces deux formes du carbone : aussi les a-t-on toujours réunies sous le même nom. La véritable différence entre le graphite et le carbone graphitique de recuit consiste dans leur façon différente de se comporter, aux températures élevées, vis-à-vis des influences oxydantes : le carbone graphitique se laisse enlever au fer sous ces influences, le graphite non. Le carbone graphitique de recuit peut même, d'après les recherches de Forquignon, être volatilisé sous forme de carbure d'hydrogène par un courant d'hydrogène sec. Enfin, le carbone graphitique de recuit est complètement amorphe, noir foncé et terne ; le graphite est feuilleté et possède un éclat métalloïde.

Le carbone du carbure résultait de la décomposition d'un alliage de fer et de carbone homogène aux températures élevées : le carbone graphitique de recuit a une origine analogue. Cet alliage, dont le carbone du carbure était un élément, se décompose également ici : mais se forme-t-il un alliage encore plus riche en carbone dont le carbone graphitique de recuit ne serait qu'un élément ? Ou bien le carbone libre existe-t-il déjà dans le fer tel que nous l'isolons du métal refroidi par les acides concentrés ? C'est ce que nous ne savons pas actuellement et ce qu'il ne sera pas facile d'éclaircir. Je crois cependant pouvoir conclure des observations publiées que, entre cet alliage de fer et de carbone que Müller et Abel trouvent dans l'acier refroidi lentement et qui répond à peu près à la formule Fe_3C et le carbone graphitique de recuit, il peut exister des intermédiaires, c'est-à-dire des alliages de fer et de carbone, plus pauvres en fer, dont le carbone est d'autant plus résistant à l'action des acides et d'autant plus difficilement transformable en carbone de trempe pendant le refroidissement brusque, que le recuit a été plus longtemps prolongé. Le carbone graphitique de recuit proprement dit ne paraît pas changer de forme par la trempe.

C'est surtout dans les fontes blanches pauvres en manganèse que cette forme de carbone se produit nettement et en abondance pendant un recuit soutenu de plusieurs jours ; la cassure devient grenue et il est souvent facile de voir que les parties devenues grises doivent cette couleur au carbone graphitique de recuit. Bien que la teneur en carbone total n'ait pas été amoindrie, le fer est devenu tendre, mou et souvent même forgeable dans une certaine mesure (1). Dans la

(1) J'ai examiné un acier à outils que l'on importe d'Angleterre pour certains usages spéciaux et qui contenait 1,86 de carbone de trempe ou de carbure et 0,59 de carbone graphitique de recuit, en tout 2,45 p. 100. Ce métal, qui était plutôt une fonte qu'un acier, se laisse forger au rouge sombre et tremper. Un autre échantillon du même métal, analysé par un autre chimiste, a donné 1,24 de carbone graphitique de recuit après plusieurs recuits.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fabrication même de la fonte malléable, pendant le recuit de la fonte blanche dans l'oxyde de fer ou autres corps oxydants, il se produit dans certaines circonstances (température trop basse, mauvais contact entre le métal et le cément oxydant) des quantités importantes de carbone graphitique de recuit. Forquignon a même tiré de ses remarquables expériences (résumées par le *Stahl und Eisen*, 1886, p. 380), la conclusion que le carbone combiné (somme des carbones de trempe et du carbure) se transforme toujours en carbone graphitique de recuit (graphite invisible de Forquignon) avant d'être éliminé par oxydation ou autrement. En tout cas, comme je l'ai moi-même démontré par de nombreuses recherches, la plupart des pièces de fonte malléable contiennent encore du carbone graphitique de recuit à côté de carbone du carbure.

Même dans l'acier non trempé suffisamment dur, on trouve souvent de petites quantités de carbone graphitique de recuit.

Au contraire, l'acier de cémentation brut est généralement très pauvre en carbone graphitique de recuit, contrairement à ce que son mode de préparation permettrait de supposer. Mannesmann (1), il est vrai, prétend avoir obtenu, en chauffant pendant 25 minutes, dans un creuset rouge, du fer forgé avec du charbon de bois, une croûte de 3 millimètres et demi de fonte grise et, au delà, de la fonte blanche pauvre en carbone ; il aurait également produit, sans fusion, en répétant ses expériences dans différentes conditions, toutes les nuances de fonte, depuis la fonte blanche jusqu'à la fonte grise la plus foncée ; mais il ne dit pas dans quelles conditions il s'est placé pour obtenir cette fonte grise (ou du moins ce fer riche en carbone graphitique de recuit, car il ne saurait être question ici de graphite proprement dit) ; peut-être la température joue-t-elle un rôle prépondérant.

4. *Graphite.* — On connaît les propriétés de cette forme bien définie du carbone et les procédés employés pour son dosage. Comme le carbone du carbure et le carbone graphitique de recuit, le graphite est le résultat de la décomposition, de la liquation de l'alliage de fer et de carbone qui se trouve dans la fonte liquide. Tandis que les autres variétés du carbone se forment dans le métal solide, le graphite ne se produit que pendant le passage de l'état solide à l'état liquide et à la condition que le silicium soit en présence d'une proportion suffisante de carbone. Le fer solide ne peut garder en dissolution qu'une quantité limitée des deux corps ensemble, quantité inférieure à celle que dissout le fer liquide ; s'il y a excès, une partie du carbone se précipite et cristallise sous forme de graphite ; on sait aussi que la formation du graphite, comme toute liquation d'alliages solides, peut être diminuée ou même empêchée par un refroidissement rapide. Le graphite proprement dit ne se rencontre donc que dans les fontes grises ou

(1) *Zeit. des Ver. f. Bef. d. Gewerbfl.*, 1879, p. 31.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

truitées dans lesquelles on peut trouver également, à côté de lui, les autres formes du carbone.

Exemples.

1° Un fragment de la surface dure d'un galet coulé en coquille fut recuit pendant 108 heures dans la poudre de charbon de bois.

	Avant recuit.	Après recuit.
Carbone de trempe	0,85 p. 100	0,27 p. 100
Carbone du carbure	1,23	0,00
Graphite et carbone graphitique de recuit	1,26	3,04
	3,34 p. 100	3,31 p. 100

Le carbone de trempe a été réduit au tiers de sa teneur primitive, le carbone du carbure a entièrement disparu et le carbone graphitique de recuit a augmenté d'autant. Le fragment recuit était devenu doux à la lime et montrait une cassure grise.

2° Fonte pour fonte malléable à cassure blanche, devenue grise, mais non douce, par suite d'irrégularités dans le recuit. La partie recuite contenait :

Carbone de trempe	0,21 p. 100
Carbone du carbure	0,51
Carbone graphitique de recuit	2,21
	2,93 p. 100

La teneur en carbone total avant recuit n'a pas été déterminée, mais ne peut pas avoir été beaucoup plus haute. Le carbone du carbure était combiné à 16,3 fois son poids de fer (essai spécial).

Le même morceau fut soumis à un 2e recuit en minerai et donna ensuite :

Carbone de trempe	0,05 p. 100
Carbone du carbure	0,67
Carbone graphitique de recuit	0,91
	0,69 p. 100

On voit que le carbone de trempe s'est converti presque complètement en carbone de carbure et que le carbone graphitique de recuit a diminué de plus de moitié. Si la décarburation n'a pas été aussi avancée dans cet exemple qu'elle l'est d'ordinaire dans la fabrication de la fonte malléable, la cause en est peut-être, du moins en partie, l'épaisseur un peu forte de l'échantillon ; la composition chimique n'a pas fourni de renseignements à ce sujet : on a trouvé 0,12 de Mn et 0,88 de Si p. 100.

3° Un morceau de fonte blanche peu manganésée contenait, après recuit dans le charbon de bois, 0,42 de carbone de trempe et carbone du carbure avec 1,44 de carbone graphitique de recuit. Ce morceau fut étiré au rouge et on dosa de nou-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

veau le carbone graphitique de recuit : on trouva 1,28 p. 100 ; la différence, peu importante, peut être due à l'oxydation par l'air.

4° Acier poule de Suède.

Carbone de trempe	0,42 p. 100
Carbone du carbure	1,07
Carbone graphitique de recuit	0,00
	1,49 p. 100

L'absence de toute trace de carbone graphitique de recuit et la présence d'une assez forte proportion de carbone de trempe étaient suprenantes; 10 grammes d'acier se sont dissous dans l'acide chlorhydrique bouillant sans autre résidu qu'un peu de silice blanche. L'acier avait l'aspect ordinaire de l'acier de cémentation non travaillé : cassure d'un blanc jaunâtre, ampoules superficielles, etc.

Le carbone était combiné à 15 fois son poids de fer dans le carbure normal.

5° Acier poule de Remschied. Même aspect que le précédent.

Carbone de trempe	0,19 p. 100
Carbone du carbure	0,97
Carbone graphitique de recuit	0,04
	1,20 p. 100

Le carbone était combiné à 14,4 fois son poids de fer dans le carbure. Notons que, dans d'autres dosages où l'accès de l'air n'avait pas été rigoureusement empêché pendant l'attaque, la proportion de fer s'abaissa beaucoup ; elle tomba à 0,50 p. 100 dans un essai.

6° Fer fondu Martin basique (lingot). La prise d'essai fut faite à quelques centimètres du bord.

Carbone total	0,12
Carbone du carbure	0,13

Il y a évidemment une petite erreur d'analyse de + 0,01 sur l'un des 2 dosages ; tout le carbone, sauf peut-être des traces négligeables, est à l'état de carbone de carbure.

MÉTALLURGIE.

NOUVELLES RECHERCHES SUR LA TENEUR EN CARBONE DES FERS CARBURÉS, PAR A. LEDEBUR (1), TRADUIT PAR M. OSMOND.

Dans plusieurs circonstances antérieures, j'ai déjà émis l'opinion que, si l'on veut tirer de la composition chimique des fers carburés des prévisions sur leurs propriétés mécaniques, il ne suffit pas du tout d'y doser, comme on l'a fait jus-

(1) *Stahl und Eisen*, t. XI, p. 294 (avril 1891).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qu'à présent, le carbone dit combiné et le graphite (y compris le carbone graphitique de recuit). Le carbone combiné (1) est en effet la somme de deux formes tout à fait différentes du carbone, le carbone de trempe et le carbone du carbure, qui ont une action également très différente sur les propriétés du fer (2).

Le carbone de trempe est uniformément allié avec la masse principale du fer. C'est de lui que dépendent essentiellement la dureté, la ténacité et la fragilité du métal.

Le carbone du carbure, au contraire, appartient à un alliage de fer et de carbone distribué à l'intérieur du métal refroidi. Cet alliage est de composition à peu près constante et contient environ 7,2 de carbone pour 92,8 de fer (3), d'après les recherches d'Abel (4) et de Müller (5). Comme les deux auteurs sont arrivés par des voies différentes à une même conclusion, le bien fondé de cette conclusion paraît hors de doute.

Le carbure, dont les propriétés ont été examinées surtout par Müller, possède, selon ce savant, la forme de grains argentins, très fragiles et assez durs. D'après les travaux d'Osmond (6), il se produit pendant le refroidissement lent du métal, à une température comprise entre 660 et 700°, avec dégagement de chaleur; inversement, il se décompose pendant le chauffage avec absorption de chaleur en même temps que le carbone se dissout à l'état de carbone de trempe dans la masse principale du fer.

Un morceau refroidi d'acier ou de fonte blanche se compose donc de deux constituants tout à fait différents : la masse principale, c'est-à-dire un alliage de fer avec du silicium, du phosphore, du cuivre, du manganèse (7) et une proportion plus ou moins grande de carbone de trempe et le carbure qui recoupe la masse principale sous forme de veines ou de réseau (8). Dans les fontes grises, on trouve encore un troisième constituant, le graphite, qui est distribué sous forme de feuilles minces à l'intérieur de la masse principale, tandis que le carbure s'y disémine en noyaux isolés sans contact avec les feuilles de graphite. L'examen microscopique des fers carburés par le procédé de Martens montre nettement ces modes de structure (9).

(1) Le terme carbone amorphe est tout à fait impropre. Le carbone graphitique de recuit qui se sépare dans la fonte blanche pendant le recuit prolongé est aussi amorphe, c'est-à-dire non cristallisé.

(2) Voir la note précédente.

(3) Le manganèse, quand il est présent, peut remplacer en partie le fer.

(4) *Engineering*, t. XXXIX, p. 150.

(5) *Stahl und Eisen*, 1888, p. 291. (Comp. les recherches de MM. Osmond et Werth, *Ann. des mines.*)

(6) Transformations du fer et du carbone dans les fers, les aciers et les fontes blanches.

(7) Le carbure peut aussi contenir, comme la masse principale, une partie des corps étrangers, notamment du phosphore. (*Note du traducteur.*)

(8) L'expression « sous forme de veines ou de réseau » n'est pas tout à fait exacte, si on entend par veines et réseau un système continu de corps reliés entre eux. Les gisements de carbure sont fréquemment interrompus et rappellent plutôt des veines ou des réseaux coupés.

(9) *Zeits. des Vereins deutscher Ingenieure*, 1878, pl. III et X ; 1880, pl. XX (Martens). —

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ainsi le carbone de trempe peut seul avoir une influence immédiate sur les propriétés du fer et nous savons déjà qu'il en faut très peu pour produire des effets très marqués. Le carbure, distribué sous forme de corps figurés indépendants à l'intérieur de la masse principale, ne peut produire immédiatement qu'une action locale, un peu comme le feraient des veines de quartz dans du marbre. Un fait plus important, c'est que, à teneur égale en carbone total, le carbone de trempe tombe d'autant plus bas que la teneur en carbone du carbure (et en graphite) est plus élevée.

Le rapport numérique entre les différentes formes du carbone dépend en partie de la composition chimique de l'échantillon, en partie des conditions du refroidissement. Un refroidissement rapide gêne la formation du carbure et détermine ainsi la production d'un fer plus riche en carbone de trempe, comme le montre nettement la trempe de l'acier.

Pour mettre un peu mieux en lumière qu'on ne l'a fait jusqu'ici l'importance qui s'attache au dosage séparé des différentes formes du carbone dans le fer, notamment au dosage du carbone de trempe et du carbone du carbure, j'ai fait depuis un an un certain nombre de recherches de cette sorte et j'en publie ci-après les résultats.

Le carbone total a été dosé par la méthode du chlorure double de cuivre et d'ammonium, telle qu'elle est décrite dans mon guide pour les laboratoires des usines à fer, 3e éd., p. 52. On a fait, il est vrai, à ce procédé, le reproche qu'il comporte certaines petites causes d'erreur et tend à donner des chiffres un peu bas (1). Mais, d'après mes propres observations, pourvu que l'on prenne certaines précautions, ces causes d'erreur sont assez faibles pour ne pas entraîner, dans le cas qui nous occupe, de conclusions incertaines. Quand on a beaucoup de dosages à conduire, le procédé a du moins l'avantage d'être très simple. En brûlant le fer dans l'oxygène, j'ai presque toujours trouvé, même après plusieurs heures de chauffage, des teneurs en carbone trop faibles ; la méthode employée par Sarnström, puis par Brand (2), serait peut-être la plus sûre, autant qu'on en peut juger par les résultats publiés ; mais elle n'a pas encore fait ses preuves. La plupart des dosages ci-dessous ont été faits en double.

La séparation du carbure, y compris le graphite et le carbone graphitique de recuit (qui a les mêmes réactions que le graphite), a été conduite par la méthode de Müller (*Stahl und Eisen*, 1888, p. 292), la combustion était produite par les acides chromique et sulfurique mélangés.

Pour doser le graphite seul, on a attaqué les échantillons par l'acide chlo-

Journal of the U. S. Association of Charcoal Iron Workers, t. VII, p. 122 (Wedding). — *Stahl und Eisen*, 1885, pl. XXVI (Wedding).

(1) *Stahl und Eisen*, 1891, p. 51.

(2) *Stahl und Eisen*, 1887, p. 173.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rhydrique et prolongé l'ébullition pendant plusieurs heures; la combustion était également faite par un mélange d'acide chromique et d'acide sulfurique.

La différence entre les deux premiers dosages donne le carbone de trempe; la différence entre le deuxième et le troisième donne le carbone du carbure.

I. *Acier de moulage, naturel et recuit.* — L'échantillon *a* a été, avec d'autres pièces, entouré de sable, recuit pendant trente-cinq heures dans un four chauffé au gaz et refroidi lentement. L'échantillon *b*, provenant d'une autre usine, a été également placé dans le four avec d'autres pièces (mais sans être enveloppé) et amené en douze heures au rouge cerise; le registre de la cheminée fut ensuite hermétiquement fermé et le four abandonné pendant quatre jours à un refroidissement très lent.

	a		b	
	NATUREL.	RECUIT.	NATUREL.	RECUIT.
Carbone de trempe	0,14	0,08	0,36	0,16
Carbone du carbure	0,44	0,52	0,62	0,92
Graphite et carbone graphitique de recuit.	0,00	0,01	0,00	0,01
CARBONE TOTAL	0,58	0,61	0,98	1,09
Silicium	0,23	non dosé.	0,28	non dosé.
Manganèse	0,18	»	0,20	»
Phosphore	0,06	»	0,06	»
Soufre	0,04	»	0,03	0,03

Les transformations du carbone par le recuit sont, d'une manière générale, telles qu'on pouvait le prévoir. Le carbone de trempe diminue et le carbone de carbure augmente d'autant. Il n'est pas surprenant que le carbone du carbure soit, même dans les moulages bruts, beaucoup plus abondant que le carbone de trempe, puisque les pièces ont été refroidies dans leurs moules, c'est-à-dire assez lentement. Toutes deux, surtout *a*, se laissent limer sans difficulté.

Le recuit a donc pour résultat de détruire les tensions et de modifier la structure bien plutôt que de produire un changement d'état du carbone.

L'augmentation après recuit de la teneur en carbone total, augmentation notable surtout pour *b*, s'explique par l'action des gaz carburés dont la combustion dans le four était incomplète, particulièrement après la fermeture du registre.

II. *Acier à outils, naturel, trempé et revenu au bleu.* — Le métal naturel se limait bien; le métal trempé n'était pas attaqué par la lime et pouvait être broyé

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

au mortier d'acier, non cependant sans s'écraser un peu et trahir ainsi une certaine plasticité; le métal trempé et revenu au bleu se laissait travailler, bien qu'assez difficilement, à la lime dure, ce qui permit d'en obtenir de la limaille : on ne pouvait pas le broyer au mortier d'acier.

	NATUREL.	TREMPÉ.	TREMPÉ ET REVENU au bleu.
Carbone de trempe	0,22	0,65	0,36
Carbone du carbure	0,71	0,38	0,67
Graphite et carbone graphitique de recuit	0,00	0,00	0,00
CARBONE TOTAL.	0,93	1,03	1,03
Silicium.	0,11	non dosé.	non dosé.
Manganèse	0,11	»	»
Phosphore	0,03	»	»
Soufre.	non dosé.	»	»

Ici encore, les transformations du carbone à la suite de la trempe et du revenu sont exactement d'accord avec la théorie. L'acier trempé contient encore du carbone de carbure. Un changement complet en carbone de trempe, pendant le chauffage qui précède la trempe, du carbone de carbure contenu dans l'acier naturel, exigerait que l'on accordât un temps plus long au chauffage de l'acier, ce que l'on a de bonnes raisons pour ne pas faire (1).

Je dois dire cependant que la teneur en carbone de trempe indiquée ici pourrait être un peu faible. L'échantillon trempé était fort difficile à diviser : il a fallu prendre pour l'analyse des fragments relativement gros et ces fragments ont pu ne pas être absolument attaqués dans le dosage du carbone de carbure; d'où il résulterait une erreur par excès sur ce carbone et par défaut sur le carbone de trempe.

L'influence des variations de la teneur en carbone de trempe apparaît plus clairement si on rapporte cette teneur, non plus au poids total du métal, mais à celui de la masse principale dans laquelle ce carbone est dissous. Cette masse principale est recoupée par le carbure, comme nous l'avons dit plus haut, et ce sont ses propriétés qui déterminent, pour la plus grande part, les propriétés du métal lui-même. On peut calculer assez exactement, dans un échantillon quelconque, la proportion de cette masse principale : nous savons en effet que le

(1) Ou bien le refroidissement n'est jamais assez rapide pour que la totalité du carbone reste à l'état de carbone de trempe. (*Note du traducteur.*)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

carbure contient environ 12, 9 parties de fer pour 1 de carbone; il suffit donc, pour en obtenir le poids, de multiplier par 13, 9 la teneur en carbone correspondant et on a, par différence, la masse principale qui contient le carbone de trempe.

On a ainsi, pour les échantillons considérés, les résultats ci-dessous :

	NATUREL.	TREMPÉ.	REVENU.
Teneur en carbure	9,87	5,28	9,31
Masse principale	90,13	94,72	90,67
Teneur de la masse principale en carbone de trempe . . .	0,24	0,68	0,37

III. *Acier doux Thomas.* — L'échantillon examiné, un barreau de 25 millimètres de côté, possédait la propriété connue de l'acier doux de supporter la trempe au rouge cerise sans perdre sa plasticité. Le barreau en question, ainsi traité, se laissait plier à froid sous un angle de 180° sans montrer traces de criques. Le même barreau, trempé au rouge vif, était devenu notablement plus fragile et se cassait au pliage sous un angle de 90° environ.

On aurait pu supposer que le chauffage à une température plus élevée avait rendu plus complète la transformation du carbone en carbone de trempe; mais les résultats suivants, fournis par l'analyse, ne confirment pas cette hypothèse.

	TREMPÉ au ROUGE CERISE.	TREMPÉ au ROUGE VIF.
Carbone de trempe.	0,05	0,04
Carbone du carbure.	0,17	0,17
Graphite et carbone graphitique de recuit. .	0,00	0,00
CARBONE TOTAL.	0,22	0,21
Silicium.	0,00	0,00
Manganèse.	0,58	0,58
Soufre.	0,04	0,04
Phosphore.	non dosé.	non dosé.

L'accroissement de fragilité dû à la trempe au rouge vif ne s'explique donc que par l'existence de tensions déterminées elles-mêmes par l'inégale vitesse du refroidissement à la surface et à l'intérieur du barreau.

Il résulte de l'ensemble de cette recherche que, plus la teneur en carbone total est faible, plus la transformation en carbone de trempe pendant le chauffage

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

est incomplète. Et ce fait pourrait expliquer plusieurs autres phénomènes (1).

Le dosage calorimétrique ne donne dans les deux échantillons que 0,17 de carbone, preuve que le carbone de trempe avait complètement échappé à l'analyse.

IV. *Fonte blanche, spiegel et ferro-manganèse.* — Les recherches suivantes avaient pour objet principal d'élucider l'influence du manganèse sur la production des différentes formes du carbone. L'échantillon désigné comme fonte blanche ordinaire était une pièce moulée destinée à être transformée en fonte malléable. J'avais fait choix de cette matière parce qu'elle est pauvre en manganèse et plus riche en silicium que ne le sont généralement les fontes blanches. Pour ce motif, la comparaison avec le spiegel devait donner des résultats plus nets.

Dans le tableau ci-dessous, on a indiqué les teneurs de chaque échantillon, calculées comme il a été dit plus haut, en carbure et en masse principale et la teneur de la masse principale en carbone de trempe.

	FONTE BLANCHE ordinaire.	SPIEGEL.	FERRO-MANGANÈSE.
Carbone de trempe.	0,54	1,41	1,64
Carbone du carbure.	1,88	3,09	3,06
Graphite et carbone graphitique de recuit.	0,16	0,00	0,00
CARBONE TOTAL.	2,58	4,50	4,70
Teneur en carbure	24,25	39,86 (2)	39,47
Masse principale	75,75	60,14	60,53
Teneur de la masse principale en carbone de trempe. . . .	0,71	2,34	2,71
Silicium.	0,72	0,30	2,07
Manganèse.	0,10	11,11	46,54
Phosphore.	non dosé.	0,16	non dosé.

La teneur de la masse principale en carbone de trempe s'élève avec la teneur en manganèse. Il est probable, bien qu'on ne puisse pas encore l'affirmer, que le silicium joue un rôle opposé à celui du manganèse et que, dans les exemples considérés, la différence entre le spiegel et le ferro-manganèse serait plus grande si ce dernier ne contenait accidentellement une assez forte proportion de silicium.

(1) Dans un morceau de fer fondu analysé antérieurement et qui contenait 0,12 p. 100 de carbone total, tout le carbone était à l'état de carbure. Voir la note précédente, p. 673.

(2) L'essai direct donnait 42,08 p. 100 de carbure, c'est-à-dire un chiffre un peu plus fort.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le spiegel et le ferro-manganèse sont, comme on le sait, assez fragiles pour qu'on puisse facilement les pulvériser, tandis qu'ils résistent à la lime et au foret. Au contraire, la fonte blanche examinée se laisse percer, bien qu'avec une certaine difficulté, par un foret dur et on a pu obtenir ainsi les copeaux pour l'analyse. Ce fait peut sembler quelque peu étonnant si l'on compare la teneur de la masse principale en carbone de trempe à la teneur correspondante dans l'acier dur trempé analysé plus haut. La masse principale de l'acier contient un peu moins de carbone de trempe que celle de la fonte blanche et, cependant, l'acier ne se laisse aucunement attaquer par les outils. Nous avons déjà fait remarquer que le dosage du carbone de trempe dans cet acier trempé avait pu donner un chiffre un peu faible.

Le spiegel et le ferro-maganèse contiennent à la fois beaucoup de carbone de trempe et beaucoup de carbone de carbure. Le rapport entre le carbure et la masse principale est environ celui de 2 : 3 dans les deux alliages. Ce résultat, fourni par l'analyse chimique, est entièrement confirmé par l'aspect des coupes attaquées de spiegel qui ont été représentées par Martens dans la *Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure*, 1878, pl. X.

On a aussi déterminé la teneur en manganèse du carbure isolé du spiegel et on a trouvé, pour cent parties du spiegel primitif :

Fer	32,54
Manganèse	5,45

Le manganèse peut donc se substituer au fer dans le carbure ; mais le rapport du manganèse au fer y est un peu plus fort que dans la masse principale.

V. *Fonte grise.* — Dans les fontes grises ou, pour mieux dire, dans les fontes de moulage, il sera souvent nécessaire, à l'avenir, de doser séparément, outre le graphite, le carbone du carbure et le carbone de trempe. Sans cette précaution, l'analyse chimique ne saurait fournir de renseignements exacts sur les propriétés mécaniques d'une fonte.

Nos recherches ont porté sur les échantillons suivants :

a) Fonte au coke gris foncé, douce, à gros grains (Coltness).

b) Fonte grise au bois de Gargange, douce, facile à travailler.

c) Fonte truitée au bois, du même fourneau que *b*) marchant en allure un peu forcée, gris clair sur fond blanc visible par places. Se laisse limer sans difficulté, mais manifestement plus dure que *b*).

d) Fonte avancée, c'est-à-dire obtenue en allure très rapide du même fourneau au bois qui a fourni *b*) et *c*). La cassure, sauf quelques feuillets de graphite épars, est blanche, à structure serrée, dure ; on a pu cependant, avec un bon foret, prélever les copeaux nécessaires pour l'analyse.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La fonte au coke gris foncé est dépourvue de carbone de trempe et fortement recoupée par les lamelles de graphite ; elle se laisse facilement travailler, mais elle est en même temps fragile. Les deux fontes au bois grise et truitée ont à peu près la même teneur en carbone de trempe ; mais la fonte grise présente une teneur en graphite notablement plus élevée, ce qui explique pourquoi cette fonte oppose moins de résistance, soit à l'action des outils coupants, soit à l'essai de traction ; elle se travaille plus facilement et elle est moins résistante que la fonte truitée.

	GRIS FONCÉ AU COKE.	GRISE AU BOIS.	TRUITÉE AU BOIS.	AVANCÉE AU BOIS.
Carbone de trempe	0,00	0,19	0,17	0,72
Carbone du carbure	0,44	0,34	0,73	0,92
Graphite et carbone graphitique de recuit	3,33	2,97	2,40	1,63
CARBONE TOTAL	3,77 (1)	3,50	3,30	3,27
Teneur en carbure	6,11	4,72	10,14	12,78
Masse principale (2)	90,56	92,31	87,46	85,58
Teneur de la masse principale en carbone de trempe	0,00	0,20	0,19	0,84
Silicium	2,77	2,20	1,02	0,70
Manganèse	1,30	0,41	0,28	0,14
Phosphore	0,80	0,51	0,59	0,56

(1) Le dosage direct du carbone total a donné 3,74 p. 100.
(2) La masse principale est obtenue en retranchant de 100 la somme du carbure et du graphite.

La fonte avancée, au contraire, contient encore plus de carbone de trempe que la fonte blanche étudiée plus haut. Elle est aussi plus dure, autant qu'il est possible d'en juger par la façon dont elle se comporte au perçage.

VI. *Fonte trempée en coquille.* — Les échantillons analysés provenaient de deux vieux cylindres de laminoir dont l'un s'était montré supérieur et l'autre moins bon à l'usage. A la surface de ce dernier, il s'était formé après quelque temps de travail de fines gerçures, visibles seulement à la loupe, mais qui n'en étaient pas moins une cause de difficultés sur la nature desquelles il est inutile d'insister ici. Les copeaux nécessaires furent prélevés, pour l'étude de la partie trempée, à la surface des tables et, pour celle de la partie non trempée, sur les tourillons.

L'analyse chimique ne donne pas ici d'indications nettes qui permettent d'ex-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pliquer la différence de qualité des deux cylindres. Tous deux ont presque exactement la même composition; le bon contient seulement un peu plus de carbone total, notamment sous forme de carbone de carbure.

	CYLINDRE BON.		CYLINDRE MAUVAIS.	
	TABLE.	TOURILLON.	TABLE.	TOURILLON.
Carbone de trempe	0,58	0,45	0,55	0,46
Carbone du carbure	2,43	0,46	2,35	0,70
Graphite et carbone graphitique de recuit.	0,19	1,93	0,18	1,24
CARBONE TOTAL	3,20	2,84	3,08	2,40
Teneur en carbure	33,77	6,39	32,66	9,73
Masse principale	66,04	91,68	67,16	89,03
Teneur de la masse principale en carbone de trempe	0,88	0,49	0,81	0,52
Silicium	0,83	0,80	0,88	0,86
Manganèse	0,15	0,16	0,21	0,24
Phosphore	0,88	0,88	0,83	0,87
Soufre	0,10	0,10	0,12	0,14

Les analyses jettent au contraire beaucoup de lumière sur le rôle du carbone dans la fabrication des fontes trempées en général. On aurait pu croire que la plus grande partie du carbone se trouvait dans ces fontes à l'état de carbone de trempe : on voit que cette supposition n'était pas fondée. Les trois quarts environ du carbone sont à l'état de carbure et le carbure entre à peu près pour un tiers dans la composition du métal. C'est ce que confirme l'examen microscopique. Martens a publié dans la *Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure*, 1880, pl. XX, fig. 8, une belle figure agrandie de la coupe attaquée d'une pareille fonte.

Ces faits s'expliquent facilement. Quand on remplit la coquille, il se forme bien immédiatement une croûte plus ou moins épaisse de métal solidifié, ce qui empêche le dépôt du graphite; mais cette croûte n'est pas complètement refroidie; elle reste rouge pendant un certain temps. Quand même sa température serait tombée tout d'abord au-dessous du rouge, le métal qu'elle enveloppe et qui est encore en partie liquide la réchaufferait rapidement. La condition nécessaire pour la production du carbure en forte proportion est donc parfaitement remplie. La teneur de la masse principale en carbone de trempe reste encore plus grande que celle de l'acier à outils trempé dont nous avons parlé ci-dessus. Aussi bien ces fontes trempées en coquille ne se laissent-elles travailler que par des outils très durs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Si on se reporte à l'analyse de la fonte blanche donnée plus haut, on voit que les proportions relatives des différentes formes du carbone sont tout à fait semblables dans cette fonte et dans la fonte trempée. Dans les deux cas, bien que le refroidissement soit assez lent (car la fonte blanche met bien aussi quelques minutes au moins pour descendre au-dessous du rouge), le carbone de trempe est relativement abondant. C'est là un fait plus remarquable que la présence du carbure en forte proportion et on peut en conclure que la teneur en carbone total joue aussi son rôle dans la formation des différentes espèces de carbone.

Le fer fondu très peu carburé dont nous avons donné l'analyse ne gardait, même après refroidissement brusque, que très peu de carbone de trempe : les 4/5 de son carbone total étaient à l'état de carbone de carbure. Au contraire, la fonte trempée et la fonte blanche, malgré un refroidissement assez lent après solidification, contiennent beaucoup de carbone de trempe. Plus est élevée la teneur en carbone total et faible la quantité de graphite déposée pendant la solidification, plus la teneur en carbone de trempe reste élevée, même après un refroidissement lent ; moins le fer est carburé, plus le rapport entre le carbone de trempe et le carbone de carbure est ordinairement faible, même après un refroidissement brusque.

Les tourillons des cylindres étudiés sont aussi relativement riches en carbone de trempe et la forme de leurs copeaux montre que le métal y est encore dur et fragile à un degré assez élevé.

Ces recherches ne peuvent avoir la prétention de résoudre d'une façon complète tous les problèmes soulevés par les transformations du carbone. Peut-être cependant donneront-elles à d'autres chercheurs l'occasion de pénétrer plus avant dans la question. Le terrain qui reste à défricher est trop vaste encore pour les forces d'un seul. La solution complète sortira progressivement de l'association des efforts.

Comment se modifient les propriétés mécaniques du fer avec la teneur en carbone de trempe ? Quelle est, au même point de vue, l'influence du carbure et comment cette influence varie-t-elle avec la répartition de ce constituant dans le fer, telle que nous la montre le microscope ? Les corps étrangers, notamment le silicium, agissent-ils sur la formation du carbure comme sur celle du graphite ? L'apparition de l'état brûlé est-elle en relation, dans le fer et l'acier, avec la transformation du carbone? Ce sont là quelques questions, parmi beaucoup d'autres, auxquelles il importerait, même pour les praticiens, de pouvoir donner des réponses sûres. Et nous n'avons, jusqu'à présent, que des conjectures à proposer.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MÉTALLURGIE

LA FABRICATION ET LES APPLICATIONS DE LA FONTE TEMPÉRÉE, SYSTÈME GRUSON, PAR M. EKERMERS, DIRECTEUR DES GRUSONWERKS (MAGDEBOURG).

Quoique Gruson ne puisse pas être appelé l'inventeur de la fonte de fer trempée, puisqu'il y a déjà des années que l'on a reconnu que la fonte coulée en coquille, c'est-à-dire dans des moules métalliques, durcit à la surface et que cette transformation a reçu de nombreuses applications, il n'en est pas moins vrai qu'il est le premier qui, après de longues et laborieuses expériences, en mélangeant différentes espèces de fontes allemandes et en les coulant d'après un procédé spécial, soit arrivé à produire un métal d'une dureté et d'une ténacité bien supérieures à celles de la fonte ordinaire, et très propre à la fabrication d'excellentes pièces de fonte trempée. Il découvrit et proposa également les nombreuses applications qui sont actuellement en usage.

Hermann Gruson fonda, le 1er juin 1855, sous la raison « H. Gruson Brickau-Magdebourg », un quai d'embarquement sur les bords de l'Elbe, à proximité duquel se trouvait un atelier de construction pour les machines et une fonderie de fer; cette dernière, quoique de peu d'importance au début, fut cependant le point de départ de l'établissement aujourd'hui si florissant, qui, en 1886, fut converti en Société à capital limité, sous la raison « Grusonwerk » et dont Gruson lui-même se réserva la direction jusqu'en juillet 1891, époque à laquelle il se retira.

Gruson continua, dans cette petite fonderie, les essais qu'il avait déjà faits pour obtenir des fontes affinées et très dures. Abandonnant les anciens procédés, il chercha à se passer du haut fourneau ordinaire, en raison même de son irrégularité, et à assurer à son métal une structure homogène, quelles que soient les différences de qualité des minerais employés : il tenta pour cela de mélanger diverses espèces de fontes.

La fonte en gueuses fabriquée au charbon de bois présentant à cette époque le plus de garanties comme pureté, Gruson s'en servit d'abord dans ses expériences et ensuite dans la fabrication de ses fontes.

Afin de produire un métal propre à être coulé en coquille, il mélangea de la fonte blanche et de la fonte grise toutes au bois ; l'une, très cassante, est dure comme l'acier, et contient encore tout son carbone, tandis que dans l'autre, qui est tendre et relativement malléable, 80 p. 100 du carbone s'est séparé à l'état de graphite; c'est ce mélange qu'il fondit au cubilot.

Les proportions du mélange varient selon l'épaisseur que l'on doit donner à la croûte dure du métal. Une couche de fonte blanche extérieure se trouve donc

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

formée autour d'un noyau de fonte grise, et la transition graduée qui existe entre les deux couches est composée de fonte mixte.

La qualité des matières employées ressort nettement, même pour un œil inexpérimenté, de la vue d'une cassure de fonte trempée. Dans la fonte trempée de bonne qualité, l'extérieur, de fin et fibreux, revêt, sans ligne de séparation visible, l'aspect granuleux de la fonte truitée, pour prendre enfin à l'intérieur le grain fin de la fonte grise. Si, au contraire, la couche fibreuse s'arrête brusquement, la fonte est certainement manquée et ne présente aucune des qualités demandées, car la couche dure finirait par se séparer de la couche tendre.

On sait que l'on n'emploie pas de fer pur au point de vue chimique, mais qu'il acquiert, au contraire, sa valeur commerciale de fer marchand par l'addition d'autres éléments constituants qui sont le carbone, le silicium et le manganèse, corps qui se rencontrent également dans toutes les fontes du commerce et dont la présence explique les divers phénomènes que l'on remarque à la fusion.

Il y a une très grande quantité de fontes différentes, et les différences qu'elles présentent entre elles comme qualité, quoique considérables, peuvent toutes être attribuées aux proportions plus ou moins grandes des matières qui en forment les éléments constitutifs.

Le manganèse et le silicium ont une influence toute différente sur la manière dont le carbone s'allie au fer et y maintiennent, jusqu'à un certain point, l'équilibre. Le silicium empêche, pendant le refroidissement, le carbone de s'unir au fer et occasionne sa séparation sous forme de lamelles de graphite. Le manganèse, au contraire, neutralise en partie les effets du silicium et favorise la formation de la fonte blanche. D'après Ledebur, avec 60 p. 100 de manganèse, il peut y avoir 5 p. 100 de carbone et 25 p. 100 de silicium sans production de graphite. Si l'on retranche le silicium d'une fonte grise, on obtient de la fonte blanche; si, par contre, on retranche le manganèse d'une fonte blanche ou qu'on l'y remplace en partie par du silicium, il se produit de la fonte grise.

Comme on l'a déjà vu, la séparation du graphite se produit pendant le refroidissement du fer, et la quantité de graphite séparé se trouve en raison directe de la lenteur avec laquelle s'opère le refroidissement; si, au contraire, cette opération a lieu très rapidement, la quantité de graphite en séparation est moins importante, résultat qui est d'autant plus visible que le fer contient plus de manganèse ou moins de silicium. On peut donc, avec un mélange fait dans des proportions déterminées, obtenir de la fonte blanche par un refroidissement rapide, de la fonte grise par un refroidissement lent et de la fonte grise à l'intérieur et blanche à l'extérieur en la coulant dans une coquille. Quant à l'épaisseur de la couche durcie, elle dépend de la quantité de manganèse ou de silicium du mélange.

Il paraît donc n'y avoir aucune difficulté à obtenir de la fonte sans mélanges

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

additionnels ; cependant il faut considérer que des changements peuvent se produire dans la qualité des fontes, ce que le haut fourneau ne peut éviter, et dont le fabricant de fonte trempée ne peut s'apercevoir. En outre, la fonte devant être d'une qualité correspondante à chaque usage particulier, en raison des différentes épaisseurs durcies à obtenir, il paraît indispensable d'avoir des fontes de plusieurs marques, afin de faire soi-même ses mélanges comme le fait Gruson.

D'après ce qui précède, il ressort que les effets de la trempe peuvent être soit augmentés, soit atténués, selon la quantité de manganèse ou de silicium en présence, en variant les proportions de fonte blanche et de fonte grise. La condition nécessaire et suffisante pour la réussite est que le producteur connaisse parfaitement sa fonte.

Les indications sur la qualité d'une fonte données par sa cassure ne suffisent pas, car la quantité de graphite contenue dans la fonte dépend du plus ou moins de rapidité avec laquelle s'est opéré le refroidissement.

Il faut donc, afin de pouvoir assurer la qualité de la fonte d'une façon parfaite, que le fondeur possède un laboratoire de chimie, qui lui permette, avec son expérience, de reconnaître les éléments constitutifs du métal qu'il emploie et de faire exactement les mélanges nécessaires.

Il est également de toute nécessité que le fondeur possède une machine d'essai pour lui permettre de faire son choix d'une façon judicieuse.

Comme on le sait, le mélange parfait du fer avec ses éléments constitutifs n'a lieu que tant que le métal est à l'état fluide, car en refroidissant, la formation du graphite en détruit l'homogénéité. Cependant la fonte grise résiste mieux aux chocs que la fonte blanche et la résistance de cette fonte est en raison directe de sa pureté.

Il est de la plus haute importance que le fer ne contienne que la quantité de silicium strictement nécessaire à la séparation du carbone. On peut obtenir le maximum de résistance de la fonte en ajoutant la quantité de silicium et de carbone qu'il faut, ce qui explique qu'un mélange de fonte grise et de fonte blanche coulé dans des moules en sable présente plus de résistance que chacune de ces deux fontes coulées séparément.

Jusqu'ici la fonte au charbon de bois extraite de bons minerais, étant considérée comme la plus résistante, fut employée d'une façon absolue par Gruson pour la production de sa fonte trempée. Le fait que le charbon de bois donne une température inférieure à celle du coke explique la plus grande résistance de ce fer qui n'absorbe qu'une quantité moindre d'éléments étrangers, tels que le manganèse, le silicium, le soufre, etc., possède un grain plus fin et plus régulier, se trouve être en raison même de son homogénéité supérieur aux autres sortes de fer.

En ce qui concerne le gros grain de la fonte au coke, il est reconnu qu'il disparaît au refroidissement, après avoir subi une ou plusieurs fusions, ce qui amène

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à dire que l'élasticité et la résistance d'une fonte sont augmentées par une refonte modérée et conduite avec discernement, car autrement elle durcit et passe graduellement à l'état de fonte blanche.

Les progrès accomplis depuis quelques années par la métallurgie permettent de produire de bon acier avec des minerais qui auraient été abandonnés autrefois. Aussi il y a aujourd'hui plusieurs espèces de fontes qui, mélangées à la fonte au bois, donnent des alliages d'une résistance au moins égale à celle de la fonte au bois pure. Ces mélanges ne sont pas, en général, plus économiques; mais il est intéressant de savoir qu'au moyen de l'analyse et des essais physiques, on ne dépend plus uniquement des fontes au bois pour la production de la fonte trempée.

Un certain nombre d'expériences comparatives faites à la *Grusonwerk*, sur des barrettes faites de mélanges de fontes différentes, tant au bois qu'au coke, ont donné les résultats qui sont consignés dans le tableau ci-après. On a essayé 44 mélanges de fontes différentes.

De chaque mélange, on coula quatre éprouvettes, de telle sorte que deux fussent toujours coulées à la fois horizontalement dans des moules en sable. Ces éprouvettes ne furent pas travaillées; on leur donna une section transversale de 26 millimètres carrés et une longueur utile de 942, afin que ces expériences puissent être mises en parallèle avec d'autres faites précédemment sur des éprouvettes de fonte au bois de mêmes dimensions.

Premier groupe.

ÉPROUVETTES CARRÉES DE FONTE TREMPÉE. — RÉSISTANCE A LA FLEXION.				ÉPROUVETTES RONDES. Résistance à la tension. Charge de rupture moyenne pour 4 éprouvettes.
NUMÉROS d'ordre.	NUMÉROS de chaque coulée.	CHARGE de rupture moyenne pour 4 barres.	DÉFORMATION moyenne avant la rupture. (Flèche)	
		K	mm	K
1.	4	21,9 par millim. carré.	22,6	10,3 par millim. carré.
2.	70	46,1 —	23,9	21,3 —
3.	40	47,4 —	19,6	21,8 —
4.	39	45,3 —	20,3	22,1 —
5.	65	44,0 —	20,6	22,4 —
6.	16	43,8 —	28,1	23,1 —
7.	24	45,4 —	24,4	23,2 —
8.	22	42,7 —	24,9	23,4 —
9.	64	42,4 —	18,9	23,8 —
10.	21	47,2 —	24,6	26,3 —
11.	10	46,0 —	19,6	28,1 —

D'autres barres d'essai, au nombre de quatre par mélange, furent rompues sur une machine ordinaire où la pression maxima était exercée graduellement au moyen d'un levier jusqu'à une pression de 10 tonnes; ces éprouvettes avaient

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

114 millimètres de longueur et un diamètre de 16 millimètres; elles étaient sur une longueur de 50, tournées à 113 millimètres de diamètre, soit 100 mm. carrés, cette forme concordant également avec des expériences faites précédemment.

Le tableau ci-dessus indique les résultats des expériences à la flexion et à la traction, et donne en premier lieu les chiffres fournis par les plus mauvais mélanges.

On remarquera dans ce tableau que les résultats des expériences à la traction et à la flexion ne concordent pas pour les mêmes barres, mais les essais à la traction sont néanmoins les plus exactes.

Les expériences n^{os} 9, 10 et 11 concordent avec celles qui avaient été faites précédemment sur de la fonte au bois. Les résultats de quelques expériences à la traction faites sur des éprouvettes de fonte au bois de mêmes dimensions ont varié entre 24^{k},700 et 28^{k},300 par millimètre carré de section.

On coula en outre 8 éprouvettes de chacun des mélanges n^{os} 2 et 11, on leur donna 1^{m},10 de longueur, soit 1 mètre de longueur utile, et 30 mm. carrés de section; des morceaux de ces barres, une fois rompues, on tira des éprouvettes cylindriques de 20 de diamètre et de 200 de longueur.

Les expériences à la traction et à la rupture furent faites sur une machine à double effet et à charge maxima de 50 tonnes.

Pour mesurer l'allongement, on se servit d'un appareil construit à la *Grusonwerk* et enregistrant, au moyen d'un vernier, cet allongement sur 200 millimètres à un huitième de millimètre près. Le tableau ci-après donne les résultats de ces expériences :

Deuxième groupe.

ÉPROUVETTES CARRÉES. RÉSISTANCE A LA FLEXION.				ÉPROUVETTES RONDES. RÉSISTANCE A LA TRACTION.		
Numéros d'ordre.	Numéros de coulée.	Charge de rupture moyenne pour 4 barres.	(Flèche) Déformation moyenne avant la rupture.	Charge de rupture moyenne pour 4 barres.	Allongement moyen sur 0^{m},050 sous charge de 3,000 kilos.	Allongement moyen sur 0^{m},050 sous charge de 6,000 kilos.
			millim.		millim.	millim.
2	70	39,7 par millim. carré.	22,8	20,9 par millim. carré.	0,0134	0,0234
3	40	40,3 —	22,6	20,0 —	0,0223	0,1362
4	39	41,7 —	17,6	24,7 —	0,0971	0,3196
5	65	36,8 —	16,1	24,3 —	0,1150	0,3017
6	16	36,7 —	13,9			
7	24	38,6 —	24,1	20,1 —	0,0167	0,0675
8	22	37,2 —	23,1			
9	64	37,3 —	17,0	23,7 —	0,1250	0,3302
10	21	42,7 —	19,2	25,3 —	0,0162	0,1295
11	10	38,3 —	13,4	27,8 —	0,0271	0,0845

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On essaya encore trois barres semblables des cinq meilleurs mélanges aux ateliers royaux d'expériences techniques et industrielles de Charlottenbourg (Berlin); les résultats officiels de ces expériences sont consignés dans le tableau ci-après :

Troisième groupe.

ÉPROUVETTES CARRÉES. RÉSISTANCE A LA FLEXION.				ÉPROUVETTES RONDES. RÉSISTANCE A LA TRACTION.		
Numéros d'ordre.	Numéros de coulée.	Charge de rupture moyenne de 3 barres.	Flèche moyenne avant la rupture.	Charge de rupture moyenne de 6 barres.	Allongement moyen sur 0m,050 sous charge de ;	
					3 000 kilog.	6000 kilog.
		kil.	millim.	kil.	millim.	millim.
4	39	33,0 par millim. carré.	16,5	25,3 par millim. carré.	0,1329	0,3621
5	65	39,6 —	17,5	28,7 —	0,1145	0,2605
9	64	40,2 —	19,2	25,8 —	0,1229	0,3533
10	21	31,8 —	14,6	26,0 —	0,1295	0,3679
11	10	41,1 —	19,0	30,0 —	0,1164	0,3002

Les chiffres obtenus à Charlottenbourg sont plus élevés que ceux de la *Grusonwerk*, quoique les éprouvettes des deuxième et troisième groupes provinssent de la même coulée. Les différences de résistance à la flexion en faveur des ateliers de Charlottenbourg s'expliquent par ce fait qu'on y augmentait la charge d'une façon plus lente; ils sont la preuve qu'un bon mélange de fonte trempée présente plus de qualité qu'une fonte ordinaire.

Le n° 11, composé d'un mélange de fonte au bois et de fonte au coke, a donné les plus forts résultats dans les essais à la traction, soit 28 kilog. par millimètre carré de section, ce qui dépasse de moitié la résistance de la fonte grise dont la charge de rupture est ordinairement de 12k,5.

On ne peut établir de règles absolues pour la composition chimique d'un alliage de fonte trempée, ni même adopter, comme base de l'alliage, telle ou telle marque, car les résultats donnés par deux éprouvettes provenant des mêmes gueusets et de fontes de même marque sont très différents, si leur fusion n'a pas eu lieu dans les mêmes conditions. L'analyse chimique ne peut donc être que le complément de l'essai à la machine, mais elle ne peut la remplacer, tout en laissant encore une large place à l'expérience pratique du fondeur pour le choix des marques, selon le degré de résistance désiré.

Quand Gruson eut perfectionné son matériel, il chercha le moyen de l'utiliser dans les conditions les plus avantageuses.

En 1860, sa confiance dans la fonte trempée était telle qu'il la proposa pour la fabrication des projectiles. Comme il fallait s'y attendre, son idée d'attaquer du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fer forgé et des plaques d'acier avec des projectiles de fonte fut considérée comme absurde.

Cependant la confiance de Gruson fut largement justifiée, car dès que le projectile trempé eut fait ses preuves comme engin offensif, en 1864, pendant la guerre germano-danoise, dans l'attaque du cuirassé danois *Kolfe Krake*, on lui reconnut, de 1868 en 1874, au cours d'expériences sur le champ de tir de Tegel, une dureté, une force de pénétration et une modicité de prix de revient qui l'emportait de beaucoup sur les projectiles en acier que l'on ne durcissait pas encore à l'époque, et quoique cette opération réussisse parfaitement depuis quelques années, on continue à fabriquer en Angleterre des projectiles en fonte durcie sous le nom de *Palliser shells*, que l'on ne supprimerait sous aucun prétexte, car ils sont employés encore aujourd'hui avec beaucoup de succès dans bien des occasions.

La fonte durcie ayant dépassé toutes les prévisions comme engin offensif, Gruson eut alors l'idée de l'appliquer aux travaux de défense, usage pour lequel ce métal supporte parfaitement les épreuves.

Les coupoles de protection des batteries établies pour la défense intérieure sont aujourd'hui en fer forgé ou en acier doux, on continue cependant à construire le blindage des glacis en fonte trempée, et récemment même la fabrication de la fonte trempée s'est étendue dans de grandes proportions, car on n'a jamais pu employer que ce métal pour la défense des côtes; dans ce dernier cas, en effet, la dureté et le poids du blindage sont à considérer, la dureté empêchant le projectile de pénétrer bien avant dans les plaques et d'exercer un trop grand effort sur l'infrastructure du blindage.

D'autres matériaux permettent aujourd'hui d'établir des plaques de poids et d'épaisseur suffisants pour satisfaire aux conditions techniques d'établissement, mais ils ne peuvent rivaliser comme prix de revient avec la fonte trempée, et lui sont inférieurs comme dureté.

La fonte trempée fut soumise à l'épreuve la plus sérieuse en 1886, à la Spezzia. Une plaque constituant le 1/15 d'une coupole de batterie supporta quatre coups de canon de 43 centimètres. Les projectiles étaient des obus d'acier durci Krupp pesant 1 000 kilogrammes. La charge était d'environ 375 kilogrammes de poudre brune prismatique et la propulsion de 14 700 tonnes-mètres par coup. La plaque fut avariée et légèrement fêlée à la surface extérieure, mais elle n'était nullement entamée et aurait pu parfaitement supporter d'autres chocs.

La fonte trempée acquit dans l'industrie un développement au moins égal, sinon aussi rapide. Gruson fut le premier qui introduisit en Allemagne vers 1860, dans l'exploitation des chemins de fer, l'usage des pointes de croisement en fonte trempée. Ces parties de voie présentant au sortir du moule un profil irréprochable, ne demandent que très peu de retouche. En outre, en raison même de la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bonne qualité des matières employées et du système de fusion en usage, elles offrent une très grande résistance sur les surfaces fatiguées.

Les roues en fonte trempée ont également été employées avec succès dans les compagnies de chemins de fer, mais on leur a substitué depuis des roues à bandages d'acier, qui offrent l'avantage de pouvoir être facilement repassées au tour quand elles viennent à s'user.

Pour la fabrication des aiguilles de tramways à traction de chevaux ou à traction mécanique, la fonte trempée a également rendu de grands services ; car les rails de tramways étant exposés aux dégradations occasionnées par les cailloux et les roues de voitures, ils s'usent et se détériorent bien plus rapidement que les rails de chemins de fer. Gruson, malgré toutes les difficultés que présenta l'opération, parvint à couler en coquille des aiguilles de $3^{m},50$ sans déformation. Aussi ces nombreux avantages, ainsi que les profils multiples déjà obtenus font-ils espérer l'adoption prochaine de la fonte trempée dans les exploitations minières et agricoles.

La fabrication des cylindres durcis est déjà très ancienne, mais elle n'a pris pendant longtemps que peu d'extension en raison de la faible résistance qu'offrait le métal trempé aux grands efforts.

La production croissante de la fonte trempée, tirée des fontes allemandes, ainsi que l'expérience acquise permirent aux ingénieurs de régler d'une façon absolue les proportions de leurs mélanges, selon le degré de dureté à obtenir ; mais ce durcissement lui-même présenta alors une difficulté, le métal ne pouvait plus en effet être travaillé avec des outils ordinaires. On en fut donc réduit au début à ne produire que des cylindres n'ayant pas besoin d'être retouchés, tels que les cylindres compresseurs ordinaires, les cylindres cannelés ou unis pour minerais, etc. ; la fabrication ne commença réellement à devenir florissante que du jour où il fut possible de tourner et de polir les cylindres trempés.

Les cylindres étant d'une dureté équivalente à celle de l'acier ordinaire on ne peut se servir que d'aciers spéciaux et très durs. On achève le travail avec des meules d'émeri faisant 3 000 tours à la minute, promenées lentement sur toute la longueur des cylindres. On fabriquait ainsi des cylindres cannelés ou unis pour laminer le fer, l'acier, le cuivre, le laiton, le zinc, le nickel, l'or, l'argent, l'étain, etc.

Les cylindres servant à la fabrication du papier, du carton, des gommes diverses, etc., demandent encore une plus grande précision de la part du tourneur ; car la longueur des cylindres étant très grande par rapport à leur diamètre, ils sont exposés à fléchir sous l'action de la pression ; ils ne doivent donc pas être parfaitement cylindriques, pour que le papier ne soit pas plus épais au centre qu'aux extrémités. On leur donne par conséquent une épaisseur d'autant plus grande au milieu qu'ils sont soumis à une plus forte pression, de façon à ce que leur adhérence soit toujours parfaite.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On voit que la plus petite erreur de la part du tourneur peut le forcer à retourner un cylindre; car pour la fabrication des tissus gommés employés en médecine par exemple les épaisseurs sont de 1/36 000.

Le polissage doit également être irréprochable, car la moindre défectuosité apparaîtrait sur le papier cylindré. La différence dans la dureté influe également sur le tournage et le polissage.

On a également beaucoup employé la fonte trempée pour concasser et pulvériser, et c'est dans cette industrie que les surfaces utiles ont à supporter les plus grands efforts.

Pour le concassage des matériaux la machine à casser les pierres ainsi que les broyeurs dits « Breaker Jaws » consistent en de simples plaques à larges cannelures disposées de manière à être facilement mises dans la machine et en être retirées.

Quand les pierres dures, les minerais ou la terre doivent être réduits en poudre, on se sert de machines à cylindres dont la surface extérieure est laissée brute.

L'application à la meunerie des cylindres à moudre le blé s'est rapidement développée depuis douze ans, c'est-à-dire à mesure que la fabrication des cylindres se perfectionnait davantage.

Certains cylindres sont coulés avec un vide intérieur et sont munis d'un axe en acier; ils sont ensuite passés à la meule et enfin cannelés en hélice par une machine spéciale. Les angles des cannelures doivent être très aigus, peu cassants quoique assez durs pour ne pas s'émousser facilement, et la couche durcie de ces cylindres assez épaisse pour qu'à l'usage le noyau de fonte tendre ne soit pas mis à découvert, et doit aussi être bien égale afin d'uniformiser l'usure.

Pour le broyage des minerais, des pierres, du ciment, de la terre, on emploie encore les meules courantes dont chaque meule en fonte trempée a un diamètre variant entre $0^m,650$ et $1^m,50$ et une largeur variant entre $0^m,16$ et $0^m,40$; le fond sur lequel manœuvrent ces meules est formé de sections de fonte trempée afin de faciliter le remplacement des parties usées.

Les plus fortes meules employées dans les manufactures de poudre sont massives et pèsent environ cinq tonnes.

La fonte trempée est également adoptée pour la construction des broyeurs hélicoïdaux dont la vis de broyage en fonte trempée a des filets de cinq centimètres de profondeur, et tourne dans un écrou métallique. Ces broyeurs à vis servent à moudre les minéraux tendres tels que les sulfates, la soude, etc., et remplacent les moulins à cylindre pour la pulvérisation de la chaux et du ciment.

On fabrique également en fonte trempée les mortiers et les bocards.

Les moulins coniques dans lesquels le broyage s'opère au moyen d'un cône cannelé à l'extérieur qui tourne dans un manchon conique également, et cannelé

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lui-même à l'intérieur, sont aussi construits en fonte trempée; on les emploie pour pulvériser les matières tendres telles que les sels, les sulfates, les charbons, les os bouillis, le bois, etc. Ils sont très avantageux en raison de leur grand débit.

Enfin une machine qui sert au broyage, des scories basiques, des ciments, des minerais, sans faire de poussière.

La fonte trempée est encore employée dans la fabrication d'outillages spéciaux exposés à s'user très rapidement; comme les glissières de chemins de fer, les crics, les coutres de semeuses mécaniques, les bras de moissonneuses, les appareils servant à fabriquer des briquettes, les têtes de pistons, les marteaux, les enclumes, les étampes, les tables à découper, les pics, les cylindres pour empierrer les routes, etc.

La fonte trempée est encore employée pour les cylindres et pistons à vapeur, les presses hydrauliques, les petites plaques tournantes, les chariots de transbordement, les disques de concasseurs de coke et de charbon, les sabots de freins, les canons d'alarme et les timbres de signaux de chemins de fer.

La fonte trempée en raison de son grain serré résiste encore à certaines influences, elle sert à fabriquer des bassines et des cornues de chimie, des creusets pour le plomb, le zinc, la soude et le sulfate, des creusets à recuire pour les fabricants de limes, des bacs à sels et acides, etc.

On peut également citer en dernier lieu les meules des moulins « Excelsior » construits par la « Grusonwerk » pour la mouture des grains et dont les aspérités aiguës, dépassant en régularité et en résistance tous les essais faits précédemment avec d'autres métaux, ont amené la fourniture de plus de 12 000 meules de ce modèle depuis 1880.

Au cours de la discussion, qui suivit cet exposé, M. Ch. Wood cite le grand télescope du Cap de Bonne-Espérance construit pour M. Georges Bidell Ayrey, l'astronome de l'État, et dont les supports sont en fonte trempée; les tourillons ont environ 18 à 20 centimètres de diamètre et sont trempés à une profondeur de 15 millimètres. M. Wood mentionne également l'application de la fonte trempée pour les coussinets de chemin de fer.

M. E. Cowper dit que les cylindres de laminoirs devant être trempés à une très grande profondeur, on est obligé d'employer des moules, ou coquilles, très épais qui sont chauffés et que l'on enduit à l'intérieur d'un mélange de vieille bière et de poudre à canon pulvérisée, de façon à ce qu'une fois cet enduit desséché et dès que le métal fondu est coulé dans les moules, la composition brûle et permet à la trempe de se produire, en empêchant une couche d'air de s'interposer entre le métal et le moule.

M. Strick dit que l'absence d'une proportion assez forte de manganèse amène une prise trop rapide du métal et détermine, par suite des soufflures, tandis que

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

quand le manganèse est ramené à des proportions normales par un moyen quelconque, addition de minerais de manganèse ou autre, les soufflures et les criques disparaissent presque complètement. D'après M. Reimers les cubilots des Grusonwerks sont cylindriques et ont de 4 à 9 tuyères de 10 à 20 centimètres de diamètre, ils fondent la fonte blanche et la fonte grise en proportions égales et brûlent le coke le meilleur et le plus propre. On tire de chaque grande fusion des éprouvettes variant entre 6 et 24 millimètres carrés qui sont essayées le lendemain à la machine à essayer. La résistance et la profondeur de la trempe sont en raison directe de l'épaisseur de l'éprouvette. La température doit être proportionnelle à l'importance de la coulée. La fonte, d'après M. Reimers, devrait toujours être amenée dans les moules vers l'endroit le plus loin de la pièce à couler : ainsi pour couler un cylindre, la fonte chaude devra monter tangentiellement dans le moule.

M. Reimers donne également les résultats de quelques analyses faites aux Grusonwerks et donne en même temps la profondeur de trempe remarquée, la charge à laquelle les éprouvettes furent soumises à la compression et le degré de flexibilité.

CARBONE total.	CARBONE combiné.	GRAPHITE.	PHOSPHATE	SILICIUM.	SOUFRE.	MANGANÈSE.	PROFONDEUR de la trempe.	CHARGE de rupture par mill. carré.	FLÈCHE avant la rupture.
							millim.	kilog.	millim.
3,535	0,410	3,125	0,410	1,440	0,077	0,648	5	36,4	25
3,547	0,402	3,145	0,508	1,446	0,060	0,820	10	47	26
3,497	0,603	2,894	0,482	1,365	0,082	1,278	20	54	28
2,837	0,351	2,486	0,670	1,070	0,193	0,590	20	46	18
2,896	0,493	2,403	0,592	0,812	0,235	0,446	25	45	16
3,889	0,782	3,107	0,279	0,859	0,091	1,355	35	37,6	14,5
3,625	0.780	2,845	0,387	0,606	0,086	0,995	40	43,3	14
3,540	0,545	2,995	0,351	0,513	0,074	0,936	40	42,2	14,5
3,295	0,590	2,705	0,399	0,793	0,055	1,253	45	47,1	15,5
3,490	0 670	2,820	0,335	0,835	0,047	1,469	50	48,9	16,5
3,755	0,815	2,940	0,247	0,728	0,083	1,928	50	39	9

(*Journal of the Iron and Steel Institute.*)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS ÉCONOMIQUES

NOTE SUR LA CONSTRUCTION D'UN TÉLESCOPE ÉQUATORIAL A RÉFLEXION DE CINQ PIEDS ($1^m,52$). PROCÉDÉ EMPLOYÉ POUR DONNER AU MIROIR SA COURBURE DÉFINITIVE, ET DÉTAILS DU MODE D'ESSAI ADOPTÉ, PAR M. A. COMMON.

La méthode qui permet d'essayer un miroir concave en se plaçant à son centre de courbure a été portée, grâce surtout à Foucault, à un tel degré de perfection, qu'on peut terminer complètement un semblable miroir, avec la certitude à peu près absolue de lui donner une forme rigoureuse, sans qu'il soit nécessaire d'examiner l'image qu'il fournit d'une étoile.

Les grandes dimensions du miroir de cinq pieds, et la façon dont il était placé sur la machine, rendaient très pénible l'observation de l'image d'une étoile, pour peu que celle-ci se trouvât à une certaine hauteur au-dessus de l'horizon ; aussi a-t-on réglé toutes les opérations à l'aide d'une lumière artificielle placée au centre de courbure, et ce n'est que lorsque le miroir a été argenté et monté dans le télescope, qu'il est devenu possible de s'en servir pour examiner un astre avec soin. Smith, dans le chapitre II (p. 309) de son ouvrage sur l'*Optique*, publié en 1738, parle, croyons-nous, le premier de l'aspect que présente un miroir concave lorsqu'on l'examine en se plaçant à son centre de courbure, et montre comment on pourrait de cette façon essayer les miroirs et déterminer leur forme. Il ne fut pas donné suite à cette idée, et tous les anciens constructeurs s'efforçaient d'obtenir une courbure définie, soit en disposant leur machine d'une façon particulière, soit en observant un objet terrestre, et c'est le hasard plutôt que la méthode qui leur permettait d'obtenir une forme satisfaisante. Avec les grandes distances focales des anciens télescopes, la courbure sphérique, si elle était rigoureuse, pouvait donner des images aussi satisfaisantes que la courbure parabolique, et jusqu'à une époque relativement assez peu éloignée de nous, les constructeurs ne possédaient aucun procédé de mesure optique ou autre, leur permettant de reconnaître si un miroir était bon ou mauvais. Comme le dit sir John Herschel dans son ouvrage sur le *Télescope* (p. 81) :

« Nous ferons remarquer ici, une fois pour toutes, que c'est grâce à une bonne forme de courbure qu'on obtient une bonne image, et que les distinctions géométriques entre le paraboloïde, la sphère et l'hyperboloïde sont surtout des abstractions théoriques, lorsqu'il s'agit de donner leur forme aux miroirs et de les polir, attendu qu'il n'existe pas de procédé pratique de mensuration permettant de reconnaître la forme qu'affecte une surface ; on doit s'en rapporter pour cela à ses propriétés optiques. »

La méthode d'essai au centre de courbure, telle qu'elle a été étudiée par

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Foucault, Draper et quelques autres, permet d'examiner la nature de la surface obtenue et de la comparer à une surface parabolique, à peu près avec telle approximation que l'on veut. En outre, la méthode est d'une grande simplicité en pratique et en théorie. Le pouvoir réfléchissant du verre sous une incidence presque normale est très grand, même si ce verre n'est qu'incomplètement poli. Après un polissage de deux heures, le verre réfléchit généralement assez de lumière pour que l'on puisse examiner la forme de sa surface et reconnaître, s'il y a lieu, les points où celle-ci s'écarte d'une surface de révolution.

Si un point lumineux (obtenu, par exemple, en plaçant devant la flamme d'une lampe à huile ordinaire un écran métallique percé d'un très petit orifice) se trouve à une certaine distance, soit 25 millimètres, d'un côté de l'axe principal d'un miroir, et à une distance de ce miroir égale à son rayon de courbure, une image de l'orifice se formera de l'autre côté de l'axe et dans le même plan perpendiculaire à l'axe que l'orifice lui-même.

C'est l'examen de cette image qui fournit à peu près tous les renseignements utiles sur la surface du miroir.

Si le miroir est parfaitement sphérique, l'image est une reproduction exacte du petit orifice, entourée d'un nombre plus ou moins considérable de franges de diffraction.

Le cône des rayons venant du miroir est également lumineux dans toutes ses sections, et quelque petit que soit l'orifice pratiqué dans l'écran, toute la surface du miroir semble également éclairée pour l'observateur qui se place au foyer, de manière à recevoir la totalité de la lumière.

Si au lieu de recevoir toute l'image de l'orifice lumineux, ou de réduire les dimensions de celui-ci, on intercepte partiellement l'image au foyer à l'aide d'un écran, la lumière que reçoit l'œil arrive également de tous les points du miroir, et on ne perçoit aucune irrégularité dans l'éclairement de la surface. Toutes les fois que le miroir est une surface sphérique, l'interception des rayons au point focal exact ne peut déterminer, dans aucun cas, une inégalité dans l'éclairement du miroir, puisqu'une diminution des dimensions de l'image équivaut exactement à une diminution des dimensions de l'orifice lumineux. La plus légère altération de sphéricité de la surface se reconnaît en arrêtant quelques-uns des rayons au foyer du miroir, car alors, grâce à la différence des distances focales des rayons réfléchis en divers points du miroir, l'éclairement devient inégal, par suite de l'interception inégale produite par un objet placé au foyer du cône lumineux. Il est extrêmement difficile d'obtenir une surface sphérique parfaite, peut-être même ne l'a-t-on jamais obtenue jusqu'à présent, bien que l'on dispose, pour la reconnaître, d'un procédé absolument rigoureux.

Lorsque le miroir, quoique n'étant pas sphérique, affecte la forme d'une surface de révolution parfaite, il est très facile de reconnaître de combien cette sur-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

face diffère d'une sphère, ainsi que de savoir si elle tend vers un paraboloïde ou vers un hyperboloïde.

A notre avis, si le miroir n'est pas une surface de révolution parfaite, il ne reste absolument qu'à en recommencer le polissage. Si la surface s'écarte de la sphère pour affecter la forme parabolique ou hyperbolique, on peut tenir compte de cette excentricité et la mesurer.

Si l'on reconnaît, à la suite de l'épreuve faite au centre de courbure, que le miroir est parabolique, on sait par cela même que les distances focales des rayons émanés des zones extrêmes sont plus grandes que celles des rayons émanés des parties centrales. Une lampe étant placée à une distance fixe du miroir, égale à son rayon de courbure, la distance focale d'une zone particulière au delà de

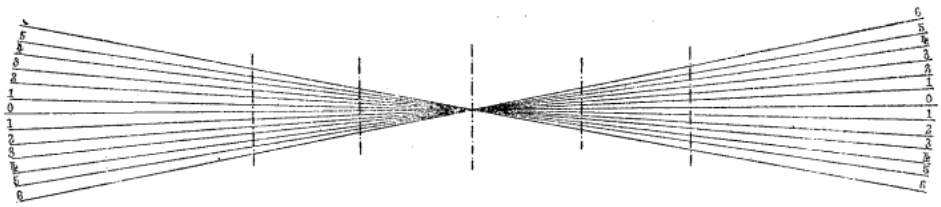


Fig. 1. — Marche des rayons dans un miroir sphérique.

l'image produite par la partie centrale du miroir est donnée avec une approximation suffisante par la formule $a = \frac{D^2}{2R}$, dans laquelle a représente l'aberration ou la différence de position de l'image, D le diamètre de la zone, et R le rayon de courbure du miroir, la source lumineuse étant supposée fixe.

Nous ne connaissons pas d'exemple pratique de miroir hyperbolique, de sorte qu'il est inutile d'entrer dans une discussion à cet égard. Disons seulement que dans ce cas, le foyer des rayons émanés des zones extrêmes tombe entre le sommet du miroir et le foyer des rayons émanés des parties centrales.

La marche des rayons se détermine immédiatement, dans le cas des miroirs sphériques, paraboliques ou hyperboliques, en interposant un écran dans l'image formée au centre de courbure du miroir.

Dans le cas d'un miroir sphérique, comme nous l'avons vu, le miroir est toujours également éclairé, puisque tous les rayons aboutissent au même plan focal, de quelque partie du miroir qu'ils émanent (fig. 1). Dans le cas d'un miroir parabolique, le plan focal des rayons lumineux émanés de la partie centrale (plan focal principal) est plus rapproché du miroir que le plan focal des rayons émanés des parties extrêmes.

Des sections du cône de rayons faites dans des différents plans, soit dans celui du foyer principal, soit dans des plans voisins, sont inégalement éclairées, ainsi

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qu'on le conçoit à l'inspection du diagramme de la figure 2. Une section faite en deçà du plan focal principal présente un centre très lumineux et des bords moins éclairés ; dans le plan focal principal, l'image atteint son diamètre minimum, sans reproduire d'ailleurs nettement la forme de l'orifice lumineux. Au delà du plan focal principal, le centre de la section est presque sombre, et à la périphérie, on remarque un anneau éclairé, dont le bord extérieur est plus lumineux que le reste de l'image. (Les lignes de la figure font comprendre ces particularités.) Dans le cas d'un miroir hyperbolique, la marche du phénomène est renversée.

Il est facile de déterminer les différences de position des foyers pour les diverses zones d'un miroir.

On place des écrans en bois ou en zinc devant ce miroir, en en laissant découvertes les zones successives. Chaque zone forme une image de l'orifice lumineux, et à l'aide d'une loupe montée sur un curseur se mouvant dans une gaîne graduée en fractions de millimètres, on repère les foyers des images, et on lit sur la gaîne graduée les différences de position de ces foyers.

La division zéro du curseur correspond à la position de l'image bien nette

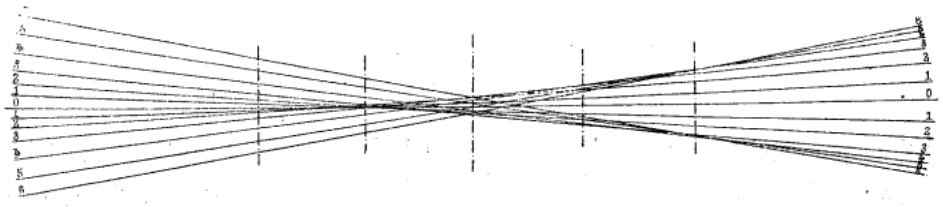


Fig. 2. — Marche des rayons dans un miroir parabolique.

obtenue en ne découvrant qu'une zone centrale de 8 millimètres sur le miroir. Si ensuite on masque cette zone centrale, et si on laisse à découvert une zone annulaire large de $0^m,025$ environ et d'un diamètre moyen de $0^m,30$, il faut éloigner la loupe du miroir pour observer une image nette de l'orifice. Si le curseur indique un déplacement de 3 millimètres, par exemple, nous savons alors que la valeur numérique de a est actuellement de 3 millimètres, et nous pouvons comparer ce chiffre à la valeur théorique calculée d'après la formule ci-dessus. On calculera ainsi a pour toutes les zones.

Le degré d'approximation auquel on parvient par cette méthode est vraiment très remarquable ; des lectures faites par des observateurs différents s'accordent au quart de millimètre près. La comparaison de ces mesures avec les valeurs théoriques, et un examen ultérieur de toute la surface du miroir pour s'assurer de sa régularité et de la continuité des zones, suffisent pour apprécier très exactement la forme obtenue et pour indiquer les modifications qu'il est nécessaire d'y apporter.

On conçoit aisément que, lorsqu'on cherche à déterminer la régularité d'un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

miroir sphérique, on n'a à se préoccuper de la lumière que dans un seul plan, tandis que dans le cas d'un miroir parabolique, l'image que l'on obtient est l'ensemble d'une série d'images successives formées les unes derrière les autres, sur une distance égale en longueur à l'aberration totale de toutes les zones.

Un écran que l'on déplace dans le cône des rayons en le faisant coïncider avec les plans focaux des rayons marginaux et des rayons centraux donne des résultats différents suivant sa position, ainsi que l'indique la figure 2. S'il se trouve dans le plan des rayons centraux, son effet consistera simplement à masquer d'une façon régulière la lumière émanant du miroir ; mais s'il se trouve dans le plan focal des rayons marginaux, l'examen du diagramme montre que la lumière sera masquée d'une façon tout à fait différente. Dans le premier cas, tous les rayons du miroir, excepté ceux qui proviennent des bords, ont traversé l'axe principal avant d'atteindre l'écran. Les rayons voisins du centre l'ont traversé les premiers, et les plans focaux des autres rayons se trouvent de plus en plus éloignés du miroir, par conséquent de plus en plus rapprochés de l'écran, à mesure que les zones d'où ils émanent sont plus voisines des bords du miroir. La rencontre de l'axe a lieu sous un angle plus grand pour les rayons extrêmes que pour les rayons du centre, c'est pour cette raison, et aussi par suite de la différence de position des plans focaux, que l'écran, lorsqu'on le déplace dans les plans focaux des rayons extrêmes, arrête une partie de la lumière émanée du centre avant d'arrêter la lumière provenant des bords. Les rayons qui ont déjà traversé l'axe et s'en éloignent sont arrêtés avant les rayons extrêmes qui coupent l'axe principal justement dans le plan de l'écran. En d'autres termes, on voit qu'il existe un point du miroir dont les rayons, parvenus au foyer et ayant coupé l'axe, sont rencontrés en premier lieu par l'écran se déplaçant, comme nous l'avons dit, dans la région des plans focaux des rayons marginaux. L'œil qui examine la surface éclairée du miroir verra donc ce point s'obscurcir en premier lieu lorsqu'on fera mouvoir l'écran. Cet obscurcissement s'étend sur la moitié de la surface du miroir, et se continue en sens inverse sur l'autre moitié jusqu'à ce que les dernières traces de lumière disparaissent au point opposé à celui où l'obscurcissement a commencé.

On peut remplacer l'écran par l'iris de l'œil, en déplaçant lentement la tête de façon à ce que la pupille coupe la zone exactement comme le ferait l'écran; toutes les irrégularités de la surface sont aussitôt décelées par les irrégularités de l'éclairement et les moindres défauts du miroir deviennent très apparents.

On peut faire un excellent essai préliminaire en employant, au lieu de l'orifice lumineux dont nous avons parlé jusqu'ici, une plaque mince de zinc percée de trous d'environ $0^m,0008$ de diamètre, distants entre eux de $0^m,0016$, ou bien un fragment de gaze fine. On examine l'image formée, soit directement avec

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'œil, soit avec une loupe de faible grossissement, et on reconnaît fort bien ainsi la régularité de la surface et l'importance de l'aberration.

Avec un miroir sphérique, toutes les images des trous sont circulaires, de quelque façon que l'œil soit placé en dehors du centre de courbure. Avec un miroir parabolique, les trous centraux restent circulaires, tandis que ceux dont les images vont se former en apparence au bord du miroir ont la forme d'ellipses dont les grands axes sont dirigés vers le centre du miroir. A mesure que l'œil s'éloigne, ces ellipses s'allongent et celles qui se trouvent tout à fait sur les bords finissent par paraître aplaties. Cet effet peut être rendu plus sensible en réduisant artificiellement le champ de la pupille; on regarde pour cela le gril de zinc à travers un petit orifice, et la moindre irrégularité de la surface, la plus petite différence avec une surface de révolution, apparaissent très nettement grâce à la déformation irrégulière des images des trous. En éloignant encore l'œil, le miroir peut paraître convexe, avec l'image du gril nettement dessinée, et les irrégularités apparaissent ainsi de la même façon qu'avec une visée ordinaire lorsque les rayons ont rencontré l'axe principal.

Dans les essais du miroir de $1^{m},52$, la lampe employée était une petite lampe de microscope à mèche plate brûlant de l'huile de paraffine. La cheminée était en métal et sur la face antérieure on pouvait faire glisser des verres de $25^{mm} \times 75^{mm}$. Au lieu de verres, on a employé avec avantage des feuilles d'étain percées de diverses ouvertures.

Une autre disposition très commode consiste à pratiquer une série d'ouvertures dans un écran tournant fixé contre la plaque de verre, ce qui permet de comparer facilement les diverses images formées par ces ouvertures, et ce qui évite autant que possible de remuer la lampe au cours de l'essai. Une des ouvertures, d'un diamètre de 1/4 de millimètre environ, sert spécialement à étudier les zones et permet d'examiner très aisément des zones de 18 à 25 millimètres de diamètre. Les zones voisines du sommet du miroir peuvent, bien entendu, être de moindre largeur que celles voisines du centre, à cause de leur plus grand diamètre. On confond en une seule zone les 15 premiers centimètres à partir du centre, la lumière de cette région venant au foyer sous un angle tellement aigu que les différences d'aberration ne sont pas appréciables à la lecture.

Pour essayer les miroirs à courte distance focale, il est bon de disposer devant la lampe un prisme à angle droit qui peut être au besoin placé de côté. Cela permet de maintenir toujours très petit l'angle que font les rayons incidents avec les rayons réfléchis, condition importante pour les miroirs de grande ouverture.

La surface totale du miroir à essayer est divisée par des écrans en quatorze zones. La loupe généralement employée pour la détermination des différences de plans focaux est une loupe de Dollond, grossissant environ dix fois. Il con-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vient de répéter trois fois une lecture, d'ailleurs quelconque, afin de s'assurer du degré de précision que l'on peut atteindre. La loupe est montée sur un appareil composé d'un curseur mû par un bouton et un pignon ; les bords du curseur sont divisés de façon à donner le quart de centimètre à la lecture directe et le quart de millimètre au vernier. Pour les essais, on fixe en général la lampe et la loupe

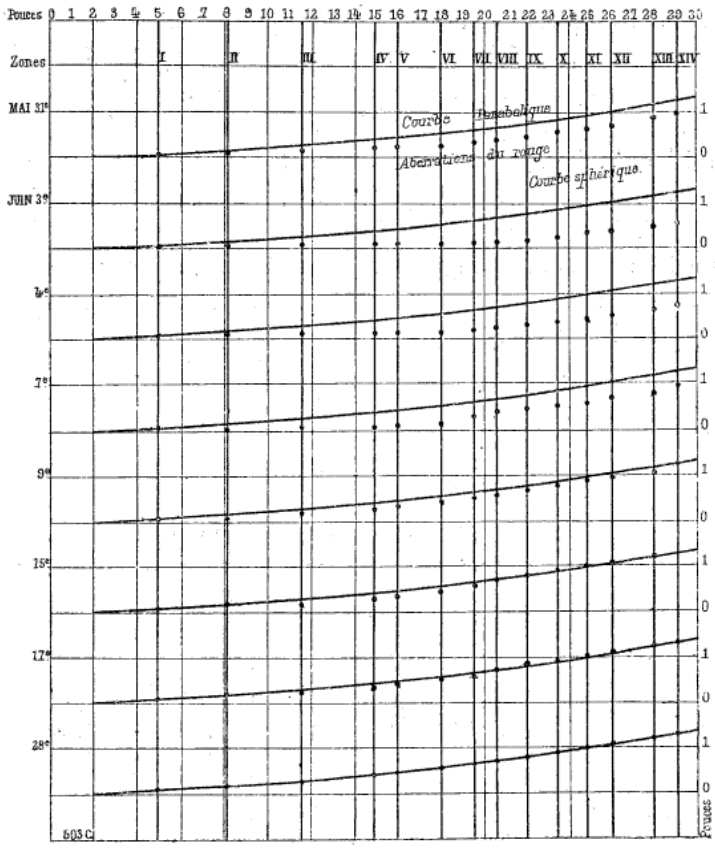


Fig. 3. — Diagramme des aberrations.

aussi près que possible l'une de l'autre, et on centre la loupe en agissant sur le bouton du curseur, l'image restant au milieu du champ pendant l'opération. On met alors en place les écrans dans lesquels les zones sont découpées, et on mesure les aberrations dans l'ordre où se présentent les zones. (Voir tableau I.) A la fin de l'opération, on dresse la table des aberrations observées et on compare avec les aberrations théoriques, mais en pratique, le mieux est de figurer graphiquement les résultats comme l'indique la figure 3.

Une ligne droite horizontale représente la sphère, aucune aberration ne se

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

produisant lorsqu'on mesure les zones d'un miroir sphérique. La ligne a été prise en longueur à la moitié du rayon du miroir, et c'est à cette échelle que les zones ont été indiquées.

L'échelle verticale est double de l'échelle horizontale. Les aberrations théoriques des zones d'un miroir parabolique parfait sont dès lors indiquées par des points situés au-dessus de la ligne horizontale, à des distances qui correspondent à l'aberration théorique. La courbe joignant ces points peut être considérée comme représentant la courbe réelle des aberrations paraboliques, et les aberrations observées pour chaque zone, marquées au moyen de gros points ronds au-dessus de la ligne de la sphère, puis reliées les unes aux autres, donnent une autre courbe qui indique immédiatement les résultats fournis par la surface du miroir.

Dans la construction du télescope de 1^{m},52, on a procédé à des retouches successives du miroir de façon que ces deux courbes se rapprochent le plus possible l'une de l'autre, et les progrès réalisés après chaque retouche s'aperçoivent aisément sur le diagramme. (Pour plus de clarté, on n'a pas tracé la courbe qui joint les gros points ronds.)

Tableau I

ÉCRANS.	NUMÉROS.	RAYON INTÉRIEUR (en millim.).	RAYON EXTÉRIEUR (en millim.).	RAYON MOYEN (en millim.).	ABERRATIONS ABSTRACTION FAITE des aberrations de la zone n° 1 (en millim.).
A.	1	103	155	132	1,04
B.	2	161	251	215	1,62
C.	3	254	333	298	4,33
B.	4	343	393	372	7,25
D.	5	391	435	415	9,15
E.	6	445	488	465	11,90
A.	7	485	523	512	14,20
C.	8	514	545	531	15,75
D.	9	545	585	562	18,12
E.	10	605	620	612	20,34
A.	11	620	651	635	23,12
D.	12	651	685	669	25,35
E.	13	690	745	715	29,20
C.	14	730	755	745	32,20

Examiné avec l'œil au travers du gril, le miroir laisse apercevoir immédiatement une aberration, mais avec un orifice de 1/4 de millimètre environ et une loupe grossissant dix fois, l'épreuve est plus décisive. L'image de l'orifice apparaît très nette dans le plan focal des parties centrales du miroir; l'orifice est entouré d'un anneau nébuleux, moins brillant aux bords, et dont le diamètre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dépend de l'ouverture du miroir et de son rayon de courbure. Lorsqu'on éloigne la loupe du miroir, l'anneau nébuleux se contracte, et l'image centrale s'étend jusqu'au point où les rayons sont le moins confondus. Entre le moment où cette image possède son maximum de netteté et celui où elle atteint son plus grand développement, certains rayons apparaissent très brillants à la surface du miroir. Lorsqu'on a dépassé le maximum de netteté, la lumière commence à augmenter autour des bords de la section et les anneaux, s'il en existe, se montrent de nouveau.

Tableau II

ZONES	CHIFFRES RÉSULTANT DES LECTURES (en millimètres).			ABERRATIONS MOYENNES (en retranchant 0m,019.)	ABERRATIONS CALCULÉES.
1.	19	19	19	0	0
2.	21	21	21	1,7	1,5
3.	23	23	23	4,4	4,4
4.	25,4	25,4	25,4	6,4	7,2
5.	28	28,2	28,2	9,3	9,3
6.	29,9	29,9	29,9	12,1	11,8
7.	33,3	33,3	33,3	14,4	14,3
8.	35,5	35,5	35,5	16,7	16,4
9.	38,1	38,1	38,1	18,6	18,1
10.	40,4	40,4	40,4	20,3	20,3
11.	42,7	42,7	42,7	23,1	23
12.	46,5	46,4	46,4	25,6	25,4
13.	48,7	48,6	48,6	29,2	29,2
14.	50,8	50,8	50,8	32,2	32

Un miroir incomplètement corrigé ou dans lequel les retouches ont dépassé le but peut sembler parfait si l'on s'en tient à l'essai au moyen du gril, à l'examen des caustiques et à la constatation d'absence d'anneaux; c'est seulement par l'étude des zones qu'on obtient l'assurance complète de la perfection rigoureuse d'un miroir, sans recourir à l'examen de l'image d'une étoile.

Le tableau I donne les observations relatives aux cinq écrans qui ont été employés. (La colonne 6 donne les aberrations longitudinales calculées pour chaque zone, déduction faite de l'aberration de la première zone.)

Dans la lecture des zones, on étudie en même temps toutes celles d'un même écran, toutes les zones du miroir, sauf une, étant masquées pendant l'opération par des anneaux en zinc. Il résulte de là que les lectures ne se suivent pas dans un ordre régulier.

Le tableau II donne (col. 4) les aberrations résultant pour chaque zone de trois lectures dont la colonne 3 donne la moyenne.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

NOTICES INDUSTRIELLES

EXTRAITES DES PUBLICATIONS FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES

La question des filetages en Allemagne, par Ed. Sauvage. — La *Zeitschrift des vereines deutscher ingenieure*, 1893, p. 473 et 515, donne des détails intéressants sur les projets d'unification des filetages, étudiés en Allemagne. La question a été traitée par une commission de l'Union des ingénieurs et dans des conférences tenues à l'exposition de Frankfort en 1891 et à Munich en décembre 1892, où l'on s'est occupé des petites vis et des vis mécaniques. Nous donnons le résumé de ces travaux comme suite à notre mémoire publié dans le *Bulletin* de la Société, 1893, p. 179.

Outre la récente publication citée en tête de notre article, on peut encore consulter, à ce sujet, dans la *Zeitschrift des vereines deutscher ingenieure*, les années 1888, p. 883 et 1892, p. 1233 et 1302, et le compte rendu officiel de l'exposition de Frankfort, t. I, p. 93.

La conférence de Frankfort s'est occupée des petites vis, dont les diamètres sont compris entre 8 et 10 millimètres, elle a proposé l'échelle suivante :

Diamètres.	Pas.	Ouvertures de clé.
millim.	millim.	millim.
6	1	12 (11)
7	1,1 (1,2)	14
8	1,2	16 (14)
9	1,3 (1,4)	18
10	1,4	20 (18)
12	1,6	22
14	1,8	25
16	2	28
18	2,2	31
20	2,4	34
22	2,8	37
24	2,8	40
26	3,2	43
28	3,2	46
30	3,6	49
32	3,6	52
36	4	58
40	4,4	64

Cette échelle a été quelque peu modifiée par la conférence de Munich : dans le tableau arrêté par cette conférence et adopté par l'Union des ingénieurs, le diamètre de 8 millimètres est supprimé : les pas les plus fins ont été grossis. Nous donnons entre parenthèses ces pas modifiés.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour les vis mécaniques, la conférence et l'Union des ingénieurs sont d'accord pour proposer, comme forme du filet, le filet dérivé du triangle isocèle avec troncatures droites, à cause de la difficulté d'exécuter avec précision les filets arrondis. La forme adoptée dérive du triangle dont la hauteur est égale à la base ou au pas, avec troncatures du huitième de la hauteur. Le triangle équilatéral avait cependant de nombreux partisans, qui ont vivement exprimé leurs regrets.

L'échelle adoptée à Munich, puis par l'Union des ingénieurs, est la suivante ; entre parenthèses sont les chiffres primitivement proposés par l'Union des ingénieurs :

Diamètres.	Pas.
millim.	millim.
0,8	0,15
1	0,2 (0,25)
1,2	0,2 (0,25)
1,4	0,25 (0,3)
1,7	0,3 (0,35)
2	0,35 (0,4)
2,3	0,4
2,6	0,45
3	0,5
3,5	0,6
4	0,7
4,5	0,75
5	0,8
5,5	0,9
6	1
7	1,1
8	1,2
9	1,3
10	1,4

En outre, l'Union des ingénieurs avait proposé le diamètre de 5 millimètres avec pas de 1 millimètre et ouverture de 11 millimètres.

On remarquera que la série est limitée au diamètre de 40 millimètres : il a été décidé qu'il n'était pas utile d'y comprendre des diamètres supérieurs.

Comme point de détail, la conférence de Munich a discuté l'emploi de tarauds mères d'un diamètre supérieur à celui des vis que doivent donner les filières qu'ils taillent : cette discussion n'a pu aboutir à des conclusions nettes; on a demandé à une commission spéciale l'étude de cette question, qui touche à la fabrication des vis plus qu'au système de filetage.

A la suite de ces diverses études, l'Union des ingénieurs a rédigé des circulaires pour recommander l'adoption du système de filetage proposé ; elle s'est adressée, pour le même objet, aux ministères de la guerre et de la marine. Dans ces communications, elle développe les inconvénients du désordre des filetages et les avantages de l'unité. Elle cite les travaux de Whitworth et de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Sellers. Elle fait remarquer que, si le système Whitworth s'est largement développé en Allemagne, il n'y est cependant pas aussi général qu'on le dit souvent et surtout il a subi des altérations assez considérables.

L'échelle proposée ne nous paraît pas entièrement satisfaisante : les pas et les diamètres ne sont pas liés par une formule simple qui, bien qu'empirique, est une base utile pour un système de filetage. Les pas nous semblent un peu trop multipliés et ne sont pas, pour la plupart, exprimés en fractions assez simples du millimètre. Nous avons déjà fait cette observation à l'occasion d'un des systèmes que nous avons discutés. (*Bulletin* de la Société, 1893, p. 222.)

Nous compléterons la bibliographie que nous avons donnée en mentionnant la publication de MM. C. Delisle, Th. Peters et H. Ludewig, *die metrischen Gewindesysteme*, faite en 1876. Cette publication contient la description de nombreux systèmes de filetage.

Sur le chlore liquide, par M. Fribourg. — L'importante industrie de l'acide carbonique liquéfié est déjà connue de tous les chimistes. L'industrie de la brasserie, les laboratoires emploient ce corps depuis plusieurs années. Il en est de même de l'ammoniaque liquéfiée et de l'acide sulfureux, il reste à dire quelques mots du chlore liquéfié.

L'industrie du chlore liquéfié est encore à ses débuts, l'importance d'un pareil produit ne vous échappera pas, car on peut ainsi transporter sans trop de frais un agent industriel très puissant et indispensable à l'industrie du blanchiment et à tant d'autres industries.

Le chlore liquéfié, occupant un petit volume, pourra remplacer le chlorure de chaux, l'eau de javelle et tant d'autres produits qui ont été substitués au chlore pur, si difficile à transporter à l'état de gaz ou de dissolution.

Le chlore, découvert par Scheele, était connu à l'état liquide dans les laboratoires. Le tube de Faraday qui contient l'hydrate de chlore permettait, en chauffant légèrement une des branches et en refroidissant l'autre, d'obtenir et de montrer dans les cours quelques centimètres cubes de chlore liquide.

Actuellement, le chlore est liquéfié au moyen de pompes, mais le piston au lieu d'être en métal est formé par de l'acide sulfurique, le corps de pompe est un tube en U, en fonte et garni de plomb, une des branches du tube contient du pétrole, l'autre branche de l'acide sulfurique. Le chlore arrive par une soupape à la surface de l'acide. Dans la période d'aspiration, le pétrole s'élève dans la branche du tube en U, tandis que l'acide s'abaisse dans l'autre, le chlore peut pénétrer dans l'espace libre. Dans la période de refoulement, la soupape d'arrivée du chlore se ferme, le chlore comprimé, maintenu gazeux par un manchon d'eau chaude, est conduit dans un réfrigérant en plomb qui le conduit dans les récipients qui sont employés dans l'industrie.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Actuellement, cette industrie est établie dans l'importante usine de M. Pechiney à Salindres.

Les récipients qui servent à le transporter contiennent 50 kilogrammes, le poids de l'emballage est d'environ 100 kilogrammes. Ils sont formés d'un cylindre de fer soudé ou en acier. A la partie supérieure se trouvent deux robinets en bronze, l'un destiné à l'échappement du chlore gazeux, l'autre destiné au remplissage du chlore liquide. A cet effet, le robinet est terminé par un tube plongeant jusqu'au fond du récipient.

Le fer, le cuivre, le plomb ne sont pas attaqués par le chlore anhydre, il n'y a donc aucune crainte à avoir; depuis près de deux ans des récipients font le service sans aucune détérioration.

Un récipient de 50 kilogrammes contient près de 15 000 litres de chlore gazeux. La densité du chlore liquéfié est, en effet, de 1,33 environ.

La pression du chlore à 15° est de 6 kilogrammes; à 35° la pression atteint 10 atmosphères et les récipients sont essayés à plus de 100 atmosphères. Pour les laboratoires, j'ai été amené à étudier un petit modèle de siphon que j'ai l'honneur de vous présenter aujourd'hui.

La bouteille est en fer forgé, un robinet double est fixé à sa partie supérieure. Le chlore liquide entre dans la bouteille par l'un des robinets qui ne sert qu'exceptionnellement; le chlore gazeux peut s'échapper par l'autre marqué de la lettre G qui peut être obturé par un pointeau en bronze percé de part en part. Le pointeau est fileté pour en permettre le fonctionnement, un presse-étoupe, garni de plomb durci, assure l'étanchéité. Une petite portée permet de faire manœuvrer le robinet au moyen d'une petite clef. Le sens d'ouverture est indiqué par une flèche. On obtient ainsi un dégagement de chlore aussi rapide que possible.

Un raccord à oreilles permet de réunir le robinet à la conduite du laboratoire sans crainte d'une fuite quelconque.

Pour obtenir le chlore liquide, il faudrait employer le robinet opposé; de la même façon, on conduirait à la distance que l'on jugerait convenable du chlore sous une pression moyenne de 8 kilogrammes. Le récipient pèse 7 kilogrammes; il contient 4 kilogrammes.

Les avantages que l'industrie pourra tirer de l'emploi du chlore liquide seront considérables le jour où la question du transport à bon marché sera résolue. Quant aux laboratoires, les services que rendra ce produit ne sont pas négligeables : on a, sans danger, dans un appareil peu encombrant, des quantités considérables d'un corps assez long à préparer.

(Bulletin de la Société chimique de Paris.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

BIBLIOGRAPHIE

JOURNAUX ET REVUES

Comptes rendus de l'Académie des Sciences. — *Séance du 15 juillet* 1893, n° 3. — Expériences sur la résistance de l'air et de divers gaz au mouvement des corps, par *L. Cailletet* et *E. Colardeau.*

Annales des Mines, n° 6. — L'industrie des huiles de schiste en France et en Écosse, par *G. Chesneau.* — Étude théorique du rendement réel des machines à vapeur. Application aux locomotives, par *Nadal*.

N° 7. — Sur la détermination du phosphore dans les fers, les fontes et les aciers, par *Ad. Carnot.* — Sur la détermination du phosphore dans les terres végétales, par *Ad. Carnot.*

Mémoires de la Société des Ingénieurs civils. — *Mai* 1893. — Note sur l'emploi de l'assemblage à glissière dans la construction des volants, par *F. Chaudey.* — Note sur l'action du vent sur les ponts métalliques à poutres continues, par *F. Chaudey.* — Note sur les appareils et matières à teindre, par *J. Garçon.*

Juin 1893. — Le canal de la Baltique à la mer du Nord, par *J. Fleury.* — Transport de 10960 et 34000 chevaux de force en Italie, par *D. Federman.*

Revue générale des chemins de fer. — *Juin* 1893. — Fixation des rails sur les traverses en bois. La question des tirefonds, par *Jules Michel.*

Juillet. — Construction du raccordement de la gare de Paris-Nord avec la Petite-Ceinture, par *Tettelin.* — Les nouvelles voitures à intercirculation du chemin de fer Paris-Lyon-Méditerranée, par *Ch. Baudry.* — Chemin de fer mixte de Lauterbrunnen à Mürren (Suisse), par *Moutiers.*

Août. — La manœuvre à distance des aiguilles par fils, par *Ch. Colin.* — Procédés mécaniques de manutention des combustibles employés en France, en Angleterre et en Belgique, par *Jullian.*

Comité des Forges de France. — 26 *juin* 1893, n° 732. — Rapports de la Commission des méthodes d'essai des matériaux.

1er *juillet*, n° 735. — De la conciliation et de l'arbitrage dans les conflits collectifs entre patrons et ouvriers en France et à l'étranger. — Meeting annuel de l'Iron and Steel Institute.

1er *août*, n° 751. — La réglementation du travail.

15 *août*, n° 758. — Réunion de l'Iron and Steel Institute.

Génie civil. — 19 *juin*, n° 7. — Les phares, conférence de *Bachet.*

15 *juillet*, n° 11. — Nouveau système d'arrêt rapide des transmissions, par *Henri Mamy.*

22 *juillet*, n° 12. — Emploi de la force hydraulique pour la production de l'électricité. — Mulhausen et Saint-Étienne, par *Crépy.* — Le nouveau phare de la Hève. — Feu-éclair électrique de premier ordre, par *R. Audra.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

29 *juillet*, n° 13. — Travaux publics. Pont de chemin de fer avec tablier en tôles courbées, par *Crépy*.

5 *août*, n° 14. — Rectification automatique et continue des alcools par première distillation, par *F. Desquiers*. — Essai de pavage métallique le long des rails de tramways.

19 *août*, n° 16. — Distribution nouvelle appliquée aux locomotives, par *Saintive*.

26 *août*, n° 17. — Distribution nouvelle appliquée aux locomotives, par *Saintive*. (Suite.)

Bulletin de la Société de l'industrie minérale. — Tome VII (1893), 1re livraison. — Note sur l'exploitation des pétroles de Bechelbronn (Alsace) et les gisements de sables pétrolifères de la montagne du Credo (Ain), par *Pochon*, ingénieur civil. — Étude sur le gisement cuivreux de Limognardi, montagnes de l'Othrys (Grèce), par *G. A. Georgiades*, ingénieur civil des mines.

Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse. — *Juin* 1893. — Hygiène industrielle. — Recherches organisées par la Société industrielle sur la ventilation et l'humidification des salles de filatures et de tissage.

Rapport sur la ventilation d'une salle du tissage de la Société cotonnière mulhousienne, ci-devant Schlumberger fils et Cie, à Mulhouse (avec 2 pl.).

Juillet. — Affaiblissement des tissus de coton par les mordants de fer destinés à la teinturerie, par *Albert Scheurer*. — Affaiblissement de la fibre du coton par l'acide tartrique, par *Albert Scheurer*.

Revue industrielle. — 24 *juin* 1893, n° 25. — Désulfuration de la fonte et de l'acier procédé *Saniter*. —Transmission de la force par courroies et câbles à adhérence magnétique, système *Th. A. Edison*.

1er *juillet*, n° 26. — Huile siccative, exempte de plomb et incolore. Action de l'électricité sur la carburation du fer par cémentation.

8 *juillet*, n° 27. — Influence de la température de recuit sur les propriétés mécaniques et la structure du laiton. — Filtre à amiante et à éléments tubulaires, système *Hamelle*. — Filtrage des liquides à l'aide de la force centrifuge.

15 *juillet*, n° 28. — La trempe électrique des métaux. Nouvelle méthode de transformation directe des courants alternatifs en courants de même sens.

22 *juillet*, n° 29. — Chaleur de combustion du gaz de houille et sa relation avec le pouvoir éclairant.

29 *juillet*, n° 30. — Production électrolytique du chlore et de la soude, par *C. F. Crosse* et *E. J. Bevan*.

9 *août*, n° 31. — Procédé de récarburation des aciers Bessmer et autres, par *Schneider et Cie*.

12 *août*, n° 32. — Fabrication de l'oxygène avec le plombate de chaux.

19 *août*, n° 32. — Fontaine à eau chaude.

26 *août*, n° 34. — Fusion des métaux par l'électricité et coulée sans soufflure dans l'air raréfié.

Répartition du phosphore au haut fourneau.

Chronique industrielle. — 25 *juin*, n° 26. — Compteur perfectionné avec avertisseur automatique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2 *juillet*, n° 27. — Insuffisance des essais des chaudières.

9 *juillet*, n° 28. — Compteur perfectionné avec avertisseur automatique.

16 *juillet*, n° 29. — Procédé de filtration des liquides, par *Féraud*.

13 *août*, n° 33. — Fabrication des chaînes calibrées.

20 *août*, n° 34. — Régulateur à quatre pendules. — Extraction de l'étain des rognures de fer-blanc.

27 *août*, n° 35. — L'électricité dans l'industrie. — Note sur les installations mécaniques du port de Dunkerque, par *Ch. Bourdon*.

3 *septembre*, n° 36. — Procédé de filtration des liquides (suite). — Filtre universel *Féraud*.

17 *septembre*, n° 38. — Procédé de filtration des liquides (suite et fin). — Filtration des vins.

Bélier hydraulique à pulsations rapides, système Decœur.

Sur un essai de l'hélice à propulsion verticale. (Note de *M. Mallet* présentée par *M. Janssen*, à l'Académie des sciences.)

Bulletin de la Société internationale des électriciens. — *Juin* 1893, n° 99. — Les étincelles aux balais, par *W. C. Sechniewsky*.

Juillet, n° 100. — Appareil portatif pour la mesure rapide et l'isolement des conducteurs, par *L. Lejeune*.

Action de l'électricité sur la carburation du fer par cémentation, par *Hillairet*.

La Lumière électrique. — 24 *juin* 1893, n° 25. — Relations entre l'intensité lumineuse, le voltage et la puissance de quelques lampes à incandescence, par *C.-P. Feldmann, C.-D. Nagtglas-Versteeg*.

1er *juillet*, n° 26. — L'éclairage électrique pour tous, par *E. Andréoli*.

Compteur de tours électriques Siemens et Halske pour arbres d'hélices. — Communications téléphoniques, sans poste intermédiaire, système Volkers. — Appareil simple pour l'étude des propriétés magnétiques du fer, par *Behn-Eschenburg*.

Fabrication électro-chimique du carborundum, procédé Acheron.

8 *juillet*, n° 27. — Applications mécaniques de l'électricité, par *Gustave Richard*. — Purification des liquides décolorants, procédé Hermite, Patterson et Cooper. — Un nouveau photomètre, par *Alex. P. Frotter*.

15 *juillet*, n° 28. — L'aluminium et son électrométallurgie, par *Gustave Richard*.

22 *juillet*, n° 29. — Applications mécaniques de l'électricité, par *Gustave Richard*. — Électrolyse du sodium, procédé Clay Bull.

Fabrication électrolytique des fils ou des bandes de cuivre procédé Sanders. — Allumage et extinction des lampes à distance, système Vialis-Chabrand.

5 *août*, n° 31. — Détermination de l'équivalent mécanique de la calorie par les méthodes électriques, par *J. Blondin*. — Applications mécaniques de l'électricité, par *Gustave Richard*.

12 *août*, n° 32. — Chemins de fer et tramways électriques, par *Gustave Richard*.

19 *août*, n° 33. — Perfectionnements dans les machines à courant continu, par *F. Guilbert*.

26 *août*, n° 34. — Pile pour éclairage domestique, par *Jules Le Noble*.

L'Électricien. — 24 *juin* 1893, n° 130. — La garantie des accumulateurs, par *Leroy*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1er *juillet*, n° 131. — Le nouveau laboratoire central d'électricité, par *J.-A. Montpellier*.

8 *juillet*, n° 132. — Curieuses expériences de chauffage électrique, par *Leroy*.

22 *juillet*, n° 134. — Exploitation des arbres à gutta-percha, par le procédé Dieudonné Rigole, par *J.-A. Montpellier*.

29 *juillet*, n° 135. — Nouvel appareil du lieutenant Fissac pour déterminer la position d'un point, par *Leroy*.

12 *août*, n° 137. — Arc et incandescence, par *A. Bainville*. — Les dangers d'incendie par l'électricité, par *Em. Dieudonné*.

19 *août*, n° 138. — Le calage des balais dans les dynamos à courant continu, par *J. Staner*. — Une locomotive électrique de 30 tonnes à attaque directe sur essieu.

26 *août*, n° 139. — Un chemin de fer électrique souterrain à Bruxelles, par *Em. Dieudonné*.

2 *septembre*, n° 140. — La traction électrique des tramways par distribution à potentiel variable et intensité constante, par *Em. Dieudonné*. — Nouveau conjoncteur-disjoncteur spécial pour fortes intensités, système Leroy, par *Leroy*. — Procédés électrolytiques de désinfection et d'épuration des eaux d'égout, par *J.-A. Montpellier*.

9 *septembre*, n° 141. — Les appareils de contrôle des batteries d'accumulateurs employés à l'usine municipale des Halles, par *Leroy*. — Extraction de l'antimoine de ses minerais par les procédés électriques.

Annales de chimie et de physique. — *Juillet*. — Sur le dosage de petites quantités de gaz combustibles mêlés à l'air, par *H. Le Châtelier*. — Action de l'acide chlorhydrique sur l'antimoine et le bismuth, par *A. Ditte et R. Metzner*. — Sur l'état de la matière dans le point critique, par *Angelo Battelli*.

Journal de pharmacie et de chimie. — 1er *juillet*, n° 1. — Les progrès de la photographie en 1891 et 1892, par *Eder et Salenta*. — Procédé pour extraire les substances utiles de la noix de kola, par *Kilsdorf*. — Sur la substitution partielle du cyanure de sodium à celui de potassium dans les cyanures du commerce, par *Stillmann*. — Séparation et dosage du baryum et du strontium, par *Browning*.

Différences chimiques entre le lait de femme et le lait de vache, moyen de compenser ces différences, par *Soxhlet*.

15 *juillet*, n° 2. — Principaux résultats des expériences de *Moissan*, silice, circone. — Sur la préparation du zirconium et du thorium, par *Troost*. — Sur le dédoublement de l'acide carbonique, sous l'action de la radiation solaire, par *Bach*. — Méthode générale pour l'analyse des beurres, par *Brullé*.

1er *août*, n° 3. — Sur l'essai des oxydes de manganèse par l'eau oxygénée, par *Adolphe Carnot*. — Procédé rapide et sûr pour la recherche de l'albumine et du sucre dans l'urine, par *Benno Laquer*.

13 *août*, n° 4. — Procédés employés au laboratoire central de l'administration de la guerre, pour l'analyse chimique des farines, par *Balland*.

Principaux résultats des expériences de *Moissan*.

1er *septembre*, n° 5. — Détermination des matières colorantes du beurre.

Moniteur scientifique. — *Juillet*, n° 619. — Sur un four à gaz, avec récupérateur, par *C. Bigot*. — Récents progrès en matière de brasserie, par le Dr *Delbruck*.

Août, n° 620. — Le poids spécifique des fibres textiles, par *Léo Tignon*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Un réactif très sensible de l'oxyde de carbone. La méthode de *Wolpers* pour l'essai de l'air au point de vue de sa teneur en anhydride carbonique.

Les alliages de fer et de chrome par *R. A. Hadfield* (suite et fin), ferro-aluminium.

Septembre, n° 622. — Recherches sur le mécanisme chimique de l'assimilation de l'acide carbonique par les plantes à chlorophylle, par *A. Bach.*

Des chaux et mortiers, par *Letac* et *Vivien*. — Sur les soies végétales et en particulier le kapok de l'Inde, par *J.-J. Arnaudon*. Contribution à l'analyse des caoutchoucs manufacturés, par le *Dr Rob. Henriques*. — Études sur les factices employés dans l'industrie du caoutchouc, par le *Dr Rob. Henriques*. — La production de la mélasse dans la fabrication du sucre de canne, par *Fritsen-Geerligs*. — Procédé rapide pour la sélection des graines de betteraves, par *F. Herles* et observation sur ce procédé, par *Pellet*. — Dosage de la potasse par réduction du chloro-platinate au moyen du zinc, par *L. Ehrmann*. — Détermination du sucre cristallisé dans la masse cuite, par *E. Vervins*. — Quelques faits relatifs à la technologie chimique des huiles siccatives, à la cuisson des huiles et à leur blanchiment, par le prof. *W. N. Hartley*. — Viscomètre pour l'essai de la viscosité des huiles, par *G. H. Hurst*. — Note sur l'huile de résine, par *J. H. Leeds*.

Revue scientifique, — 3 *juillet*, n° 2. — La métallographie et les essais des métaux, par *Lavergne*.

15 *juillet*, n° 3. — Les ressources minières du Japon.

26 *août*, n° 9. — Vibrations et chute des ponts métalliques, par *D. Bellet*.

2 *septembre*, n° 10. — Nouveau traitement des morsures de serpents d'après *Carreau*.

9 *septembre*, n° 11. — Les phares, par *Bochet*. — Le vieillissement des vins, d'après *Duclaux*.

Revue générale des sciences. — 15 *juillet*, n° 13. — Les nouveaux conducteurs électriques, par *H. Vivarez*.

30 *août*, n° 16. — Les moteurs à pétrole, par *A. Witz*.

La Nature. — 8 *juillet*, n° 1049. — L'indicateur de la marée à Rouen, par *X...*, ingénieur.

5 *août*, n° 1053. — Un nouveau réfractomètre, par *G. M.* — Graduation et réglage des baromètres, par *J.-R. Plumandon*.

12 *août*, n° 1054. — Strabon et le phylloxera, par *Georges Vitoux*. — Machine à vapeur domestique au pétrole, par *J. Laffargue*.

Bulletin de la Société française de photographie. — 15 *juin*, n° 12. — Identité de l'amidol et du diamidophénol. Préparation du collodio-bromure rapide, par *David*.

15 *juillet*, n° 14. — Étalon pratique de la lumière, par *L. Vidal*. — Observations sur la lampe à l'acétate d'amyle employée comme étalon pratique de lumière, par *F. Vidal*. Note sur la construction d'une minute, à l'échelle de 1/200 000 de la carte d'une partie des montagnes Rocheuses du Canada, à l'aide de vues photographiques, par *A. Laussedat*. — Révélateur à la glycine.

1er *août*, n° 15. — Lever topographique des montagnes Rocheuses exécuté par la photographie, par *E. Deville*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Révélateur à la glycine, cuvettes verticales. Augmentation, avec le temps, de la sensibilité des plaques au gélatino-bromure. Élimination de l'hyposulfite de soude, par *Ommeganck*.

15 *août*, n° 16. — Trousse-bésicle de Dehors et Deslandres, par *Gravier*.

1er *septembre*, n° 17. — Procédé pour obtenir directement des images positives à la chambre noire, par *Balagny*. — Épreuves positives obtenues directement à la chambre noire, par *Corsé*.

Journal d'agriculture pratique. — 23 *juillet*, n° 23. — Les réservoirs à vin, par *A. Lesne*.

27 *juillet*, n° 30. — Destruction des guêpes, par *A. Lesne*.

3 *août*, n° 31. — Nouvel appareil pour la cuisson des aliments du bétail, par *A. Dubois*.

10 *août*, n° 32. — Concours régional d'Auxerre, par *E. Thierry*.

17 *août*, n° 33. — Une nouvelle ressource fourragère. La coque d'arachide, par *A. Gouin*. — Le phylloxera, nouveau moyen de le combattre, par *Ch. Naudin*. — La vigne vigoureuse et féconde sans apport d'aucun engrais, par *A. Gay*.

24 *août*, n° 34. — L'agriculture à l'Exposition de Chicago, par *M. Ringelmann*.

31 *août*, n° 35. — Évaluation des graines de betteraves. Emploi des vieilles graines, par *A. Pagnoul*.

14 *septembre*, n° 37. — L'agriculture à l'exposition de Chicago, par *M. Ringelmann*.

Journal de l'agriculture. — 14 *juin*, n° 1386. — Sur l'ensilage des fourrages verts, par *Henry Sagnier*. — Sur les cultures actuelles du froment, par *Leumié*.

17 *juin*, n° 1387. — Appareils de chauffage des serres, par *de Sardriac*.

24 *juin*, n° 1388. — Travaux du comte Paul de Gasparin, par *Th. Schlœsing*.

23 *juillet*, n° 1392. — L'industrie laitière moderne, par *Rigaux*.

29 *juillet*, n° 1393. — Expériences de levures sélectionnées, par *Revol*. — L'industrie laitière moderne, II, par *Rigaux*.

9 *août*, n° 1394. — Expériences de levures sélectionnées, II, par *Revol*. — Traitement des vignes grêlées, par *Félix Sahut*. — Siphon pour les réservoirs d'irrigation, par *de Sardriac*.

26 *août*, n° 1397. — Nouveau mode d'emploi du sulfate de fer contre la chlorose, par *Culeron*. — Expériences sur les betteraves à sucre à Cappelle, par *Fl. Desprez*.

2 *septembre*, n° 1398. — A propos des levures, par *Revol*.

9 *septembre*, n° 1399. — Expériences sur les blés à la station expérimentale de Cappelle, par *Fl. Desprez*.

16 *septembre*, n° 1400. — Le contrôle expérimental des levures, par *G. Jacquemin*. — Expériences sur les blés à la station expérimentale de Cappelle, par *Fl. Desprez*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

BIBLIOGRAPHIE

OUVRAGES REÇUS

GUILLAUME (**Ed.**), Docteur ès sciences, Adjoint au Bureau international des Poids et Mesures. — **Unités et étalons.** Petit in-8°. (*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire*, librairie Gauthier-Villars et fils, Paris).

Ce petit Ouvrage est essentiellement consacré à l'étude de toutes les unités employées dans la science et dans l'industrie ; mais, avant de définir les unités usuelles de chaque grandeur, il était nécessaire d'étudier les grandeurs en elles-mêmes, et indépendamment de toute idée de mesure. La théorie des grandeurs, développée dans la première partie de l'ouvrage, conduit aux relations que l'on a pu établir entre chaque entité et un certain nombre de grandeurs fondamentales, dont le choix, en partie arbitraire, est subordoné à un certain nombre de conditions pratiques. Plusieurs systèmes sont aujourd'hui en présence ; l'auteur énumère les plus rationnels, et montre que d'autres sont possibles.

L'introduction des directions de l'espace, de l'énergie comme grandeur fondamentale, du pouvoir inducteur spécifique et de la perméabilité magnétique ouvre une ère nouvelle dans l'étude des quantités physiques. Ces idées, très modernes, et dont le développement s'est fait presque en entier à l'étranger sont, pour la première fois, coordonnées en un seul ouvrage, et exposées à un point de vue didactique.

Les unités elles-mêmes sont étudiées dans la seconde partie, en même temps que les étalons qui définissent la plupart d'entre elles. Ces unités sont encore très nombreuses aujourd'hui, et il n'entrait pas dans le plan de l'ouvrage de les énumérer toutes. Une attention particulière a été donnée aux unités légales métriques, au système anglais, au système russe, ainsi qu'à quelques systèmes anciens, particulièrement à celui qui était en vigueur en France avant la réforme métrique. Leur relation exacte avec le système métrique a été déduite des travaux les plus récents, dont l'étude approfondie a conduit l'auteur à modifier les nombres généralement admis, non point dans des limites dont le commerce ait à tenir compte, mais assez pour que, dans la réduction des mesures de physique, il soit nécessaire d'apporter de petites corrections aux quantités déterminées avec exactitude en fonction de l'une ou de l'autre.

La notion de longueur seule donne naissance aux unités géométriques, qui font l'objet du premier chapitre ; le temps donne en outre naissance aux unités cinématiques ; en ajoutant l'idée de masse, on obtient les unités mécaniques. Puis viennent les unités de la chaleur, celles de l'électricité et du magnétisme, enfin un court chapitre sur la photométrie.

L'ouvrage contient de nombreux renseignements sur l'histoire des unités et des étalons ; la discussion des propositions qui s'agitent en ce moment en vue des prochains congrès de Chicago, et celle des projets de lois sur les unités électriques lui donnent un intérêt d'actualité qui sera très apprécié de ceux que préoccupent ces questions.

Les diverses unités d'une même grandeur sont comparées dans des tableaux à double entrée, qui permettent de trouver immédiatement les coefficients de réduction réciproque pour toutes les unités usuelles.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Annuaire général de la photographie, publié sous les auspices de l'Union nationale de Photographie et de l'Union nationale des Sociétés photographiques de France, sous la direction d'un *Comité de rédaction* désigné par ces Associations. 2e année. In-8 raisin de 670 pages, avec figures et 10 planches (2 en photogravure, 3 en photocollographie, 5 en similigravure); 1893 (librairie Plon, Nourrit et Cie, et librairie Gauthier-Villars et fils, Paris).

Le Comité de rédaction s'est assuré le concours des sommités photographiques, et, grâce au dévouement désintéressé de tous les collaborateurs, il est parvenu à réunir en un beau volume tout ce qui peut intéresser le monde photographique. L'Ouvrage est divisé en quatre Parties : la première, intitulée *Renseignements officiels*, reproduit les documents officiels concernant les congrès, Sociétés, expositions, journaux, douanes, jurisprudence, brevets. La deuxième, *Variétés*, donne une revue de l'année photographique et une série d'articles originaux sur des sujets pratiques dus à des auteurs faisant autorité. La troisième, *Nouveautés photographiques*, est une revue très complète des formules, appareils, instruments nouveaux; enfin, on trouvera, dans la quatrième Partie, les *listes et adresses* des photographes et celles des industriels dont la fabrication et les produits se rattachent à la Photographie.

En outre des nombreuses illustrations dans le texte, dix grandes planches complètent heureusement cet Ouvrage édité avec luxe et lui donnent un caractère artistique. La place de l'*Annuaire* est marquée dans la Bibliothèque de l'amateur comme du professionnel.

HÉBERT (A.), Préparateur aux Travaux pratiques de Chimie à la Faculté de Médecine. — **Examen sommaire des boissons falsifiées.** Petit in-8°. (*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire*, librairie Gauthier-Villars et fils, Paris.)

A côté de l'étude détaillée et complète des diverses boissons confiée à de savants spécialistes, l'*Encyclopédie des Aide-Mémoire* a voulu consacrer un de ses Aide-Mémoire à l'examen sommaire de ces mêmes boissons. C'est ce but que réalise M. Hébert dans son volume. S'adressant spécialement au public instruit, aux amateurs de science, il passe en revue les principales falsifications des liquides de consommation courante et il enseigne les moyens de les dévoiler d'après les méthodes les plus récentes.

Cet ouvrage résume sous un petit volume un assez grand nombre de faits. Il a exigé pour sa rédaction un travail de compilation assez considérable et assez sérieux de façon à éliminer l'étude des sophistications trop rares et trop difficiles à caractériser, en ne retenant que celles que l'on rencontre généralement et qui peuvent se déterminer d'une manière relativement aisée.

L'auteur a divisé son manuel en cinq Parties consacrées naturellement aux cinq sortes de boissons les plus répandues : *vins, cidres et poirés, bières, eaux-de-vie et liqueurs, vinaigres*. Chacun de ces Chapitres comprend, après quelques généralités sur la boisson considérée (historique, composition des matières premières et de la liqueur obtenue), les variétés, les falsifications les plus répandues et leur caractérisation, enfin une indication sommaire sur les maladies qui peuvent atteindre ces boissons. Dans le Chapitre des vins se trouve une partie spécialement consacrée aux réactifs et aux instruments nécessaires pour effectuer les dosages indispensables des principaux éléments des divers liquides étudiés.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

A une époque comme la nôtre, où les fraudeurs cherchent tous les moyens de tromper les consommateurs sur la qualité ou la quantité de leur marchandise, le livre de M. Hébert répondra, croyons-nous, à un besoin du public éclairé, qui y trouvera les indications nécessaires pour refuser ou accepter, après quelques déterminations analytiques, les boissons qui lui sont livrées.

Vient de paraître l'**Annuaire des Mines, de la Métallurgie de la Construction mécanique et de l'Électricité**, fondé en 1876, par **Ch. JEANSON**, édition 1893.

Répertoire complet des adresses, classées par professions et par départements, pour toutes les Industries et pour toutes les Maisons avec lesquelles peuvent avoir des relations d'affaires l'*Ingénieur*, le *Mineur*, le *Métallurgiste*, le *Constructeur* et l'*Électricien*.

J. GOUGÉ, *directeur*, 92, *rue Perronet*, *Neuilly-sur-Seine*.

J. VOIRIN. Manuel pratique de phototypie (1 vol. in-8, Ch. Mendel. Paris, 1892).

L'auteur décrit toutes les opérations phototypiques d'une façon claire, précise, facilement compréhensible avec l'autorité d'un praticien auquel tous les détails de ce genre de travail sont familiers.

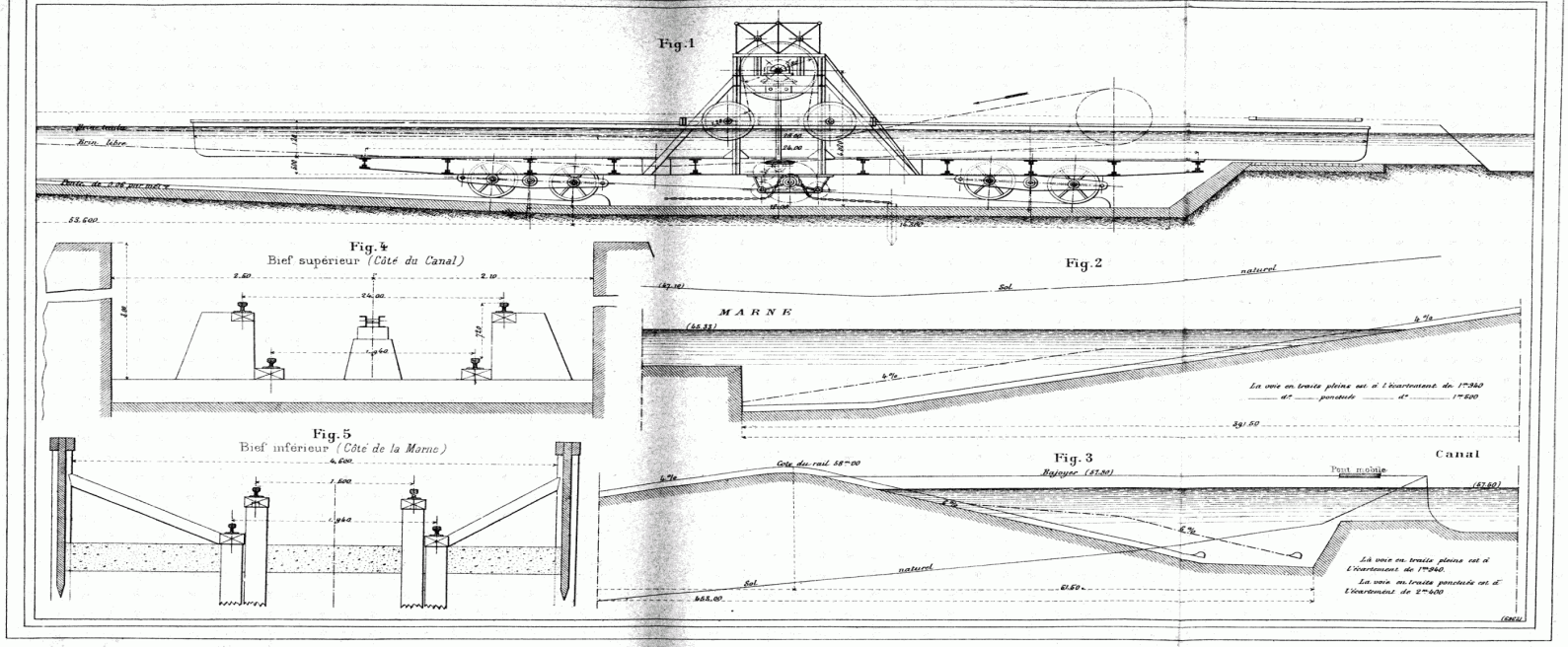
Il s'est proposé de montrer à l'amateur, au photographe et à l'imprimeur, que l'impression de la photographie aux encres grasses est simple, facile, et à la portée de tous; aussi, son ouvrage contribuera certainement à propager dans notre pays ce merveilleux procédé, français d'origine, mais dont l'Allemagne a eu pendant longtemps le monopole à peu près exclusif.

Le Gérant : J.-H. GINESTOU.

Paris. - Typ. Chamerot et Renouard, 19, rue des Saints-Pères. - 30440.

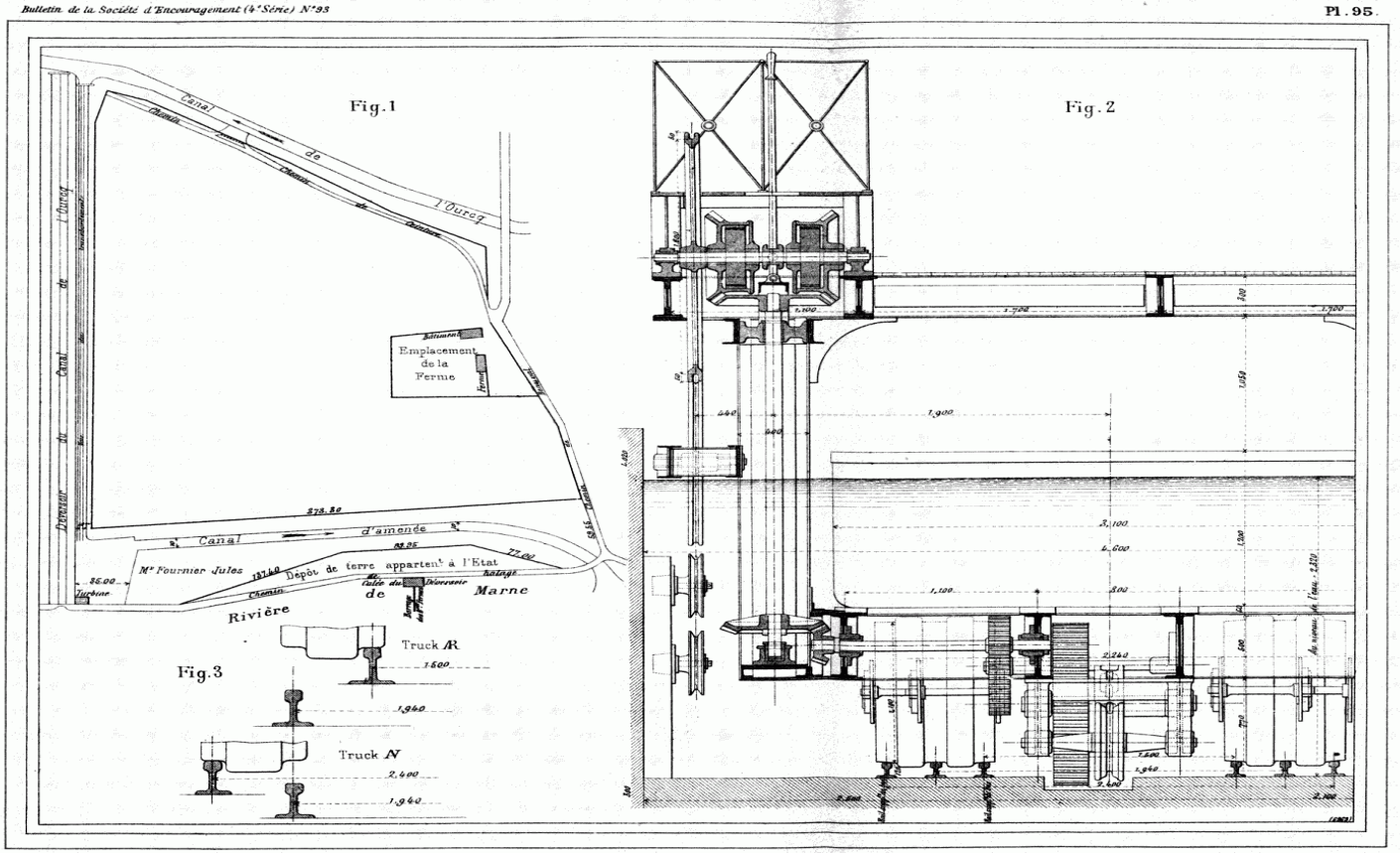
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



PLAN INCLINÉ DE BEAUVAL POUR LE TRANSBORDEMENT DES BATEAUX, par M. JULES FOURNIER.

AVTO-IMP. L. COVRTIER. PARIS.



AVTO-IMP. L. COVRTIER. PARIS.

PLAN INCLINÉ DE BEAUVAL POUR LE TRANSBORDEMENT DES BATEAUX, par M. JULES FOURNIER.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

92e ANNÉE. Quatrième Série, Tome VIII. OCTOBRE 1893.

BULLETIN

DE

LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

ARTS MÉCANIQUES

RAPPORT *fait par* M. IMBS, *au nom du Comité des Arts mécaniques, sur le* MÉMOIRE *de* M. T. SCHLŒSING FILS, *sur les* PROPRIÉTÉS HYGROSCOPIQUES DES MATIÈRES TEXTILES.

M. T. Schlœsing fils décrit dans un mémoire adressé à la Société la méthode et les résultats des expériences qu'il a faites sur les propriétés hygroscopiques des fibres textiles, et dont il avait entretenu la Société dans la séance du 12 mai dernier.

M. Schlœsing a repris à ce sujet des travaux qu'avait abordés autrefois M. Chevreul. Il y a apporté toute la précision scientifique désirable en tenant compte des influences de la température, et sa méthode rigoureuse assure l'exactitude de ses résultats.

Le rôle des textiles est si important qu'il est inutile de faire ressortir l'intérêt du travail que M. Schlœsing a soumis à la Société. Les industriels spéciaux sont, il est vrai, habitués déjà, pour le traitement des textiles, à satisfaire aux exigences qui résultent de leurs propriétés hygroscopiques, et empiriquement au moins ils connaissent ces propriétés dans la mesure approximative nécessaire. Mais les énormes transactions commerciales dont les fibres et les produits textiles de toutes sortes sont l'objet, rendent très regrettables des erreurs, même de faible proportion, commises au point de vue de ces propriétés. Les fibres de bas, et celles de haut prix, réclament à ce sujet une égale précision ; car si, pour celles-ci, l'exactitude est commandée impérieusement par la valeur de l'unité, pour celles-là les quantités à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

considérer sont telles que des coefficients rigoureusement exacts les intéressent peut-être plus encore.

Il est permis d'exprimer le désir que les expériences de M. Schlœsing soient continuées et étendues au lin, au chanvre et aussi aux laines en suint, dont M. Chevreul avait signalé les facultés hygroscopiques tout particulièrement accentuées et les variations d'état d'humidité dans des limites très étendues.

La même méthode expérimentale, appliquée ici aux fibres, est d'ailleurs évidemment applicable et intéressante pour un grand nombre d'autres produits.

Le Comité des Arts mécaniques propose de remercier M. Schlœsing fils pour sa très intéressante communication et d'insérer intégralement au Bulletin le mémoire qu'il a remis avec les tableaux numériques et graphiques qui l'accompagnent.

Signé : Jos. Imbs, *rapporteur.*

Approuvé en séance le 28 *juillet* 1893.

ARTS MÉCANIQUES

Étude sur les propriétés hygroscopiques de diverses matières textiles par M. Th. Schlœsing fils.

Généralités. — Les matières employées comme textiles sont douées de propriétés hygroscopiques très marquées. Exposées à l'air après avoir été desséchées, elles peuvent se charger de quantités d'humidité relativement considérables. On comprend qu'elles se comportent ainsi; elles sont nécessairement composées d'éléments filamenteux très déliés, offrant une grande surface et, par suite, tout à fait aptes, d'après ce qu'enseigne l'expérience, à condenser de notables proportions de vapeur d'eau.

Le commerce dont ces matières sont l'objet, et plus encore les industries qui les traitent, ont certainement intérêt à savoir quelle quantité d'eau elles prennent ou conservent dans des circonstances données. Je me suis proposé de fournir sur ce sujet des renseignements précis (1). En dehors de leur côté pratique, on trou-

(1) Bien des expériences ont été faites sur la question. Je n'en connais pas qui indiquent avec toute l'exactitude désirable les véritables propriétés hygroscopiques des textiles. On en doit d'assez étendues à M. Chevreul. Il en sera parlé plus utilement dans la suite.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vera peut-être à mes recherches quelque utilité au point de vue de l'étude générale de la faculté hygroscopique.

La quantité d'eau que contient une substance hygroscopique en équilibre d'humidité avec l'air ambiant, est fonction de deux variables : la fraction de saturation de l'air (1) et la température. C'est là une idée familière sans doute à la plupart des physiciens et des chimistes, mais moins répandue qu'on le croirait; car on a souvent cherché à déterminer l'humidité que prend telle ou telle substance sans spécifier la valeur des deux variables dont cette humidité est réellement dépendante. On trouve, par exemple, dans les livres, et dans des livres récents, des indications comme celle-ci : la soie conservée dans un appartement sec renferme tant p. 100 d'humidité, et l'on donne un chiffre précis, sans qu'il soit parlé de l'état hygrométrique exact de l'atmosphère ni de la température. Or, dans un appartement qualifié *sec*, l'état hygrométrique peut, ainsi que la température, varier entre des limites très éloignées auxquelles correspondent pour la soie des taux d'humidité allant, comme on verra, du simple au double ou au triple (2).

Quand donc l'équilibre d'humidité est établi entre un corps hygroscopique et l'air ambiant, il y a, à chaque température, une relation entre l'humidité du corps et la fraction de saturation de l'air, de telle sorte qu'à une valeur donnée de celle-ci corresponde une valeur bien déterminée pour celle-là. C'est cette relation que j'ai étudiée.

Méthodes employées. — Voici en quoi consiste une des expériences à exécuter. On met en présence la substance examinée et de l'air jusqu'à ce que l'équilibre soit atteint, c'est-à-dire jusqu'à ce qu'il n'y ait plus d'échanges de vapeur d'eau entre l'air et la substance; on s'arrange de manière à connaître alors et l'humidité de la substance et celle de l'air. On peut procéder de plusieurs façons dans de telles expériences : 1° amener l'air à son taux d'humidité d'équilibre en le faisant passer à travers un poids relativement considérable de la substance dont l'humidité ne varie pas sensiblement; 2° ou bien amener la substance à son humidité d'équilibre en plaçant un faible poids en contact avec de l'air ayant une fraction de saturation connue.

Il me suffira d'indiquer sommairement comment j'ai réalisé ces méthodes.

Pour la première, j'ai opéré à très peu près comme j'ai déjà eu occasion de le faire dans une recherche antérieure sur le tabac (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CII). Un cylindre métallique, de 50 à 60 millimètres de diamètre et de $1^m,25$ de longueur, immergé dans un bain d'eau qui pour chaque expérience

(1) Désignée aussi sous le nom d'état hygrométrique.

(2) Il y a aussi des auteurs qui parlent d'une humidité naturelle que prendrait le coton exposé à l'air et lui assignent une valeur bien déterminée, comme si une telle valeur pouvait être fixée sans autres renseignements. Ils montrent combien il est utile d'attirer l'attention sur les circonstances dont dépend l'humidité des matières hygroscopiques et de préciser ces circonstances.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

reste à température rigoureusement constante, est rempli de la substance étudiée. Il est parcouru de haut en bas par un lent courant d'air. Durant ce parcours, l'air se met en équilibre d'humidité avec la substance; à la sortie du cylindre, il se dépouille intégralement de son humidité dans un tube absorbeur contenant de l'acide sulfurique bouilli, et se rend ensuite dans un gazomètre-aspirateur, où il est exactement mesuré; sa fraction de saturation se déduit du poids de vapeur abandonné à l'absorbeur. L'humidité de la substance est déterminée, d'autre part, avec soin. Elle a pu diminuer ou croître quelque peu, au cours de l'expérience, à la partie tout à fait supérieure du tube, qui a reçu le premier contact du courant d'air; mais ailleurs elle n'a pas changé; c'est le taux d'humidité dans le milieu et le bas du tube qu'on adopte.

Une expérience se réalisant comme il vient d'être dit, on en exécute une double série en faisant varier successivement l'humidité de la substance et la température. On a ainsi, pour chaque température étudiée, la relation cherchée.

Quelques observations sur cette première méthode sont utiles.

La température du bain renfermant les matières en expérience est réglée par un thermo-régulateur; elle ne varie que de 2 ou 3 centièmes de degré pendant une expérience; elle est rendue bien uniforme dans toute la hauteur par l'agitation continuelle de l'eau que produit un abondant barbotage d'air.

Le diamètre des tubes où sont placés les lots de substance étudiés ne doit pas être trop grand, de manière que, jusqu'à l'axe des tubes, la température intérieure soit bien celle du bain, malgré l'arrivée d'air ayant une température différente.

Le bain que j'ai employé contenait quatre tubes, communiquant chacun avec un absorbeur et un gazomètre; on pouvait donc conduire à la fois quatre expériences.

Il faut amener la substance mise en expérience à une humidité à peu près déterminée d'avance. On en constitue, dans ce but, un lot homogène dont on détermine l'humidité par un dosage. Si la substance est à dessécher plus ou moins, on l'étale dans une étuve à 30 ou 40° jusqu'à ce qu'elle ait perdu une proportion déterminée de son poids. Si, au contraire, elle doit être rendue plus humide, on l'expose dans un endroit tel qu'une cave non aérée, jusqu'à ce qu'elle ait pris le poids voulu. Ensuite on l'introduit, après en avoir mêlé ensemble les diverses parties, dans un récipient qui est aussitôt hermétiquement clos (grande cloche de verre à bord rodé, fermée par une plaque de verre dépoli), et on l'y laisse séjourner assez longtemps, de manière que l'eau se répartisse uniformément en tous les points. Pour déterminer l'humidité finale des matières, celle qu'elles possèdent quand vient de se terminer une expérience, on vide les tubes et l'on prend trois échantillons de la moitié inférieure du contenu de chacun d'eux. On enferme immédiatement ces échantillons dans des étuis en verre qui se bouchent à l'émeri et qu'on pèse avant et après dessiccation. Cette dernière opé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ration a lieu dans une étuve réglée à la température de 110°; elle est prolongée pendant cinq ou six heures, parce que, pendant le séjour à l'étuve, les matières n'étant pas sorties des étuis, lesquels sont simplement débouchés, le départ de l'eau est assez lent.

L'exécution de la seconde méthode, dans laquelle on place la matière en présence d'air possédant un état hygrométrique donné jusqu'à ce qu'elle ne varie plus de poids, est réalisable de différentes manières. J'y ai employé un procédé analogue à celui qu'a indiqué Regnault pour la vérification des hygromètres à cheveu. Les échantillons étudiés sont suspendus dans des flacons parfaitement bouchés, au fond desquels se trouvent diverses solutions d'acide sulfurique de titres donnés. Celles-ci entretiennent des atmosphères dont la fraction de saturation est, d'après les expériences de Regnault, parfaitement connue. Au bout de quelques jours, on dose l'humidité de chaque échantillon. Comme les solutions d'acide sulfurique mises en œuvre ont pu changer légèrement de concentration au cours des expériences, on en détermine finalement la composition avec exactitude au moyen d'une liqueur titrée de carbonate de soude.

J'ai fait usage des deux méthodes. La première m'a paru préférable. Elle demande plus d'appareils, de manipulations, de calculs et de temps (1); mais elle est, je crois, plus exacte, parce que le poids de matière intervenant dans les expériences est plus grand. La seconde méthode m'a seulement servi à contrôler, dans leur ensemble, les résultats de la première, non pour les préciser, mais pour constater qu'ils n'étaient pas entachés d'une erreur systématique notable.

Substances étudiées. — J'ai opéré sur un échantillon de chacune des substances suivantes :

Filé de coton d'Amérique; filé de coton d'Égypte; filé de coton de l'Inde (Cocanadah); soie grège écrue des Cévennes (soie jaune); soie grège décreusée des Cévennes; soie grège écrue de Chine; soie grège décreusée de Chine; peigné de laines croisées de Buenos-Ayres; peigné de laine mérinos de Port-Philippe.

Ces échantillons m'ont été fournis par MM. Seydoux et C^ie^ et MM. Roy frères, qui m'en ont indiqué la provenance en toute certitude (2).

Je ne saurais donner ici tous les chiffres des 180 ou 190 expériences qui ont

(1) Dans la seconde méthode, chaque expérience a une durée relativement longue; mais on peut exécuter simultanément, et en s'en occupant assez peu, un très grand nombre d'expériences. Tout compte fait, cette méthode demande moins de temps.

(2) L'un de ces grands industriels m'avait représenté comme très souhaitable que des expériences rigoureuses fussent faites sur les textiles au point de vue qui nous occupe; et tel était aussi le sentiment de M. Persoz, directeur de la condition des soies et laines de Paris, d'une haute compétence en la matière. De là mes recherches.

M. Chevreul a fait connaître en 1836 (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. II, p. 292) des expériences qu'il avait faites en vue de déterminer les proportions d'eau que les étoffes absorbent à la température de 20°, dans des atmosphères à 65, 75, 80 et 100 degrés de l'hygromètre de Saussure. Mais l'emploi de cet hygromètre a introduit dans les résultats une incer-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

été exécutées. Je citerai seulement en détail un exemple de l'application de chaque méthode.

Exemple d'une expérience exécutée par la première méthode. — Expérience sur le coton de l'Inde. Soient :

θ, la température moyenne, pendant la durée de l'expérience, du bain où plonge le tube métallique contenant la matière;

F_θ, la tension maxima de la vapeur d'eau à θ°;

H_m, la pression barométrique moyenne réduite à 0°;

V, le volume du gazomètre (jaugé à 15°) contenant finalement l'air aspiré (on négligera la dilatation ou la contraction de l'enveloppe);

H, la pression barométrique, réduite à 0°, à la fin de l'expérience, au moment de la mesure de l'air;

h, l'excès de la pression extérieure sur la pression existant dans le gazomètre au même moment;

t, la température de l'air dans le gazomètre au même moment (le gazomètre est immergé dans de l'eau qu'on agite à la fin de l'expérience et qui fournit la température t);

F_t, la tension maxima de la vapeur d'eau à la température t;

α, le coefficient de dilatation des gaz;

p, le poids de vapeur d'eau recueilli dans l'absorbeur à acide sulfurique;

f, la tension de la vapeur dans l'air qui sort du tube métallique contenant la matière et qui s'est mis en équilibre d'humidité avec cette matière;

Il est facile de voir qu'on a :

$$f = \frac{H_m}{1 + V\,\dfrac{H - h - F_t}{p(1+\alpha t)760}\,0.8047},$$

0,8047 représentant le poids d'un litre de vapeur supposé à 0° et 760^{mm}.

Ici on a : $\theta = 34^\circ,88$; $F_\theta = 41^{mm},55$; $H_m = 741^{mm},5$; $V = 10\,088$ centimètres cubes; $H = 741^{mm},4$; $h = 33$ millimètres d'eau $= 2^{mm},4$ de mercure; $t = 15^\circ,8$ et $1 + \alpha t = 1,0578$; $F_t = 13^{m}_{m},4$; $p = 0^{gr},1884$.

La formule donne, tous calculs faits, pour la fraction de saturation cherchée :

$$\frac{f}{F_\theta} = 0,447.$$

Le passage et la mesure de l'air terminés, on a extrait la matière du tube qui la contenait et l'on a pris, dans le tiers inférieur du tube (l'air en sortait par le bas) trois échantillons de $2^{gr},5$ à 3 grammes chacun, dont on a déterminé l'humi-

titude assez sérieuse. De plus, M. Chevreul a laissé entière la question de l'influence de la température dans les échanges d'humidité entre l'air et les matières étudiées. Je ne crois donc pas que ses expériences enlèvent aux miennes l'intérêt qu'elles pourraient présenter.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dité avec le plus grand soin. On a trouvé comme taux d'humidité pour 100 de matière sèche : 5,82; 5,69 et 5,77, et l'on a pris comme moyenne : 5,75.

Il résulte de cette expérience que la fraction de saturation de l'air qui, à la température de 34°,88, est en équilibre d'humidité avec un échantillon du coton étudié contenant 5,75 d'eau pour 100 de matière sèche, est égale à 0,447.

Exemple d'une expérience faite par la deuxième méthode. — Au fond d'un flacon d'un litre, on a introduit avec une longue pipette une centaine de centimètres cubes d'une solution d'acide sulfurique qu'on a composée de manière qu'elle correspondît à peu près à la formule $SO^3 + 18\,H^2O$. On a suspendu au-dessus du liquide trois mèches de coton (cotons d'Amérique, d'Égypte et de l'Inde) pesant chacune un peu plus de 5 grammes. Le flacon a été ensuite parfaitement fermé avec un bon bouchon de caoutchouc et noyé dans un bain d'eau maintenu par un thermo-régulateur à une température constante de 24°. Au bout de cinq jours, on a dosé l'humidité des trois mèches (1). On a trouvé les taux ci-après pour 100 de matière sèche :

Coton d'Amérique	10,97
Coton d'Égypte	11,28
Coton de l'Inde	11,85

Pour connaître très exactement la composition finale de la solution sulfurique, on en a déterminé l'acidité au moyen d'une liqueur parfaitement titrée de carbonate de soude. Le résultat de cette détermination a été le suivant :

Dans 1gr,1336 de la solution : acide sulfurique (anhydre)	0gr,2212
— eau —	0gr,9124

Par suite, la solution correspondait réellement à la formule : $SO^3 + 18H^2O + 0{,}33H^2O$. Dès lors il est facile de savoir quelle était la fraction de saturation de l'atmosphère interne du flacon. Il n'y a qu'à construire, d'après les expériences de Regnault, la courbe représentant la relation, à 24°, entre le titre des solutions sulfuriques et la fraction de saturation de l'air en équilibre d'humidité avec ces solutions. On trouve au moyen de cette courbe qu'à la solution de composition $SO^3 + 18H^2O + 0{,}33H^2O$ correspond la fraction de saturation 0,83.

L'expérience qui vient d'être rapportée conduit à cette conclusion, que les trois cotons étudiés prennent, à 24°, les trois taux d'humidité indiqués quand ils sont placés en présence d'une atmosphère de fraction de saturation égale à 0,83.

Résultats numériques des expériences. — D'après ce qui a été dit, il était nécessaire d'expérimenter à différentes températures. Pour rester dans les limites intéressant la pratique, j'ai opéré entre 12° et 35°.

(1) Il vaut mieux doser l'humidité à la fin que de mettre en expérience des matières qu'on aurait déjà desséchées pour en avoir le poids à l'état sec; car, dans cette dernière manière d'opérer, on pourrait altérer légèrement par la dessiccation à 110° les propriétés hygroscopiques des matières destinées à l'essai.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Première méthode.

TAUX D'HUMIDITÉ pour 100 DE MATIÈRE SÈCHE.	TEMPÉRATURE.	FRACTION DE SATURATION de l'air.	FRACTION DE SATURATION calculée par inter et extrapolation pour 12°, 24° et 35°.
	COTON D'AMÉRIQUE		
	degrés.		degrés.
2,75	23,92 / 23,96 — 23,94	0,102 / 0,109 — 0,105	24. 0,105
5,1	12,14 / 12,18 — 12,16	0,344 / 0,355 — 0,349	12. 0,350
	23,24 / 23,27 — 23,25	0,400 / 0,377 — 0,388	24. 0,390
	34,85 / 34,88 — 34,86	0,420 / 0,423 — 0,421	35. 0,421
7,2	12,14 / 12,18 — 12,16	0,599 / 0,583 — 0,591	12. 0,591
	23,24 / 23,27 — 23,25	0,634 / 0,620 — 0,627	24. 0,629
	34,85 / 34,88 — 34,86	0,665 / 0,658 — 0,661	35. 0,661
10,3	12,14 / 12,18 — 12,16	0,786 / 0,766 — 0,776	12. 0,776
	23,24 / 23,27 — 23,25	0,814 / 0,802 — 0,808	24. 0,810
	34,85 / 34,88 — 34,86	0,838 / 0,830 — 0,834	35. 0,834
13,75	12,14 / 12,18 — 12,16	0,880 / 0,879 — 0,879	12. 0,879
	23,24 / 23,27 — 23,25	0,886 / 0,888 — 0,887	24. 0,888
	34,85 / 34,88 — 34,86	0,909 / 0,910 — 0,909	35. 0,909
20,0	24,14 / 24,12 — 24,13	0,952 / 0,970 — 0,961	24. 0,961
32,8	24	L'air est saturé.	
	COTON D'ÉGYPTE		
2,5	23,92 / 23,96 — 23,94	0,103 / 0,098 — 0,100	24. 0,100
4,3	11,91 / 11,85 — 11,88	0,224 / 0,223 — 0,224	12. 0,224
	24,23 / 23,96 — 24,09	0,264 / 0,262 — 0,263	24. 0,263
	34,75 / 34,71 — 34,73	0,294 / 0,294 — 0,294	35. 0,295

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TAUX D'HUMIDITÉ pour 100 DE MATIÈRE SÈCHE.	TEMPÉRATURE.	FRACTION DE SATURATION de l'air.	FRACTION DE SATURATION calculée par inter et extrapolation pour 12°, 24° et 35°.
	COTON D'ÉGYPTE (*Suite*)		
	degrés.		degrés.
8,15	11,81 / 11,95 } 11,88	0,626 / 0,622 } 0,624	12. 0,624
	24,23 / 23,96 } 24,09	0,668 / 0,656 } 0,662	24. 0,662
	34,75 / 34,71 } 34,73	0,677 / 0,677 } 0,677	35. 0,678
11,15	34,75 / 34,71 } 34,73	0,832 / 0,836 } 0,834	35. 0,835
15,5	11,81 / 11,95 } 11,88	0,880 / 0,896 } 0,888	12. 0,888
	24,23 / 23,96 } 24,09	0,924 / 0,909 } 0,917	24. 0,917
	34,75 / 34,71 } 34,73	0,928 / 0,924 } 0,926	35. 0,926
19,2	24,14 / 24,12 } 24,13	0,942 / 0,951 } 0,946	24. 0,946
33,2	24	L'air est saturé.	
	COTON DE L'INDE		
2,7	23,92 / 23,96 } 23,94	0,106 / 0,104 } 0,105	24. 0,105
5,75	12,00 / 12,11 } 12,05	0,409 / 0,397 } 0,403	12. 0,403
	23,94 / 24,10 } 24,02	0,411 / 0,411 } 0,411	24. 0,411
	34,88 / 34,90 } 34,89	0,447 / 0,440 } 0,443	35. 0,443
8,6	12,00 / 12,11 } 12,05	0,609 / 0,598 } 0,604	12. 0,604
	23,94 / 24,10 } 24,02	0,632 / 0,626 } 0,629	24. 0,629
	34,88 / 34,90 } 34,89	0,668 / 0,663 } 0,666	35. 0,666
10,75	23,94 / 24,10 } 24,02	0,765 / 0,762 } 0,763	24. 0,763
	34,88 / 34,90 } 34,89	0,789 / 0,789 } 0,789	35. 0,789
16,15	12,00 / 12,11 } 12,05	0,920 / 0,901 } 0,910	12. 0,910
	23,94 / 24,10 } 24,02	0,920 / 0,911 } 0,915	24. 0,915
	34,88 / 34,90 } 34,89	0,924 / 0,925 } 0,924	35. 0,924

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TAUX D'HUMIDITÉ pour 100 DE MATIÈRE SÈCHE.	TEMPÉRATURE.	FRACTION DE SATURATION de l'air.	FRACTION DE SATURATION calculée par inter et extrapolation pour 12°, 24° et 35°.
COTON DE L'INDE (*Suite*)			
19,0.	degrés. 24,14 / 24,12 — 24,13	0,933 / 0,947 — 0,940	degrés. 24. 0,940
30,0	24	L'air est saturé.	
ÉCHANTILLON DE LAINES CROISÉES DE BUENOS-AYRES			
5,55.	23,92 / 23,96 — 23,94	0,163 / 0,149 — 0,150	24. 0,150
11,2.	12,07 / 12,15 — 12,11	0,334 / 0,329 — 0,331	12. 0,331
	23,92 / 23,99 — 23,95	0,382 / 0,374 — 0,378	24. 0,378
	33,72 / 33,76 — 33,74	0,431 / 0,441 — 0,436	35. 0,442
15,25.	12,07 / 12,15 — 12,11	0,614 / 0,619 — 0,616	12. 0,616
	23,92 / 23,99 — 23,95	0,658 / 0,654 — 0,656	24. 0,656
	33,72 / 33,76 — 33,74	0,696 / 0,706 — 0,701	35. 0,706
19,1	12,07 / 12,15 — 12,11	0,776 / 0,773 — 0,774	12. 0,774
	23,92 / 23,99 — 23,95	0,817 / 0,821 — 0,819	24. 0,819
	33,72 / 33,76 — 33,74	0,848 / 0,849 — 0,848	35. 0,852
27,6	12,07 / 12,15 — 12,11	0,934 / 0,931 — 0,932	12. 0,932
	23,92 / 23,99 — 23,95	0,945 / 0,948 — 0,946	24. 0,946
	33,72 / 33,76 — 33,74	0,956 / 0,966 — 0,961	35. 0,963
LAINE MÉRINOS DE PORT-PHILIPPE			
8,3.	12,04 / 12,06 — 12,05	0,248 / 0,243 — 0,245	12. 0,245
	23,88 / 23,92 — 23,90	0,252 / 0,265 — 0,258	24. 0,258
	34,80 / 34,84 — 34,82	0,322 / 0,313 — 0,317	35. 0,318
14,9	12,04 / 12,06 — 12,05	0,575 / 0,575 — 0,575	12. 0,575
	23,88 / 23,92 — 23,90	0,615 / 0,622 — 0,618	24. 0,618
	34,80 / 34,84 — 34,82	0,702 / 0,685 — 0,693	35. 0,694

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TAUX D'HUMIDITÉ pour 100 DE MATIÈRE SÈCHE.	TEMPÉRATURE.	FRACTION DE SATURATION de l'air.	FRACTION DE SATURATION calculée par inter et extrapolation pour 12°, 24° et 35°.
LAINE MÉRINOS DE PORT-PHILIPPE (*suite*)			
	degrés.		degrés.
	12,04 | 12,06 | 12,05	0,828 | 0,834 | 0,831	12. 0,831
21,9	23,88 | 23,92 | 23,90	0,858 | 0,868 | 0,863	24. 0,863
	34,80 | 34,84 | 34,82	0,894 | 0,890 | 0,892	35. 0,892
	12,04 | 12,06 | 12,05	0,952 | 0,956 | 0,954	12. 0,954
29,0.	23,88 | 23,92 | 23,90	0,953 | 0,962 | 0,957	24. 0,957
	34,80 | 34,84 | 34,82	0,957 | 0,966 | 0,961	35. 0,961
SOIE GRÈGE ÉCRUE DES CÉVENNES			
	11,76	0,315	12. 0,316
7,5	»	»	24. 0,351
	34,56	0,382	35. 0,383
	12,14 | 12,09 | 12,11	0,501 | 0,511 | 0,506	12. 0,505
9,7	»	»	24. 0,563
	34,80	0,616	35. 0,617
	12,49	0,751	12. 0,750
14,2	»	»	24. 0,786
	34,80 | 34,88 | 34,84	0,816 | 0,823 | 0,819	35. 0,819
	12,21	0,839	12. 0,839
16,5	»	»	24. 0,861
	34,81	0,881	35. 0,881
	11,82	0,948	12. 0,948
25,6	»	»	24. 0,950
	34,52	0,951	35. 0,951
SOIE GRÈGE DÉCREUSÉE DES CÉVENNES			
	11,76	0,278	12. 0,279
6,55.	»	»	24. 0,326
	34,56 | 34,64 | 34,60	0,349 | 0,388 | 0,368	35. 0,370
	12,49	0,655	12. 0,653
11,6	»	»	24. 0,713
	34,80 | 34,88 | 34,84	0,746 | 0,789 | 0,767	35. 0,768

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TAUX D'HUMIDITÉ pour 100 DE MATIÈRE SÈCHE.	TEMPÉRATURE.	FRACTION DE SATURATION de l'air.	FRACTION DE SATURATION calculée par inter et extrapolation pour 12°, 24° et 35°.
		SOIE GRÈGE DÉCREUSÉE DES CÉVENNES (*Suite*)	
	degrés.		degrés.
14,65.	12,21	0,796	12. 0,796
	»	»	24. 0,822
	34,81	0,847	35. 0,847
22,0.	11,82	0,943	12. 0,943
	»	»	24. 0,951
	34,52	0,956	35. 0,956
		SOIE GRÈGE ÉCRUE DE CHINE	
7,4.	11,76	0,341	12. 0,341
	»	»	24. 0,362
	34,56 } 34,60	0,373 } 0,381	35. 0,382
	34,64	0,390	
12,35.	12,49	0,675	12. 0,673
	»	»	24. 0,725
	34,80 } 34,84	0,772 } 0,772	35. 0,773
	34,88	0,772	
17,1.	12,21	0,868	12. 0,868
	»	»	24. 0,883
	34,81	0,895	35. 0,895
23,8.	11,82	0,952	12. 0,952
	»	»	24. 0,960
	34,52	0,968	35. 0,968
		SOIE GRÈGE DÉCREUSÉE DE CHINE	
6,1.	11,76	0,310	12. 0,311
	»	»	24. 0,336
	34,64	0,359	35. 0,360
11,65.	12,49	0,691	12. 0,689
	»	»	24. 0,737
	34,80 } 34,84	0,771 } 0,781	35. 0,782
	34,88	0,792	
14,95.	12,21	0,836	12. 0,836
	»	»	24. 0,852
	34,81	0,866	35. 0,866
23,3.	11,82	0,941	12. 0,941
	»	»	24. 0,945
	34,52	0,948	35. 0,948

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Deuxième méthode.

FRACTION DE SATURATION de l'atmosphère des flacons.	TAUX D'HUMIDITÉ POUR 100 DE MATIÈRE SÈCHE APRÈS CINQ JOURS.		
	COTON D'AMÉRIQUE.	COTON D'ÉGYPTE.	COTON DE L'INDE.
EXPÉRIENCES FAITES SUR DES ÉCHANTILLONS DE COTON, A LA TEMPÉRATURE DE 24°			
0,51	6,25	6,75	6,90
0,715	8,40	8,95	10,15
0,83	10,95	10,30	11,85

EXPÉRIENCES FAITES SUR UN ÉCHANTILLON DE LAINES CROISÉES DE BUENOS-AYRES, à la température de 15°.		EXPÉRIENCES FAITES SUR LA MÊME MATIÈRE A 15° DANS LE VIDE. (Le vide a été fait dans les flacons.)	
FRACTION DE SATURATION de l'atmosphère des flacons.	TAUX D'HUMIDITÉ POUR 100 de matière sèche après deux jours.	FRACTION DE SATURATION de l'atmosphère des flacons.	TAUX D'HUMIDITÉ POUR 100 de matière sèche après deux jours.
0,29	9,65	0,255	9,1
0,515	13,25	0,508	12,95
0,72	16,00	0,71	15,95
0,833	18,85	0,832	19,70

La plupart des expériences sur le coton et la laine ont eu lieu à trois températures respectivement voisines de 12°, 24° et 35°; toutes ont été faites en double. Pour la soie, qui a été étudiée en dernier, profitant des renseignements déjà acquis, j'ai opéré seulement vers 12° et vers 35°, sans faire en double tous les essais.

Représentation des résultats par des courbes. — Les résultats de toutes les expériences exécutées par la première méthode ont été représentés par des courbes. On les a d'abord ramenés, quand il y avait lieu, par de très légères corrections, aux températures de 12°, 24° et 35°, et les courbes ont été construites avec les éléments ainsi obtenus. On a pris pour abscisses les taux d'humidité pour 100 de matière sèche et pour ordonnées les fractions de saturation.

Si l'on marque, en se servant des mêmes coordonnées, les points correspondant aux résultats de la seconde méthode, on voit qu'ils tombent généralement à très peu de distance des courbes déjà tracées. Il y a là une preuve que la première méthode n'a pas comporté une de ces erreurs systématiques importantes contre lesquelles il faut toujours être en garde. Il paraît bien y avoir une petite différence entre les résultats des deux méthodes en ce qui concerne la laine; car la seconde donnerait à 15° à peu près la même courbe que la première à 24°.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Mais j'accorde plus de confiance à la première, qui compte un grand nombre d'expériences concordantes, et j'adopte les chiffres qu'elle a fournis. D'ailleurs,

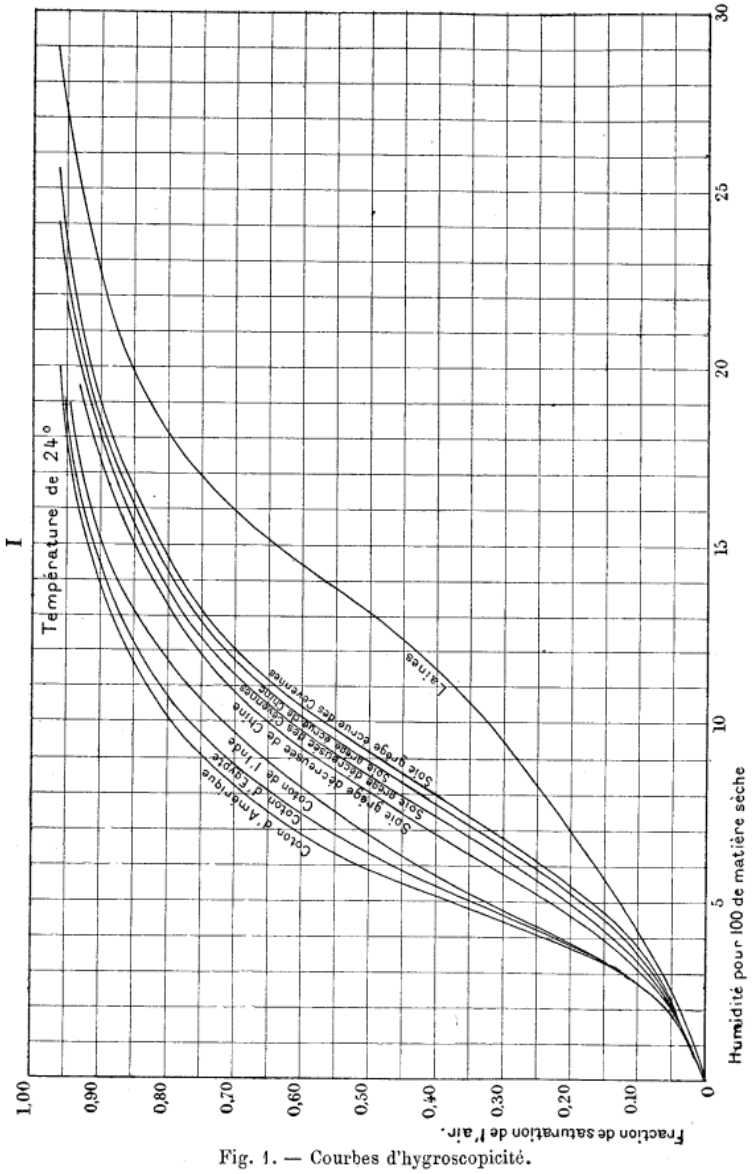


Fig. 1. — Courbes d'hygroscopicité.

les expériences de la seconde n'ont pas été, je pense, assez prolongées; elles suffisent néanmoins à fournir la vérification qu'on en attendait.

Pour chaque échantillon de matière, les chiffres ci-dessus (première méthode)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

permettent de construire trois courbes, correspondant respectivement aux températures de 12°, 24° et 35°. On ne saurait tracer toutes ces courbes sur une même

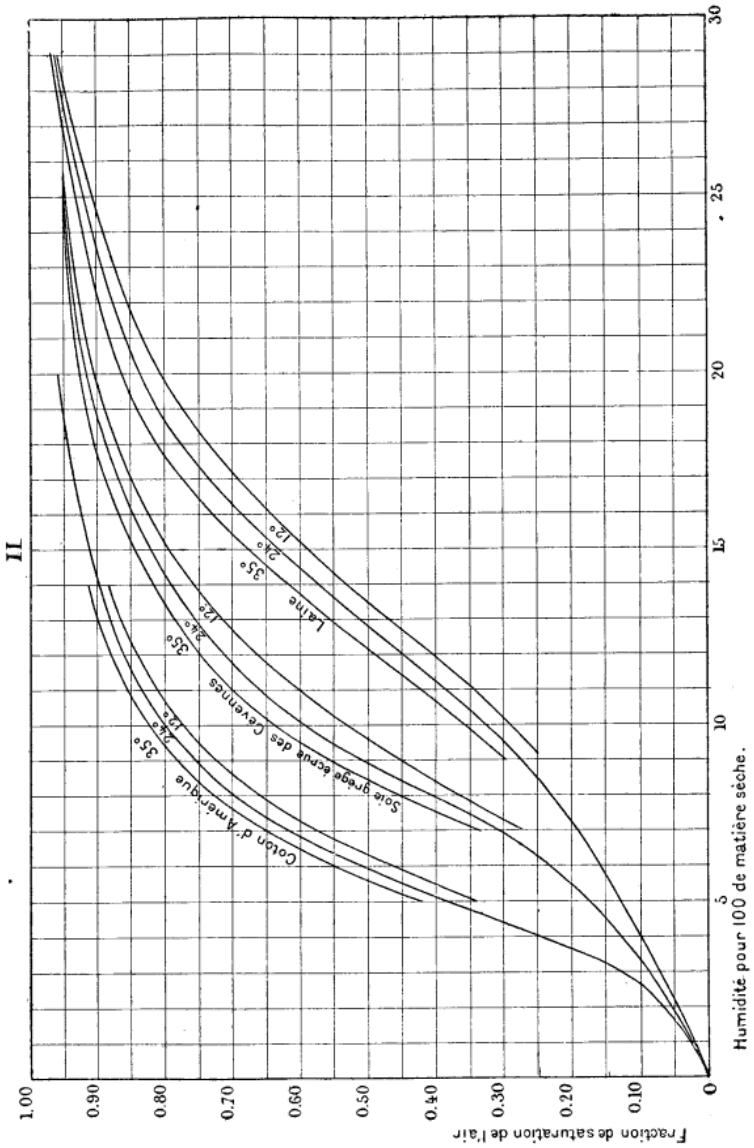


Fig. 2. — Courbes d'hygroscopicité.

figure sans y mettre une confusion extrême. Aussi a-t-on, sur une première figure, indiqué les courbes relatives à la seule température de 24° (il est bon de les représenter les unes à côté des autres pour pouvoir les comparer); sur une deuxième

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

on a marqué les trois courbes concernant un échantillon de chacune des trois matières étudiées, coton, soie et laine, de manière à bien montrer l'influence de la température sur leur hygroscopicité.

Conclusion. — Toutes les courbes ci-dessus ont même allure générale.

En ce qui concerne les cotons, elles mettent en évidence des différences notables entre les trois échantillons examinés. Ces différences tiennent-elles à la provenance des échantillons ou bien à une variation dans les propriétés qui serait indépendante de la provenance? Pour le décider, il aurait fallu expérimenter encore sur un certain nombre d'échantillons des trois provenances. Mais, tels qu'ils sont, les résultats obtenus prouvent que tous les cotons ne se comportent pas de même à l'air humide, c'est-à-dire qu'ils prennent, à une même température, des taux d'humidité sensiblement différents en présence d'atmosphères de même fraction de saturation. Cette conclusion n'est pas douteuse; la deuxième méthode d'expérience s'accorde entièrement avec la première pour en établir l'exactitude.

La soie grège décreusée a pris un peu moins d'humidité que la soie grège écrue de même origine; ce qui s'explique par le départ, dû au décreusage, de la matière gommeuse, elle-même fort hygroscopique. Peu de différence entre les deux soies étudiées prises au même état.

Les deux échantillons de laine sur lesquels j'ai opéré ont fourni sensiblement les mêmes résultats, si bien que ces résultats peuvent être présentés par une seule courbe.

L'influence de la température sur la quantité d'eau que prennent les matières en présence d'atmosphère de même fraction de saturation est relativement faible; tandis que la température s'élève de 12° à 35°, la fraction de saturation de l'air restant, par exemple, égale à 0,51, le taux pour 100 d'humidité de la laine diminue à peu près de 14 à 13. Cette faible influence de la température est assez digne d'attention. Elle n'est pas particulière aux matières textiles; on l'a déjà reconnue pour la terre végétale (1) et le tabac; elle doit correspondre à une propriété.

Les industries textiles, qui mettent constamment les matières textiles en rapport avec l'air humide, semblent devoir tirer quelque parti de la connaissance des résultats qui précèdent. Ces résultats pourront, en effet, fournir des éléments certains et précis dans l'examen de divers problèmes auxquels elles s'intéressent; par exemple, ils serviront à prévoir quelle humidité prendront les matières, à une certaine température, en présence d'atmosphères de fraction de saturation connue, ou bien quelle fraction de saturation il faudra donner à l'air pour que les ma-

(1) Th. Schlœsing père, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. XCIX. Regnault et M. E. Sorel l'ont constaté aussi pour les solutions d'acide sulfurique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tières acquièrent telle humidité qu'on voudra. Cette dernière question est une de celles qu'on a fréquemment à considérer dans la filature et le tissage. Les courbes telles que celles qui précèdent en donnent immédiatement la solution; c'est là leur utilité pratique (1).

En faisant usage de ces courbes, il ne faudra jamais perdre de vue que les relations qu'elles représentent supposent l'équilibre d'humidité réalisé entre les matières et l'air ambiant; si l'équilibre n'est pas atteint, les courbes permettent de savoir comment il *tend* à s'établir, vers quelle valeur *tend* l'humidité des matières du moment qu'on connaît la fraction de saturation de l'air et la température.

ARTS MÉCANIQUES

Sur la rupture des cylindres trempés, par B.-H. Thwaite.

Les observations qui suivent ont été consignées afin de provoquer la publication de faits nouveaux ainsi que l'expression de l'opinion de divers métallurgistes sur un sujet qui touche vivement les intérêts de bien des industriels.

Aucun sujet ne démontre mieux les imperfections de nos connaissances métallurgiques que celui qui traite des causes qui contribuent à occasionner les ruptures et les fêlures si inattendues qui se produisent à chaud ou à froid dans les cylindres fondus.

Il est certain qu'une étude approfondie des causes aiderait à découvrir le procédé définitif de fabrication des cylindres et permettrait d'établir des engins métalliques pour la guerre dans lesquels on pourrait avoir une très grande confiance.

Une pièce d'artillerie de fort calibre et un cylindre se trouvent placés dans des conditions presque similaires : tous deux subissent des efforts violents dus à l'influence de la chaleur, soit par sa transmission directe par contact, soit par l'influence du travail mécanique. Tous deux sont soumis à des efforts violents et subits : dans l'un l'effort prend naissance au centre de la masse tendant à la déchirer et à la faire éclater, tandis que dans l'autre il agit par torsion et par compression.

Ainsi dans les nouvelles pièces d'artillerie, les efforts permanents qu'occasionnent les frettes d'acier forgé et trempé constituent un danger continuel.

(1) Pour donner des renseignements parfaitement exacts, les courbes employées devraient être construites spécialement pour les matières mêmes qu'on traite. Les différences entre les propriétés hygroscopiques de ces dernières et celles des matières similaires que j'ai examinées, seront, je pense, généralement faibles. On pourra en tenir compte, s'il y a lieu, au moyen de petites corrections qu'indiquera la pratique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'auteur pense que l'influence de la chaleur est la principale cause des fêlures des cylindres, comme on va le voir dans ce qui suit.

Procédé ordinaire de coulage. — On coule le métal directement du fourneau dans les moules. Le métal en fusion transmet sa chaleur à cette enveloppe refroidissante, par suite la partie externe du métal se solidifie et forme une croûte rigide qui enveloppe le métal encore à l'état semi-fluide.

A mesure que le métal perd de sa chaleur, la contraction qui se produit donne lieu à la formation de vides ou de soufflures, que l'on peut presque calculer exactement.

Évidemment, cette croûte solide qui se refroidit en premier, renferme une quantité de métal et des vides plus importants que si le refroidissement s'était propagé du centre à la périphérie du moule.

Pendant que le métal se solidifie graduellement, il se produit des cavités vers le centre et à la partie supérieure du moule. Les mêmes cavités se produisent à la base du moule, mais elles sont comblées par le métal en fusion, en sorte qu'elles ne peuvent s'observer qu'à la partie supérieure et quand le jet de coulée est solidifié. Cette dernière particularité démontre la nécessité de maintenir la coulée non seulement avec une masselote convenable, mais encore à une température suffisante pour empêcher sa solidification rapide.

Pendant la coulée du métal, l'air emplissant les moules s'échappe en partie, mais il y en a une certaine partie qui reste et qui, après oxydation du métal, abandonne une certaine quantité d'hydrogène et d'azote. Au moment où la contraction finale a lieu, ces gaz se trouvent refoulés vers des vides isolés près de la croûte et à une pression telle qu'ils s'infiltrent au travers de la croûte métallique et constituent des points faibles; ils présentent à la section de la pièce l'apparence de filets capillaires qui servent dans bien des circonstances à limiter la résistance maxima du métal.

Quand les cylindres sont complètement solidifiés, on les passe au tour pour leur donner un diamètre uniforme, puis on les place sur leurs coussinets pour les assembler ensuite.

La température du métal à laminer ne devrait pas descendre au-dessous de 550° C., car il est démontré que l'effort à la rupture pour cette température est d'environ $12^{kil},5$ par millimètre carré de section et un abaissement de température de 100° C. porte cet effort à 23 kilogrammes.

Si on suppose que pour les métaux fondus la résistance à la compression est égale à la résistance à la traction, on peut admettre que l'effort auquel les cylindres sont soumis devront être tels que les pièces devront avoir une température comprise entre 1 200° C. et 550° C. La force de compression nécessaire pour modifier la forme du métal variera donc entre $0^{kil},800$ et $12^{kil},5$ par millimètre carré.

En comparant ces efforts avec celui qui correspond à la charge de rupture

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'un cylindre posé sur ses coussinets dans des conditions normales, effort qui varie entre 700 T et 850 T, on verra qu'il n'est pas proportionnel à la résistance du cylindre et que l'on a raison dans les expériences de négliger l'influence des efforts purement mécaniques.

La rupture des cylindres a donné lieu à diverses hypothèses qui peuvent être classées comme il suit :

Le rapport de la section des tourillons étant trop faible, relativement à la section du cylindre.

Il est admis dans la pratique que le meilleur rapport de section pour le laminage à chaud doit être de 73 p. 100 de tourillon pour 100 p. 100 du cylindre, mais pour le laminage à froid, on peut se contenter de 40 p. 100 de tourillon.

Une différence de diamètre trop brusque existant entre le cylindre et les tourillons. D'autre part, si le diamètre des tourillons est trop grand le frottement augmente dans des proportions anormales.

Le métal coulé directement du fourneau varie également dans sa constitution et donne un grain irrégulier. On ne laisse pas toujours une masselote suffisante.

La séparation du graphite qui se produit par le refroidissement lent du métal intérieur est bien connue, car dans certains cas le graphite s'accumule dans le jet de coulée.

Un tournage mal exécuté produit une excentricité du cylindre et peut l'exposer à des efforts subits et d'une intensité anormale.

En plaçant les cylindres sur le tour, on ne prend pas toujours assez de soin pour les centrer. Le tourneur considérant l'égalité et l'uniformité de la couche trempée comme étant de première importance, ne centre souvent pas convenablement son cylindre, il se produit alors pendant le laminage soit un écartement entre les cylindres, soit un effort inutile sur les tourillons, ce qui transforme une pression uniformément répartie en pression localisée.

Tous les métallurgistes s'accordent à éliminer d'une façon absolue les fontes sulfureuses de leurs mélanges.

L'abaissement du degré de résistance de la fonte était en raison directe de la présence du soufre. Ceci a moins d'importance pour les cylindres qui travaillent à froid.

D'après M. Turner, le soufre ne doit pas entrer pour plus de 0,15 p. 100 dans la composition d'un métal ; quant aux autres éléments constitutifs, il ne croit pas que leur présence soit aussi nuisible. Cependant il doit y avoir une limite pour le phosphore.

Une des questions qui restent à étudier est de savoir si, en dehors du carbone et du manganèse, on doit considérer tous les autres métalloïdes comme nuisibles et les éliminer du métal dans la mesure du possible.

Le silicium varie entre 0,85 p. 100 et 1 p. 100; l'influence de la chaleur sur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

un métal qui contient une proportion sensible de cet élément n'a pas jusqu'ici été déterminée d'une manière satisfaisante, surtout en ce qui concerne les fers employés dans l'industrie.

Le dosage exact du carbone dans la fabrication des cylindres en fonte est, par contre, de la plus haute importance, puisque cette opération est la base du durcissement. Quelles que soient les proportions dans lesquelles le dosage initial a été fait, ces proportions varieront dans chaque partie de la masse par la raison qu'une portion du graphite se trouve retenue dans la couche trempée, et que l'autre est refoulée par l'orifice vers le métal qui afflue dans le moule.

On estime que l'on doit faire varier entre 0,60 p. 100 et 1 p. 100 les proportions à donner au carbone et adopter 0,85 p. 100 environ pour le silicium ; car si l'on dépassait ces chiffres, on s'exposerait à une hétérogénéité, dans la structure du métal, qui serait nuisible.

La présence d'outils passant entre deux cylindres peut également être mise au nombre des causes de rupture.

Autrefois, avec le système à double cylindre en hauteur, la quantité de métal travaillé dans une semaine n'excédait pas 150 tonnes, tandis qu'à présent, cette même quantité est produite en moins d'un jour, ce qui augmente de 150 fois environ l'intensité des effets de la chaleur, au point que dans certains cas le cylindre atteint une température suffisante pour combiner le fer à l'oxygène.

Les faits saillants ressortant de la discussion qui a eu lieu à l'Institut du fer et de l'acier (*Iron and Steel Institute*) sont : pour les engrenages de cylindres en hauteur, le remplacement de la fonte grise par l'acier ; pour les grands laminoirs à tôle, le remplacement de la fonte par l'acier ; pour les tôles parfaitement finies et de calibre rigoureusement exact, on préfère les cylindres en fonte trempée.

Un filet d'eau tiède coulant continuellement sur les tourillons des cylindres d'un laminoir à tôle suffit pour empêcher l'échauffement.

La décoloration due à l'oxydation remarquée dans des cassures de tourillons indique que la température avait atteint 550° à 900° C.

Chaque fois que l'extrémité d'un tourillon s'est trouvée trop rapprochée du trou de coulée, la rupture s'est produite après une très courte période de travail.

Des séries de fissures légères survenues dans des tourillons accusaient à la cassure un cercle noir dû à la dilatation inégale entre les tourillons et le corps du cylindre. Presque toutes les ruptures se sont produites au tourillon placé du côté du trou de coulée.

Il y a intérêt à ne pas avoir des tourillons trop longs afin de ne pas augmenter le frottement dans de trop grandes proportions.

Le refroidissement des cylindres s'opérant après le travail d'une façon irrégulière peut nuire à leur bonne conservation.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Des cylindres se sont rompus à des endroits où l'accident ne pouvait s'expliquer que par l'apparence de trous minuscules.

Le degré de contraction de la surface externe de la fonte trempée est moindre que celui de la fonte refroidie lentement.

La séparation du graphite est un des principaux effets de la solidification sur la fonte ordinaire. Tandis que dans la fonte trempée le carbone et le fer sont combinés presque entièrement par la contraction subite.

La différence qui existe entre les rapports des surfaces de refroidissement du cylindre et des tourillons est une des principales causes qui donnent lieu aux efforts internes.

Le rapport pour le corps du cylindre est comme 23,5 à 8,17 et pour les tourillons il est de 15,25 à 4,08; en sorte que le rapport de la surface de refroidissement au volume total du métal se trouve être beaucoup plus important pour les tourillons $\frac{8,17}{4,08}$ c'est-à-dire le double; ce qui constitue une disproportion sérieuse qui peut être considérée comme seule cause des efforts internes.

Si l'on se reporte au diagramme que l'auteur a dressé d'après les expériences du Dr Kollman, il ne paraît pas y avoir de cohésion moléculaire s'accusant franchement à la traction depuis la température de fusion jusqu'à une température qu'on peut estimer être 750° et 650° C. Cette température dépasse le point *alpha* des effets exothermiques d'abord observés par Barrett, mis en évidence par Chernoff, puis démontrés d'une façon beaucoup plus nette encore par Osmond et actuellement encore l'objet de recherches et d'expériences de la part du professeur Arnold.

Il est assez remarquable que ce phénomène coïncide avec une manifestation brusque de la cohésion moléculaire et aussi avec une manifestation marquée de la conductibilité électrique. L'auteur émet l'opinion que la chaleur apparente dégagée est due à des effets dynamiques de frottement des molécules du métal et des métalloïdes pendant la phase *béta* de la solidification.

Tant qu'on n'aura pas découvert une réaction chimique pour expliquer les phénomènes exothermiques, il est juste de supposer que les mouvements intermoléculaires à l'intérieur d'une enveloppe rigide doivent donner lieu à un dégagement considérable de chaleur. Le premier effet exothermique se produit vers 855° sur la courbe de solidification initiale, c'est-à-dire quand les molécules de la masse métallique sont dans un état de cohésion suffisante pour permettre le transport sous les cylindres; mais cette cohésion ne saurait résister à une traction maxima de 0,5 à 0,3 kilogramme par centimètre carré.

Quand la contraction moléculaire initiale commence, et avant que la rigidité moléculaire absolue ait lieu, la formation des cellules s'opère en même temps que le vide se produit: celui-ci se trouve alors lui-même détruit par deux influences :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1° La raréfaction de l'air à la surface extérieure du métal;

2° L'air et les gaz demeurant autour de l'enveloppe ou croûte de la fonte; car, quoique la partie extérieure du métal se refroidisse la première, il se produit au moment de la solidification une légère séparation laissant une cavité qui s'emplit de l'air et des gaz résultant de l'oxydation. Sous la pression de l'atmosphère, les gaz raréfiés filtrent au travers du métal avant qu'il ne soit complètement solidifié et remplissent les soufflures.

Le paragraphe suivant a paru dans un article sur la fusion de l'acier.

Pendant la contraction du métal et la formation des soufflures, les gaz, l'eau, les vapeurs ou l'air traversent le métal et par cela même le vide n'existe plus.

Le résultat du contact entre le métal et l'air sera ainsi

$$Az^4O + Fe = Fe\,O + Az^4.$$

Ce dernier gaz remplissant les soufflures, s'il existe de la vapeur d'eau, la réaction sera probablement :

$$3\,(H^2O) + (Fe\,O + 2\,Fe) = 6\,H + Fe^3\,O^4$$

et l'hydrogène remplira les vides.

Il peut certainement se présenter des cas où le refroidissement entraînant la solidification s'est produit assez rapidement pour empêcher la filtration des gaz et de l'air, en sorte que le vide est maintenu dans les soufflures.

Chernoff donne une section diagrammatique des soufflures d'après laquelle l'irrégularité qui se produit dans la formation et la position des soufflures est due aux gaz retenus par la contraction du métal. Thwaite explique ces irrégularités par la résistance qu'offre le métal à la formation des vides cellulaires.

Gruson préfère et n'emploie exclusivement que la fonte en gueuses provenant de bons minerais, car ayant remplacé le coke par le charbon de bois, le four n'atteint pas une température aussi élevée, les métalloïdes (sicilium et soufre) sont absorbés par le métal, le produit est plus dense et la cristallisation plus fine, et la masse est plus pure et plus homogène. Si l'on refond de la fonte au coke, on la rend plus résistante à la traction et on affine le grain; mais si cette opération est trop souvent répétée, le carbone est absorbé et le métal devient entièrement blanc.

Pour produire des fontes trempées et éviter les cassures, on propose la composition suivante pour la fonte :

Carbone	Combiné . .	0,635	
	Graphitique.	2,865	3,50
Phosphore			0,25
Silicium			0,65
Soufre			0,05
Manganèse			1,50
Fer métallique			93,95

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour l'acier, le carbone ne devra pas dépasser 0,70 p. 100.

A part le silicium que l'on peut faire entrer pour 0,70 p. 100 dans la composition du métal, tous les autres métalloïdes devront toujours y être maintenus en très faibles proportions; quant au soufre, il ne devra jamais dépasser 0,05 p. 100.

Une des conditions principales pour obtenir un cylindre parfait est la répartition uniforme des métalloïdes. Il est évident que de la fonte provenant d'un haut fourneau ou d'un cubilot, ou de l'acier transformé dans un appareil Bessemer ne peut pas présenter d'homogénéité.

Pour obtenir ce résultat, il faudrait que la fonte ait été refondu dans un four à réverbère dans lequel on aura dû atteindre la température de fusion de l'acier avant d'introduire le métal. Le bec de la poche de coulée devra être très large afin d'effectuer la coulée le plus rapidement possible.

On peut employer les méthodes ordinaires pour tremper les cylindres et, afin d'obtenir un contact uniforme, il est bon d'enduire les surfaces intérieures des coquilles avec des huiles volatiles ou même avec l'enduit ordinaire.

Le cylindre doit être coulé en deux parties : une intérieure et l'autre extérieure. La partie intérieure constituant les tourillons devra être coulée séparément et servir de base pour fixer la partie extérieure, c'est-à-dire le corps du cylindre trempé.

On devra ménager un vide central sur toute la longueur de cette partie extérieure afin que l'on puisse y faire circuler de l'eau tiède ou mieux de l'huile pour y maintenir une température peu élevée; la surface extérieure du moule devra être fortement chauffée avant d'y couler le métal, on devra y maintenir une forte masselote et ménager des ouvertures à la partie supérieure pour l'échappement des gaz.

Cette méthode de coulage aurait pour principal effet de faire commencer l'absorption de la chaleur par le centre, et la solidification initiale prenant naissance vers la partie interne du noyau central, l'effort de contraction ne se trouve pas entravé et il ne se forme ni vides ni soufflures. La surface extérieure de ce noyau devra être cannelée afin de ménager des points de contact et d'adhérence avec l'enveloppe principale du cylindre.

On adoptera pour le coulage de la partie extérieure le même système que pour les grands cylindres à vapeur; le métal devra être amené à une température équivalente à celle de l'acier en fusion avant de commencer la coulée. La trempe sera effectuée de la manière habituelle.

On devra chauffer à haute température la face interne des moules avant de verser le métal afin que la solidification s'opère régulièrement. La surface interne du cylindre extérieur devra correspondre aux cannelures et aux rayures de la surface extérieure du noyau central. On pourrait employer la première partie

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

coulée du cylindre pour servir de noyau à la deuxième, mais ce procédé pourrait avoir pour conséquence de tremper la surface intérieure du métal, ce qui pourrait compromettre la trempe de la surface extérieure et provoquer la formation de soufflures entre les deux couches trempées, et faire éclater le métal.

L'eau appliquée sur les tourillons d'un cylindre pour les rafraîchir les soumet à des efforts violents.

L'action réfrigérante de l'eau est limitée à son point d'évaporation qui est 100° C., tandis que la température du cylindre est à 500°. Mais le rapport de la surface de refroidissement de l'eau par rapport à la masse entière du métal est supérieur à celui de l'influence d'échauffement; puisqu'il ne peut y avoir qu'une faible partie de la circonférence en contact avec la plaque de métal qui se lamine, tandis que l'eau pourra envelopper d'une façon plus ou moins complète toute la circonférence des tourillons.

En raison du préjudice grave que peut porter aux cylindres le passage brusque du chaud au froid, il reste à savoir s'il ne vaudrait pas mieux employer une huile possédant des qualités lubrifiantes très prononcées et ne se volatilisant par exemple qu'à 250° C., de la maintenir continuellement en circulation et de ne pas laisser la température dépasser 250° C. ni descendre au-dessous de 200° C.

Pour le laminage à chaud ce serait une grave erreur de maintenir le centre des cylindres à une basse température, car la partie froide du cylindre ne correspondrait pas à la dilatation de la partie chaude.

Le laminage par lui-même, en raison de l'influence de la compression, développe de la chaleur qui amène la dilatation de la partie trempée du cylindre : cette dilatation s'accentue encore beaucoup par suite de la chaleur qui se transmet des plaques ou des barres chaudes qui passent entre les cylindres.

Le contact des cylindres avec les pièces chaudes pendant le laminage donne seul lieu à des efforts violents en raison des intermittences : 1° de chaleur qui se produisent pendant qu'une partie de la circonférence du cylindre se trouve en contact avec la pièce chaude; 2° de refroidissement qui se fait sentir dès que le contact n'existe plus; intermittences qui ont une influence de désagrégation très grande sur la structure du métal des cylindres.

Les efforts sont considérablement réduits dès que l'équilibre de température est obtenu; aussi, peut-on se demander s'il n'y aurait pas intérêt à chauffer les cylindres au degré normal de la température du travail avant de commencer à faire passer les pièces à laminer.

Les notes qui suivent ont trait à l'influence du silicium et sont en grande partie le résultat d'expériences faites à la Fonderie Royale de Gleiwitz par M. Jungst pour le compte de l'Union des Fondeurs de fer allemands.

Bischoff en 1847 a nettement établi qu'en ajoutant une certaine quantité de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

silicium à de la fonte blanche on obtient de la fonte grise, la combinaison du fer et du carbone se trouvant en partie détruite et le graphite se séparant en paillettes.

Bischoff a également établi que le silicium entrave l'influence du manganèse.

Les métallurgistes allemands ont admis comme principe qu'une certaine quantité de silicium est indispensable à la production de la fonte grise. Inversement, l'élimination du silicium transforme la fonte grise en fonte blanche.

Jungst, en comparant la composition d'une fonte avant et après sa fusion dans un cubilot, a constaté la diminution du manganèse et du silicium, l'élimination plus ou moins grande du silicium ne s'opérant qu'en raison de la quantité de manganèse.

La fonte contenant une grande quantité de carbone reste grise après son passage dans le cubilot.

Le silicium tend à diminuer la dureté.

Les fontes les plus denses ont donné les proportions suivantes de silicium et de carbone Si = 2,24; C = 2,8.

Les fontes qui ont produit la plus faible contraction de la croûte extérieure étaient formées de ferro-silicium (10,3 Si) = 18 p. 100, fonte grise au bois (Si 2,14 p. 100; Mn 0,61 p. 100) = 82 p. 100.

Jungst a trouvé que l'addition d'une proportion anormale de manganèse diminuait le volume des soufflures.

Dans une fonte blanche composée de Si = 0,99, Mn = 3,23, C = 3,61 p. 100. la réduction de volume à la solidification a atteint 17,27 p. 100.

On attribue uniquement au graphite et au silicium la solidification rapide du métal.

Le soufre s'oppose à la formation du graphite provenant du carbone combiné; le fait est très sensible quand la fonte ne contient que très peu de silicium.

Composition de fontes provenant de fonderies allemandes.

	Composition.	Métalloïdes après la fusion.	
A.	10 parties ferro-silicium (5,32 Si)	C	2,93 p. 100
	30 — fonte grise au bois	Si	2,07 —
	60 — rognures de fer	Mn	0,86 —
		Fer par différence	94,14 —
B.	10 parties ferro-silicium (10,38 Si)	C	2,80 p. 100
	90 — fonte brûlée	Si	2,43 —
		Mn	0,68 —
		Fer par différence	94,09 —
C.	20 parties ferro-silicium (5,32 Si)	C	3,43 p. 100
	80 — fonte blanche au bois	Si	1,46 —
		Mn	0,75 —
		Ph	0,93 —
		Fer par différence	93,43 —

Charge de rupture $37^{kil},26$ — Flèche $0^{m},0174$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

	Composition.	Métalloïdes après la fusion.
D.	20 parties de ferro-silicium.	C. . . . . 2,80 p. 100
	40 — de fonte blanche au coke après fusion.	Si. . . . . 2,29 —
	40 — — au bois.	Mn. . . . . 0,86 —
		Ph. . . . . 0,81 —
		Fer par différence. 93,24 —

Charge de rupture 33^{kil},90 — Flèche 18 millim.

Les fontes précédentes ont donné des résultats très sensiblement pareils. Deux fontes contenant l'une 1,46 p. 100 et l'autre 3,07 de silicium ont donné respectivement des charges de rupture de 37^{kil},2 et 37^{kil},9.

Jungst admet que l'on peut fixer le maximum du silicium à 3 p. 100 ; au delà il compromet la résistance du métal.

La limite du phosphore, qu'il ne faut jamais dépasser, est de 1 p. 100.

On peut admettre le soufre dans la proportions de 0,16 p. 100 et encore ce maximum ne peut-il être atteint que pour les fontes qui ne doivent pas être exposées à la chaleur.

Ledebur considère que le silicium n'agit qu'indirectement en permettant l'usage de la fonte blanche au lieu de fonte grise; ceci est un avantage, car la fonte blanche est toujours beaucoup moins chargée de substances étrangères que la fonte grise au coke.

Les copeaux que donne une fonte peuvent servir selon leur longueur à établir la qualité du métal.

Un refroidissement lent augmente la résistance d'un métal ; les nombreux exemples donnés par Ledebur et par Jungst tendent à le prouver.

(*Iron.*)

ARTS MÉCANIQUES

Sur l'emploi des enveloppes de vapeur, par M. Henry Davey.

On trouvera résumé ci-dessous, d'après le *Bulletin* de l'*Institution of mechanical Engineers*, une série d'expériences dont les données ont été recueillies par une Commission d'ingénieurs anglais nommée en 1886 dans le but d'étudier les avantages des enveloppes de vapeur.

Un certain nombre de ces expériences ont été effectuées par la Commission elle-même.

Il semble résulter de l'ensemble de ces documents que, dans les installations bien faites, l'emploi des enveloppes permet de réaliser une notable économie de vapeur, ce qui ressort de la valeur moyenne des rapports entre la quantité de vapeur dépensée en moins dans les cylindres et celle dépensée en plus dans les enveloppes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La Commission, dans le Rapport qu'elle a présenté, n'a pas cru devoir tirer de conclusions des expériences résumées dans les tableaux ci-dessus. Elle s'est bornée à soumettre les faits et les chiffres à l'appréciation des ingénieurs.

Son Rapport, lu devant l'Association, a été discuté ensuite en séance; ci-dessous se trouvent résumées les opinions émises par un certain nombre de membres ayant pris part à la discussion.

M. H. Davey estime que l'économie résultant de l'emploi des enveloppes de vapeur provient surtout de ce qu'on peut obtenir dans ces conditions de la vapeur bien sèche. En outre, les cylindres munis d'enveloppes se déforment moins pendant le fonctionnement de la machine que ceux qui en sont dépourvus, en raison de la plus grande égalité de température qui règne dans leurs diverses parties.

M. Davey cite à l'appui de sa théorie l'exemple d'une machine dans laquelle, avant l'application de l'enveloppe, le fond supérieur du cylindre avait une température beaucoup plus haute que le fond inférieur, lequel se trouvait, par suite, de dimensions un peu moindres. Cette inégalité a été corrigée par l'enveloppe.

Dans une autre machine, le diamètre du cylindre se trouvait, avant l'adaptation d'une enveloppe, un peu réduit au milieu de la longueur.

M. Bryan Donkin fait remarquer que la qualité de la vapeur, mélange d'eau et de vapeur ou vapeur surchauffée, a une grande influence sur les résultats obtenus, et que, d'autre part, la qualité de la vapeur restant la même, la température des conduits intérieurs et des parois des cylindres en contact avec la vapeur exerce également une action très notable. Pour obtenir le maximum d'économie avec une machine donnée, la question consiste à déterminer s'il convient de laisser la vapeur s'échapper à l'état de mélange d'eau et de vapeur ou bien à l'état de vapeur sèche dans le condenseur ou dans l'atmosphère. Moins la vapeur renferme d'eau, meilleur est le résultat obtenu, avec ou sans enveloppe; et si la vapeur d'admission est suffisamment surchauffée pour empêcher la condensation sur les parois, on obtient une économie plus considérable que celle qui résulte de l'addition d'une enveloppe. Un thermomètre placé à l'intérieur du cylindre d'une machine servant aux expériences a indiqué une température beaucoup plus élevée lorsque l'enveloppe était pleine de vapeur, et cette haute température tendait à diminuer la quantité d'humidité renfermée dans le cylindre.

Dans quelques-unes des observations faites avec un cylindre muni d'enveloppe, la vapeur d'échappement elle-même était surchauffée. Si les parois du cylindre étaient plus chaudes que la vapeur d'entrée, il y avait relativement peu de condensation pendant l'admission, par suite peu d'eau à volatiliser pendant la détente. Au contraire, avec des parois froides, non munies d'enveloppes, la condensation était plus considérable pendant l'admission, et il se produisait pendant

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la période de détente une volatilisation qui s'opérait aux dépens de la chaleur des parois.

En résumé, il semble, d'après M. Donkin, qu'il faille s'attacher avant tout à élever autant que possible la température des parois en contact avec la vapeur, et les enveloppes ne sont qu'un des nombreux dispositifs à employer pour réaliser ce *desideratum*.

M. D.-B. Morison décrit à ce propos un appareil permettant de déterminer la loi de transmission de la chaleur, provenant de la vapeur, à travers des cylindres en fonte de dimensions variables. Il fait remarquer que les enveloppes de vapeur sont peu employées dans les machines marines, en raison des difficultés qu'on éprouve à empêcher l'eau de s'y accumuler, ce qui diminue notablement leur efficacité. Il énumère divers artifices imaginés dans le but de remédier à cet inconvénient.

Le professeur *W. Cawthorne Unwin* fait remarquer que les expérienees mentionnées dans le Rapport de la Commission accusent des économies plus ou moins considérables résultant de l'emploi des enveloppes, mais dans aucun cas on n'a constaté que la quantité de vapeur condensée dans les enveloppes ait dépassé celle qui a été économisée dans les cylindres.

Il fait remarquer en outre que, plus les dimensions des machines sont petites, plus l'emploi de l'enveloppe est avantageux, ce qui résulte sans doute de ce que dans les petites machines la surface des cylindres est plus grande par rapport au poids de vapeur employé.

M. John Phillips cite des exemples tendant à prouver que l'emploi de la vapeur surchauffée dans les machines marines est extrêmement avantageux. Il rappelle aussi que l'on a appliqué avec succès le principe de l'enveloppe de vapeur aux pistons, en faisant passer dans ceux-ci un courant de vapeur prise à la chaudière.

M. W.-C. Carter estime que les enveloppes de vapeur sont beaucoup plus efficaces sur les fonds que sur le corps des cylindres. En effet, l'échauffement obtenu à l'aide de l'enveloppe doit se transmettre autant que possible à la vapeur d'échappement, c'est précisément ce qui se produit avec les enveloppes adaptées aux fonds, et c'est l'inverse qui a lieu avec les enveloppes fixées aux corps, ainsi que l'on peut s'en rendre compte sur un diagramme, en évaluant les volumes de la vapeur à ses différentes phases d'action, ainsi que le temps pendant lequel elle se trouve soumise à l'action des enveloppes.

D'après *M. John G. Hudson*, il arrive fréquemment que les enveloppes de vapeur ne produisent pas les bons effets qu'on en attendait, parce que l'on n'a pas pris le soin de les disposer de façon à les priver complètement, non seulement d'eau, mais encore d'air; l'élimination de ce dernier est particulièrement difficile à obtenir.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

DIAMÈTRE DU CYLINDRE de la machine (en centimètres.)	PARTIES DU CYLINDRE MUNIES D'UNE ENVELOPPE DE VAPEUR.	VITESSE DU PISTON (en mètres) par minute.	PUISSANCE en chevaux-vapeur.	PRESSION DE LA VAPEUR au-dessus de 1 atmosphère par centimètre carré. Dans la chaudière.	PRESSION DE LA VAPEUR au-dessus de 1 atmosphère par centimètre carré. Dans l'enveloppe.	QUANTITÉ TOTALE D'EAU D'ALIMENTATION dépensée. Par cheval-vapeur et par heure sans enveloppe.	QUANTITÉ TOTALE D'EAU D'ALIMENTATION dépensée. Économie résultant de l'emploi de l'enveloppe. Par cheval-vapeur et par heure.	QUANTITÉ TOTALE D'EAU D'ALIMENTATION dépensée. Économie résultant de l'emploi de l'enveloppe. P. 100.	EAU DÉPENSÉE POUR L'ENVELOPPE par cheval-vapeur et par heure.
				kil.		kil.			
»	»	»	120	»	»	»	»	8 à 10	»
12,91	»	82,62	»	8,10	»	»	»	23	»
47,16	Le corps et l'un des fonds.	64,00	6,41	3,2	3,2	32,43	6,95	21,4	3,78
47,16	Id.	64,00	7,54	3,2	3,2	34,02	4,20	13,0	3,36
»	»	»	78,9	»	»	10,81	2,15	19,3	»
»	»	»	136	»	»	9,61	1,32	13,8	»
»	»	»	»	»	»	14,50	2,74	19,1	»
22,00	Le corps et les deux fonds.	78,00	201	4,9	»	13,45	1,38	10,3	0,38
106,71	Id.	119,00	50,8	4,0	»	15,10	1,85	12,2	0,36
106,71	Id.	112,00	51,6	5,4	»	14,55	2,32	16,0	0,39
139,68	Le corps seulement.	134,00	138	4,2	»	13,80	0,83	6,8	0,11
139,68	Id.	136,00	171	7,0	»	12,35	2,04	16,8	0,24
38,71	Le corps, les fonds et la boîte à tiroir	86,00	4,49	3,5	3,7	28,25	12,21	43,0	1,16
	Machines à un cylindre, à condensation.								
»	»	»	16	3,72	»	»	»	30 à 32	»
99,01	»	»	6 à 7	3,50 à 4,54	3,50 à 4,54	23,08	9,58	41,7	1,34
33,80	Le corps, les fonds et la boîte à tiroir.	36,46	1,13	2,68	2,68	35,92	11,19	31,2	3,80
583,50	Le corps seulement.	48,21	361	0,84	»	16,43	0,44	2,7	0,27

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Machines à un cylindre, à condensation (*Suite*).

DIAMÈTRE du cylindre de la machine (en centimètres).	PARTIES DU CYLINDRE munies d'une enveloppe de vapeur.	VITESSE du piston (en mètres) par minute.	PUISSANCE en chevaux-vapeur.	PRESSION de la vapeur au-dessus de 1 atmosphère par centimètre carré. Dans la chaudière.	PRESSION de la vapeur au-dessus de 1 atmosphère par centimètre carré. Dans l'enveloppe.	QUANTITÉ TOTALE d'eau d'alimentation dépensée. Par cheval-vapeur et par heure sans enveloppe.	QUANTITÉ TOTALE d'eau d'alimentation dépensée. Économie résultant de l'emploi de l'enveloppe. Par cheval-vapeur et par heure.	QUANTITÉ TOTALE d'eau d'alimentation dépensée. Économie résultant de l'emploi de l'enveloppe. P. 100	EAU DÉPENSÉE pour l'enveloppe par cheval-vapeur et par heure.
				kil.		kil.			
451,03	Le corps seulement.	33,82	161	2,51	»	»	»	12,9	»
47,12	Le corps et l'un des fonds.	32,75	9,33	3,16	3,16	25,26	4,87	19,4	3,30
133,24	»	116,27	83,1	5,64	»	10,70	2,52	23,7	0,31
167,54	»	56,48	40,6	1,55	»	»	»	31,8	»
161,00	»	65,50	116	5,58	»	11,53	1,43	11,8	»
221,50	Le corps et les deux fonds.	62,95 à 105,00	95,3 à 348	0,92 à 5,03	»	13,20	1,54	11,0	0,22 à 0,93
155,00	Id.	122,00	158	4,65	»	11,21	2,41	21,5	0,30
135,00	Id.	123,05	100,3	4,78	»	12,32	3,72	30,3	0,41
193,5	Le corps et les deux fonds.	113,4	192,0	3,86 à 4,21	»	12,90	2,00	15,5	0,37
253,2	Le corps seulement.	99,5	166,0	4,33	4,33	10,41	17,35	17,1	»
203,3	Le corps et l'un des fonds.	68,5	123,0	2,94	»	12,13	1,99	16,6	0,49
139,9	Le corps seulement.	132,3	172,0	3,49	»	9,51	0,13	1,4	0,12
139,9	Id.	131,0	154,2	4,93	»	8,95	0,84	9,2	0,14
139,9	Id.	132,0	121,7	6,24	»	9,75	1,76	17,9	0,23
96,7	Le corps et les deux fonds.	118,2	25,5	3,99	15	10,82	1,81	16,8	»
141,1	Le corps seulement.	167,0	139,0	4,37	»	10,23	1,23	12,3	0,36
161,5	Le corps et les deux fonds.	159,1	488,0	4,28	»	8,97	0,23	2,5	0,28
102,0	Le corps et l'un des fonds.	114,0	38,0	4,18	4,18	14,51	2,47	17,0	0,86
38,8	Le corps, les deux fonds et la boîte à tiroir. .	86,3	6,8	3,52	3,64	18,53	5,82	31,1	0,96
38,8	Id.	46,8	3,7	3,54	3,59	20,94	7,21	34,2	1,11

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

DIAMÈTRES DES CYLINDRES (en centimètres.)	PARTIES DES CYLINDRES MUNIES D'ENVELOPPES DE VAPEUR.	VITESSES DES PISTONS (en mètres) par minute.	PUISSANCE en chevaux-vapeur.	PRESSION DE LA VAPEUR au-dessus de 1 atmosphère par centimètre carré. Dans la chaudière.	PRESSION DE LA VAPEUR au-dessus de 1 atmosphère par centimètre carré. Dans les enveloppes.	QUANTITÉ TOTALE D'EAU D'ALIMENTATION dépensée. Par cheval-vapeur et par heure sans enveloppes.	QUANTITÉ TOTALE D'EAU D'ALIMENTATION dépensée. Économie résultant de l'emploi des enveloppes. Par cheval-vapeur et par heure.	QUANTITÉ TOTALE D'EAU D'ALIMENTATION dépensée. Économie résultant de l'emploi des enveloppes. P. 100.	EAU DÉPENSÉE POUR LES ENVELOPPES par cheval-vapeur et par heure.
				kil.		kil.			
	Machines Compound à condensation.								
105,7 et 190,0	Les corps et les fonds inférieurs.	59,4 et 79,7	102,6	3,92	»	»	»	23,5	1,44
47,6 et 90,6	Id.	48,4 et 66,5	19,8	2,84	2,84	20,05	5,77	28,6	1,29
85,1 et 155,0	Id.	64,6 et 89,4	46,2	2,83	2,83	14,81	4,51	31,2	1,75
85,1 et 155,0	Id.	65,2 et 90,0	37,2	2,84	0,28	14,81	2,11	13,7	1,27
47,6 et 90,6	Id.	58,0 et 81,0	16,5	3,16	3,16	17,88	6,90	38,6	2,53
129,5 et 211,0	Le cylindre à basse pression et le réservoir de vapeur (corps et fonds inférieurs.).	65,4 et 90,2	119	4,21	»	»	»	4 à 5	»
103,3 et 161,25	»	64,6	99,2	5,62	»	10,45	1,23	11,7	»
38,82 et 64,52	Le corps de cylindre à haute pression seulement.	59,7	7,9	2,92	»	»	»	25,5	1,72
38,82 et 64,52	Deux corps de cylindre à basse pression seulement.	59,7	9,9	2,92	»	»	»	29,0	1,93
38,82 et 64,52	Deux corps de cylindre seulement.	59,7	9,5	2,92	»	»	»	33,9	2,50
142,0 et 219,6	Tous les corps et les fonds de cylindres. . . .	42,9 et 66	75,2	3,32	»	12,41	4,20	34,9	0,78
153,6 et 244,7	Deux corps de cylindre seulement.	70,8 et 114,0	268	5,05	»	8,66	0,76	8,7	0,61
124,7; 161,5; 161,5	Les trois corps de cylindre seulement.	67,5	168	5,61	»	10,83	4,65	15,4	0,59
38,82 et 64,52	Deux corps de cylindre seulement.	60,2	10,9	4,15	»	16,70	3,48	20,1	0,98
38,82 et 64,52	Id.	59,8	11,1	5,19	»	16,52	4,07	23,9	0,81

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

DIAMÈTRES DES CYLINDRES (en centimètres).	PARTIES DES CYLINDRES MUNIES D'ENVELOPPES DE VAPEUR.	VITESSES DES PISTONS (en mètres) par minute.	PUISSANCE en chevaux vapeur.	PRESSION DE LA VAPEUR au-dessus de 1 atmosphère par centimètre carré. Dans la chaudière.	PRESSION DE LA VAPEUR au-dessus de 1 atmosphère par centimètre carré. Dans les enveloppes.	QUANTITÉ TOTALE D'EAU D'ALIMENTATION dépensée par cheval-vapeur et par heure sans enveloppes.	QUANTITÉ TOTALE D'EAU D'ALIMENTATION dépensée Économie résultant de l'emploi des enveloppes. par cheval vapeur et par heure.	QUANTITÉ TOTALE D'EAU D'ALIMENTATION dépensée Économie résultant de l'emploi des enveloppes. p. 100.	EAU DÉPENSÉE POUR LES ENVELOPPES par cheval-vapeur et par heure.
	Machine Compound à condensation *(suite)*.			kilog.		kilog.			
61,0 et 90,9	»	154,2	83	7,80	»	10,35	0,58	5,6	0,38
122,6 et 200,0	Deux corps de cylindre et les fonds du cylindre à basse pression.	54,5 et 80,6	81,2	3,60	2,74	10,80	2,05	18,6	»
187,2 et 303,1	Les corps de cylindre seulement.	52,3 et 77,6	168	3,44	3,44	8,22	0,70	8,6	0,54
116,2 et 206,5	Id.	154,9	113,4	3,51	3,24 et 0,72	11,19	2,12	19,0	0,51
56,4 et 101,9	Les corps de cylindre et les fonds inférieurs.	107,7	45,65	4,75	4,75	9,55	0,69	7,3	1,85
	Machine Compound sans condensation.								
61,0 et 90,9	»	152,2	84,4	8,25	»	11,82	0,47	4,0	0,53
	Machines à triple expansion, à condensation.								
32,25 ; 51,6 ; 77,6	Tous les corps, les fonds et les réservoirs de vapeur	111,8 ; 152 ; 228	72,1	13,49	13,49	7,43	1,32	17,4	1,49
116,2 ; 194,1 ; 324,5	Tous les corps et tous les fonds.	141,1	138,0	9,13	9,10 ; 0,96 ; 0,39	7,80	0,80	10,3	0,78

(*Institution of mechanical engineers.*)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PHYSIQUE

SUR LA VALEUR DE L'ÉQUIVALENT MÉCANIQUE DE LA CHALEUR, DÉDUITE DE QUELQUES EXPÉRIENCES EFFECTUÉES DANS LE BUT D'ÉTABLIR UNE RELATION ENTRE LES UNITÉS ÉLECTRIQUES ET LES UNITÉS MÉCANIQUES. — RECHERCHES SUR LA CAPACITÉ CALORIFIQUE DE L'EAU A DIFFÉRENTES TEMPÉRATURES, PAR E. H. GRIFFITHS.

Les valeurs de l'équivalent mécanique de la chaleur obtenues par Joule dans ses dernières expériences diffèrent au moins de 1 p. 100 entre elles, et les divergences entre les chiffres auxquels sont parvenus les expérimentateurs qui l'ont suivi sont plus grandes encore, à l'exception des résultats trouvés par Rowland en 1880.

La concordance des valeurs obtenues par ce savant est des plus remarquables; mais comme il a employé dans toute la série de ses expériences une méthode unique, ses conclusions auraient besoin d'être confirmées par des procédés différents.

D'autres expérimentateurs ayant essayé d'obtenir la valeur de l'équivalent mécanique, à l'aide du travail produit par un courant électrique, se sont trouvés arrêtés par de continuelles incertitudes en ce qui concernait les valeurs absolues des unités électriques adoptées.

Aujourd'hui, la science des mesures électriques est arrivée à un point tel, que ses unités peuvent être considérées comme suffisamment déterminées, et par suite le moment est venu de chercher des relations entre ces unités et les unités mécaniques.

Ces recherches sont évidemment fort délicates, ainsi que le prouvent les divergences des résultats obtenus par les savants qui, dans ces dernières années, ont adopté les méthodes électriques. L'une des plus grandes difficultés que l'on rencontre provient de l'élévation de température des conducteurs au-dessus de la température du milieu dans lequel ils sont placés, et de l'altération qui en résulte pour leur résistance. Rowland écrit à ce sujet (1) :

« Il est hors de doute que les expériences basées sur l'échauffement d'un fil donnent une valeur trop faible pour l'équivalent, puisque la température du fil pendant son échauffement est toujours supérieure à celle de l'eau qui l'entoure, et qu'il y a par suite plus de chaleur produite qu'il ne conviendrait. »

On a indiqué ci-après la façon dont cette difficulté a été surmontée, et l'objection soulevée par Rowland contre la méthode électrique peut être considérée maintenant comme n'ayant plus de valeur.

(1) *Bulletin de l' « American Academy »*, juin 1879, p. 153.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'unité thermique est ici définie : la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1° du thermomètre à air l'unité de masse d'eau, à la température de 15°.

Il convient d'adopter une semblable définition pour supprimer toute confusion résultant de l'ambiguïté des définitions ordinaires de l'unité thermique.

La valeur des recherches de cette nature dépend en grande partie des soins apportés aux détails des expériences. On ne donnera ici que l'exposé succinct de la méthode adoptée, et les conclusions auxquelles elle a conduit, sans chercher à les justifier par une minutieuse discussion.

Si un calorimètre est suspendu dans une enceinte dont les parois sont maintenues à une température constante, on peut, au moyen d'observations faites sur des températures *très peu différentes* de la température des parois, déterminer l'échauffement résultant d'un travail mécanique effectué à l'intérieur du calorimètre, quand la source de chaleur ne provient que de l'agitation. En répétant des observations semblables pour les cas où la température moyenne θ_1 diffère de la température θ_0 des parois, on obtient les variations dues aux effets combinés de l'agitation, de la radiation, de la conductibilité et de la transmission, pour tous les points de l'échelle des températures. Comme le succès de la méthode dépend d'abord de la possibilité de maintenir invariable la température extérieure et ensuite de la régularité de l'appoint de chaleur dû à l'agitation, il convient de décrire avec quelque détail la méthode qui a permis de réaliser ces conditions.

1° Le calorimètre (1) était suspendu dans une caisse en acier pleine d'air. Les côtés et les fonds de cette caisse étaient doubles, et l'espace intermédiaire était rempli de mercure. Le tout était placé dans un réservoir contenant à peu près 100 litres d'eau, et était fixé de façon qu'il y eût une couche d'environ 10 centimètres d'eau en dessus et en dessous de la caisse. Le mercure était relié par un tube à un régulateur à gaz d'un modèle spécial, qui réglait la quantité de gaz fournie à un grand nombre de becs. Au-dessus de ces becs était placé un tube plat, en argent, au travers duquel un courant d'eau coulait constamment vers le réservoir, dont toutes les parties étaient maintenues à égale température grâce à une hélice animée d'un rapide mouvement de rotation.

Le calorimètre pouvait ainsi être regardé comme suspendu dans une caisse placée à l'intérieur du réservoir d'un vaste thermomètre (le poids du mercure contenu dans ce réservoir atteignait 30 kilos).

Un changement de 1° dans la température du réservoir d'eau déterminait une élévation d'environ 300 millimètres du mercure dans les tubes du régulateur.

(1) Le calorimètre était de forme cylindrique, et suspendu par trois tubes de verre. Il était constitué par du métal doré, recouvert extérieurement et intérieurement d'une épaisse couche d'or. Toutes les surfaces métalliques placées à l'intérieur du calorimètre étaient également dorées sur une grande épaisseur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Des dispositions spéciales avaient été prises pour régler l'appareil de façon que les parois entourant le calorimètre pussent être maintenues aussi longtemps qu'on le désirait à n'importe quelle température, depuis celle du courant d'eau (13° en été, 3° en hiver) jusqu'à 40° ou 50°.

On s'est assuré par plusieurs observations que la température de la caisse d'acier fixée dans sa position définitive ne variait pas de 1/500e de degré, et il y a tout lieu de croire que les variations ont été beaucoup plus petites encore.

2° Il a été très difficile de trouver un type convenable d'agitateur, et les premières expériences, dans lesquelles on avait employé un appareil de forme ordinaire, ont échoué. Sans entrer dans les détails, il suffit de savoir que l'agitateur était complètement immergé lorsque la hauteur de l'eau dépassait 1 centimètre, que ses supports étaient extérieurs à la caisse d'acier, et que l'eau était projetée du fond vers le couvercle du calorimètre. Plus de cent expériences ont été faites (la durée de la plupart d'entre elles était de plusieurs heures) pour déterminer la valeur de $\sigma + \rho\,(_1\theta - \theta_0)$ (1), lorsque le calorimètre contenait des masses d'eau différentes. La concordance entre les résultats a été satisfaisante.

Ces expériences ont prouvé que, dans les limites de l'échelle des températures considérées, $\sigma + \rho\,(\theta_1 - \theta_0)$ était une fonction linéaire de $\theta_1 - \theta_0$, et que la loi de refroidissement de Newton était rigoureusement vraie lorsqu'on faisait varier les températures de 6° au-dessous à 6° au-dessus de la température des parois, soit entre 14° et 26°; les résultats des expériences étaient d'ailleurs assez précis pour que la plus petite divergence fût appréciable. On a trouvé qu'avec la forme d'agitateur adoptée, on a $\sigma = r^3 k$, r étant la vitesse de rotation et k un coefficient constant. Cette formule est vraie pour toutes les valeurs de r comprises entre 26 et 34 révolutions par seconde, et comme, au cours des expériences, on a toujours maintenu la vitesse aussi rapprochée que possible de 30 tours par seconde, il a été possible de faire les corrections nécessaires pour de petites variations de cette vitesse normale.

Dans le but de remédier aux irrégularités du moteur, on a construit un régulateur spécial à pression, qui a donné de bons résultats, et a permis de réduire à très peu de chose les variations de r au cours d'une expérience. La pression dans l'espace compris entre le calorimètre et les parois de la caisse d'acier a été comprise, en général, entre $0^{mm},3$ et 1 millimètre.

Si M représente la capacité calorifique du calorimètre et de son contenu, $M\rho$ sera la quantité de chaleur perdue ou gagnée par seconde par suite de la radiation, etc., par unité de différence de température, et pourvu que la pression reste constante, la valeur de $M\rho$ sera elle-même constante quel que soit le poids de l'eau. C'est seulement à la fin des expériences qu'on a pu obtenir la valeur de M.

(1) σ est l'élévation de température par seconde due à l'agitation, ρ est l'élévation ou l'abaissement de température par seconde dus à la radiation, etc., lorsque $\theta_1 - \theta_0 = 1°$.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On a constaté que $M\rho$ variait sensiblement pour de faibles changements de pression, et ces résultats, bien que ne rentrant pas dans l'étude actuelle, sont intéressants en ce qu'ils confirment la conclusion annoncée par Bottomby (1), à savoir qu'il se produit une diminution brusque dans la perte de chaleur par radiation lorsque la pression tombe au-dessous de $0^{mm},5$. Voici une table résumant ces résultats :

MASSE D'EAU.	PRESSION EN MILLIMÈTRES.	$M\rho$ RAPPORTÉ AU GRAMME et à la seconde.
139,78	1,15	0,0140
103,01	1,15	0,0140
103,01	0,98	0,0140
199,67	0,48	0,0138
259,50	0,48	0,0138
277,93	0,44	0,0136
188,07	0,40	0,0134
188,07	0,37	0,0032
277,93	0,37	0,0132
277,93	0,37	0,0131
188,07	0,37	0,0131
140,27	0,36	0,0130

Le point critique de la courbe, déduit de la table ci-dessus, se trouve à une pression supérieure à $0^{mm},5$, et la courbure est un peu plus accentuée que ne l'avait indiqué Bottomby.

Si $\left(\frac{d\theta_1}{dt}\right)_{\sigma,\rho}$ est l'élévation de température due à un appoint de chaleur indépendant de l'électricité, et si $\left(\frac{d\theta_1}{dt}\right)_{\varepsilon}$ est l'élévation de température due au contraire à l'électricité, on a

$$[1] \qquad \frac{d\theta_1}{dt} = \left(\frac{d\theta_1}{dt}\right)_{\varepsilon} + \left(\frac{d\theta_1}{dt}\right)_{\sigma,\rho}$$

On vient de décrire la façon dont on a déterminé le dernier terme de cette équation, de sorte que, en observant directement $\frac{d\theta_1}{dt}$, on peut obtenir la valeur de $\left(\frac{d\theta_1}{dt}\right)_{\varepsilon}$, et l'on a d'autre part

$$[2] \qquad \left(\frac{d\theta_1}{dt}\right)_{\varepsilon} = \frac{E^2}{JR'M'},$$

(1) *Philosoph. Transact.*, 1887, A.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en désignant par R′ la résistance du conducteur, par M′ la capacité calorifique du calorimètre et de son contenu à la température θ_1 et par J l'équivalent mécanique de la chaleur.

Voici maintenant les méthodes qui ont été employées pour déterminer la valeur électrique de l'énergie fournie par le courant.

Détermination de E. — Les extrémités des fils CA, CB doivent (quand le galvanomètre G n'accuse aucune déviation) être maintenues à une différence de potentiel égale à celle qui est due aux piles placées en C. Soit k une résistance réglable à volonté que l'on peut interposer dans le circuit qui communique avec la source électrique S (piles) et soit R la résistance du calorimètre AB, représenté ici par une bobine. Quelles que puissent être les variations de R et de la différence de potentiel en S, il est toujours possible, si l'on peut régler convenablement k, et si l'on observe soigneusement le galvanomètre, de maintenir les points A et B à une différence constante de potentiel.

On a employé à cet effet un rhéocorde spécial grâce auquel on a pu, malgré les différences des variations de AB, maintenir invariable la différence de potentiel pendant chaque expérience, et l'on peut admettre que dans aucun cas les variations n'ont excédé un dix-millième de la différence moyenne de potentiel au cours de l'essai.

Les piles de Clark placées en C ont été comparées plusieurs fois avec les étalons de Cavendish et de Berlin. Les différences constatées ont été petites, et on a trouvé pour la force électromotrice moyenne de ces piles 1,4344 volts, à 15°.

Détermination de R′. — S'il avait été possible de maintenir R constant, les expériences et les calculs auraient été considérablement simplifiés. Après avoir longuement étudié pour cet objet divers alliages cuivre-manganèse-nickel, on s'est arrêté à l'emploi d'un fil de platine.

La valeur de R a d'abord été déterminée en ohms légaux au moyen d'un appareil dûment étalonné, puis exprimée ensuite en ohms vrais.

Si R est la résistance de la bobine (1) à la température θ, on a

$$R' = R[1 + k(\theta_1 + \beta - \theta)]$$

k étant le coefficient calorifique du fil et β l'excès de sa température au-dessus de la température θ du calorimètre.

Il serait difficile de décrire, même succinctement, le procédé employé pour déterminer β, mais voici au moins un aperçu de la méthode : soient P, Q, R, S, les bras d'un pont de Wheatstone dont S est la bobine. Supposons les bras P et Q égaux, non seulement comme résistance, mais aussi comme masse et comme

(1) Le fil était recouvert d'une épaisse couche de vernis à l'ambre, et son isolement était satisfaisant. Pour s'en assurer, on a fait une série de déterminations de R avec le calorimètre rempli de pentane pur. L'accroissement de R n'a pas varié de 1/22000.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dimensions, et prenons R = S lorsque la bobine est à une certaine température θ_s, le thermomètre du calorimètre marquant dans ces conditions la température θ_1.

R doit être constitué par une grande masse métallique ayant un faible coefficient calorifique et une surface de refroidissement considérable (1). Si le pont est en équilibre électrique lorsqu'un certain courant le traverse, cet équilibre sera détruit lorsque la température de la bobine S s'élèvera en même temps que l'intensité du courant augmentera, car l'accroissement de température de R peut être considéré comme négligeable, et P et Q resteront égaux, bien que leurs valeurs changent, puisqu'ils sont traversés par des courants égaux et que leurs capacités calorifiques sont les mêmes. L'équilibre peut néanmoins être rétabli en refroidissant le calorimètre à une certaine température, soit θ_2. On sait alors que S a repris sa valeur primitive, et est revenu par suite à la température θ_s. On a donc $\beta = \theta_s - \theta_2$. En faisant varier E, différence de potentiel des extrémités de la bobine, on peut trouver les valeurs de β correspondant aux diverses valeurs de E. En appliquant aux extrémités des bobines l'appareil qui vient d'être décrit, la différence de potentiel aux extrémités de S peut (en augmentant la force électromotrice aux extrémités du pont) devenir égale à celle de une, deux, etc., piles de Clark.

La table suivante donne les résultats obtenus par cette méthode. Au cours des observations, l'agitateur était animé de sa vitesse ordinaire, mais on a aussi cherché l'effet résultant de petites variations de vitesse. La dernière colonne donne les valeurs déduites de la parabole $dR = 0{,}00422n^2$ (n étant le nombre de piles de Clark), expression commode des différences de température représentées par les différences correspondantes de R. Une différence de 0,001 entre les deux dernières colonnes correspond à un changement de 1/8600 pour R. Cette correction est très importante, et c'est parce que les premiers expérimentateurs avaient négligé de la faire qu'ils ont échoué dans leurs recherches sur la chaleur développée par un fil que traverse un courant électrique.

NOMBRE DE PILES.	ACCROISSEMENT.	dR (EN OHMS LÉGAUX).	dR DÉDUIT DE LA FORMULE $dR = 0{,}00422\,n^2$.
0	x	0	0
1	0	0,0042	0,0042
2	0,0120	0,0163	0,0168
3	0,0333	0,0376	0,0378
4	0,0638	0,0681	0,0675
5	0,1023	0,1066	0,1055
6	0,1478	0,1516	0,1519

(1) La masse de maillechort employée dans ces expériences pour le bras R pesait plusieurs kilogrammes et contenait environ 600 mètres de fil simple enroulé en faisceaux doubles et triples

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Détermination du temps t. — Une horloge électrique avec pendule battant la seconde a été employée pour mesurer les temps. Cette horloge, comparée avec un bon chronomètre, servait à contrôler un chronographe. La régularité de cette horloge était assez parfaite pour qu'aucune correction n'ait été nécessaire.

Détermination de la masse d'eau W. — La balance employée était sensible au cent millième de la plus petite masse employée.

Détermination de la température θ_1. — Le thermomètre à mercure qui a servi aux expériences a été étalonné par comparaison directe avec plusieurs thermomètres à lame de platine. Il a été démontré (1) que la formule

$$d\,(t \times \overline{100}^2 - t \times 100)$$

donne à 0°,01 près les différences entre le thermomètre de platine et le thermomètre à air entre 0° et 100°. C'est cette formule qui a été appliquée pour ramener les températures trouvées aux températures qui eussent été données par un thermomètre à air. Le thermomètre à mercure a été calibré, ce qui est absolument indispensable pour des expériences de cette nature, non seulement à cause des irrégularités de la tige, mais encore à cause des modifications qui se produisent avec le temps dans la nature du verre. On ne décrira pas ici la méthode employée, qui était fondée sur des observations de temps. Les résultats de cette étude (qui a duré plusieurs mois) ont montré que le calibrage ordinaire est insuffisant pour des recherches aussi délicates. On s'est servi au cours des expériences de tables de correction préalablement dressées.

On voit désormais comment les diverses quantités entrant dans l'équation [2] ont été déterminées, à l'exception de J et de M'. On peut donc déduire de [2] le temps T pendant lequel la température s'élève de 1° pour un terme quelconque de la série étudiée, R et E (différence de potentiel d'une pile de Clark) étant connus. On a :

$$[3] \qquad \frac{J}{E^2} M' = T.$$

Si W est le poids de l'eau, et W_x l'eau équivalant au calorimètre à la température étalon θ, si en outre f et g sont les coefficients de leurs chaleurs spécifiques, on a d'ailleurs :

$$M' = W[1 + f(\theta_1 - \theta)] + W_x[1 + g(\theta_1 - \theta)];$$

d'où :

$$[4] \qquad \frac{J}{E^2}\left\{ W[1 + f(\theta_1 - \theta)] + W_x[1 + g(\theta_1 - \theta)] \right\} = T.$$

(1) *Philosoph. Transact.*, 1891, A, p. 155.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En répétant les observations avec différents poids d'eau W_1 et W_2, et en observant les temps correspondants T_1 et T_2, on obtient par soustraction :

$$[5] \qquad \frac{J}{E^2}(W_2 - W_1)[1 + f(\theta_1 - \theta)] = T_1 - T_2.$$

Donc si $\theta_1 = \theta$ (θ étant la température-étalon), on peut calculer J sans déterminer les valeurs de f et de g, ou l'eau équivalant au calorimètre, et en répétant les observations sur diverses séries, on peut inversement calculer f sans déterminer J ; ou encore, ayant obtenu f, on peut trouver W_x et g, et alors l'équation (4) donne la valeur de J par une seule expérience. On a appliqué les deux méthodes de façon à les contrôler l'une par l'autre, les calculs étant fort compliqués. La seconde méthode est préférable, parce qu'elle permet de s'assurer des résultats des expériences séparées, mais elle ne peut être appliquée que lorsque les valeurs de f, g, et W_x ont d'abord été obtenues au moyen d'observations sur deux poids différents à deux températures différentes.

La table ci-dessous renferme un certain nombre des résultats obtenus. Les expériences faites avec le même poids d'eau constituent un *groupe*, et chaque groupe comprend des expériences faites avec diverses valeurs de n, n étant le nombre de piles de Clark qui détermine la différence de potentiel. Le nombre d'expériences de chaque groupe est indiqué par le chiffre qui suit la mention « moyenne ». La table indique de la sorte l'importance des irrégularités commises au cours des expériences. Une *courbe rectifiée* a été tracée dans chaque cas, de façon que la somme des aires positives et négatives comprises entre cette courbe et la courbe un peu irrégulière déduite des observations (construite à l'aide des nombres renfermés dans les colonnes « moyennes ») soit rigoureusement nulle.

Valeurs de T.

TEMPÉRATURE.	GROUPE A W = 139776		GROUPE C W = 199674		GROUPE D W = 259500	
	MOYENNE (6).	d'après LA COURBE.	MOYENNE (4).	d'après LA COURBE.	MOYENNE (5).	d'après LA COURBE.
14,477	458,7	458,8	580,7	580,9	702,7	702,9
15,581	459,1	458,9	581,0	581,0	703,3	703,0
16,682	459,1	459,0	581,1	581,1	703,0	703,0
17,683	459,0	459,1	581,3	581,1	703,1	703,0
18,688	459,4	459,2	581,3	581,2	703,1	703,0
19,835	459,3	459,3	581,9	581,3	703,6	703,1
21,115	459,4	459,5	581,1	581,4	703,3	703,1
22,409	459,7	459,6	581,6	581,4	702,9	703,1
23,862	459,7	459,7	581,1	581,5	702,7	703,2
25,006	459,9	459,8	581,5	581,6	703,4	703,2

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La table suivante donne les valeurs de T à 15°, 20° et 25°, déduites des courbes rectifiées.

TEMPÉRATURE.	GROUPE B W = 188065	GROUPE E W = 277931	GROUPE A W = 139776	GROUPE C W = 199674	GROUPE D W = 259500
1	2	3	4	5	6
15°.	557,14	740,46	458,87	580,95	702,91
20°.	557,62	740,60	459,35	581,25	703,05
25°.	558,09	740,75	459,81	581,55	703,20

On est parvenu ainsi aux résultats suivants :

Chaleur spécifique de l'eau à 25°, par rapport à la chaleur spécifique à 15°.

Déduite des col. 4 et 6 = 0,99734
Déduite des col. 4 et 5 = 0,99722
Déduite des col. 5 et 6 = 0,99746

MOYENNE. . . 0,99734

D'où, en prenant 15° comme température-étalon :

Chaleur spécifique de l'eau $= 1 - 0{,}000266\,(t - 15)$ (1). On en déduit pour J équivalent mécanique de la chaleur, les valeurs suivantes, d'après l'équation [5].

D'après les col. 4 et 6, $J = 4{,}1939 \times 10^7$
— 4 et 5, $J = 4{,}1940 \times 10^7$
— 5 et 6, $J = 4{,}1940 \times 10^7$

VALEUR MOYENNE DE $J = 4{,}1940 \times 10^7$

Cette valeur de J est entièrement *indépendante de la valeur assignée à la masse d'eau équivalant au calorimètre.*

On trouve que le poids d'eau à 15° équivalant au calorimètre à 15° est 85gr,340.

Le poids d'eau à 15° équivalant au calorimètre à 25° est 86gr,174 d'où la formule :

$$\text{Eau équivalant au calorimètre} = 85\,340\,[1 + 0{,}000977\,(t - 15)].$$

On peut maintenant calculer la capacité calorifique du calorimètre et de son contenu pour un poids d'eau quelconque à 15°, 20° et 25°, et en déduire la valeur de J pour chaque groupe séparément. Les groupes B et E comprennent les expériences faites respectivement sur 188gr,065 et 277gr,931 (poids calculés dans le vide).

(1) Entre les limites 14° et 26°.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Valeurs de J.

GROUPE.	15°	20°	25°	MOYENNE.
A.	$4,1940 \times 10^7$	$4,1940 \times 10^7$	$4,1939 \times 10^7$	4,1940
B.	$4,1930 \times 10^7$	$4,1941 \times 10^7$	$4,1949 \times 10^7$	4,1940
C.	$4,1939 \times 10^7$	$4,1938 \times 10^7$	$4,1937 \times 10^7$	4,1938
D.	$4,1940 \times 10^7$	$4,1939 \times 10^7$	$4,1940 \times 10^7$	4,1940
E.	$4,1938 \times 10^7$	$4,1940 \times 10^7$	$4,1943 \times 10^7$	4,1940
			MOYENNE TOTALE. . .	4,1940

La table ci-dessus donne les valeurs résultant des calculs effectués pour diverses températures, et l'importance des erreurs expérimentales ressort ainsi d'une façon bien nette, puisque les valeurs de J devraient, s'il n'y avait pas eu d'erreurs, être identiques à toutes les températures. Le peu d'écart constaté entre les valeurs des différents groupes et entre les valeurs d'un même groupe à diverses températures démontre l'exactitude des déterminations effectuées. Si on rejette le groupe B, qui n'a que peu d'intérêt, les résultats peuvent être considérés en pratique comme identiques.

Étant admises les définitions de l'unité de résistance, de la force électromotrice, et de l'unité thermique (voir plus haut), on a donc pour la valeur la plus admissible de l'équivalent mécaniqne de la chaleur :

$$J = 4,1940 \times 10^7 \text{ ou } J = 427^{\text{kgrâmèt.}},25$$

à la latitude de Greenwich ($g = 981,17$). Cette valeur dépasse de 1/930 celle donnée par Rowland, et de 1/350 la valeur moyenne trouvée par Joule (1).

Le chiffre de Rowland serait identique à celui que fournit le procédé décrit dans la présente note, si l'on prenait pour valeur de la chaleur spécifique de l'eau celle qui correspond à la température de 11°,5.

(*Bulletin de la « Royal Society »*.)

(1) Rowland a calculé la valeur moyenne des résultats de Joule en ne considérant qu'une partie de ses expériences, et c'est d'après ces chiffres qu'on a indiqué la différence ci-dessus. Si l'on considère *tous* les résultats donnés par Joule, la moyenne de ces résultats dépasse de 1/4280 la valeur trouvée à l'aide du procédé décrit dans cette note.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PROCÈS-VERBAL

Séance du 27 octobre 1893.

Présidence de *M. Tisserand*, Président.

M. Jarre, membre correspondant de la Société, à Ornans, envoie une disposition permettant d'allumer ou d'éteindre une ou plusieurs lampes électriques de plusieurs points différents. (Arts économiques.)

M. Armengaud jeune envoie le discours prononcé par M. Casalonga aux funérailles de M. Charles Armengaud, membre de la Société, décédé le 12 avril 1893. (*Bulletin.*)

M. Jollet, ouvrier-mécanicien, rue des Pyrénées, 202. — Système de fermeture de coffre-fort. (Arts mécaniques.)

M. Alexandre Desmarchix, rue de la Distillerie, maison Coutanceau, à Nantes. — Spécimens de son travail sur bois et résultats obtenus à l'aide de ses machines. (Constructions et Beaux-Arts.)

M. Rivage, rue Duvivier, 19. — Travail sur les phénomènes de la lumière. (Arts mécaniques.)

M. Lachaume, rue de Belleville, 38. — Bandage élastique pour roue de bicyclette. (Arts mécaniques.)

M. Hertford, rue Clément, 15, Saint-Maur-les-Fossés. — Machine à rouler les anneaux de toute forme. (Arts mécaniques.)

M. Heu, rue des Ayres, 49, à Bordeaux. — Système de moteurs. (Arts mécaniques.)

M. Vernet, rue de la Roquette, 77. — Machine motrice pneumatique. (Arts mécaniques.)

M. Cabrie-Gardien, rue de Châteaudun, 39. — Nouveau carburateur dénommé *Le Coq*. (Arts mécaniques.)

M. Matrat, rue du Colonel-Oudot, 7. — Nouveau système de couteau. (Arts mécaniques.)

M. Lebreton, ingénieur civil, rue de Rome, 161. — Nouveau système de transmission sinusoïdale. (Arts mécaniques.)

M. Feron, rue des Carmes, 64, à Rouen. — Machine à remplir les bouteilles. (Arts économiques.)

M. Sorieul, rue du Plenitre, à Alençon. — Nouveau système de pompes et soufflerie. (Arts mécaniques.)

M. Duthil, rue des Dames, 45. — Documents relatifs à la Société de jonction de l'Océan et de la Méditerranée par voie ferrée pour navires. (Bibliothèque.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Honoré, quai des Célestins, 2. — Tambours moteurs, soit à l'électricité, soit à l'air comprimé, etc. (Arts mécaniques.)

M. Bernard, éditeur, quai des Grands-Augustins, 53, envoie un exemplaire de la 9e édition des *Notes et formules de l'ingénieur et du constructeur mécanicien*, 1 vol. in-12. (*Bulletin.*)

M. Faucheur, président du Comité linier du nord de la France, à Lille. — Ouvrage intitulé : *La chambre de commerce de Lille et l'industrie linière*. (Agriculture.)

La Société industrielle d'Amiens envoie le programme des questions mises au concours pour l'année 1893-1894. (*Bulletin.*)

M. Léo Bonnet, commissaire général de l'Exposition hivernale et internationale de Californie, envoie le programme de cette Exposition. (Bureau.)

M. Maurice Block, membre du Conseil, fait hommage de la brochure qu'il vient de publier sous le titre de : *The Progress of economic ideas in France.* (Bibliothèque.)

M. Sauvage, membre du Conseil, fait hommage d'une brochure qu'il vient de publier sous le titre de : *L'Exploitation de l'anthracite en Pensylvanie et ses déchets*, d'après le rapport officiel américain. (*Bulletin.*)

M. Constant Bergerant, boulevard du 14 Juillet, à Troyes. — Produit lessivial permettant de laver et savonner le linge en présence de l'eau de mer. (Arts chimiques.)

M. Bondonneau, à Saint-Mandé. — Note sur la fabrication de la fécule de pommes de terre par plans courants. (Arts chimiques.)

M. Utschneider et Cie, à Sarreguemines et Digoin, annoncent à la Société qu'il devient impossible depuis quelque temps de trouver la matière première céramique connue sous le nom de *grès de Thiviers*. Ils demandent si la Société peut leur donner des renseignements sur d'autres gisements de ce jaspe. (Arts chimiques.)

M. Bandsept, ingénieur, chaussée de Wavre, 60, à Bruxelles. — Chauffage *direct* au moyen de la combustion rationelle du gaz. (Arts économiques.)

M. Maronnier, avenue Benoît-Trévy, à Saint-Mandé (Seine). — Fûts en fer démontables. (Arts économiques.)

M. Quinard-Defrance, rue de Vesle, 106, à Reims. — Machine à dénoyauter les fruits destinés à la fabrication des conserves. (Arts économiques.)

M. Berjas, rue de la Brèche-aux-Loups, 4. — Nouveau système de charrue. (Agriculture.)

M. Nicollet, publiciste, rue du Lycée, 4, à Grenoble. — Diverses brochures relatives à des sujets d'économie sociale et rurale. (Commerce.)

M. Campana, rue de Fréjus, 41, à Cannes. — Appareil photographique à main. (Constructions et Beaux-Arts.)

M. Thézard, ingénieur, rue des Martyrs, 40, demande l'appui de la Société

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pour obtenir une mission scientifique sur la côte occidentale d'Afrique dont il a fait la demande au sous-secrétaire d'État des colonies. (Bureau.)

OUVRAGES OFFERTS A LA SOCIÉTÉ. — *Ministère des Finances. — Tableau général du commerce de la France avec ses colonies et les puissances étrangères pendant l'année* 1892.

Ministère de l'Intérieur. — Situation financière des départements en 1891, présentée par M. Gentil, conseiller d'État, à M. Charles Dupuy, président du Conseil, ministre de l'Intérieur.

Ministère de l'Instruction publique. — Exploration scientifique de la Tunisie. — Illustrations de la partie paléontologique et géologique. Fascicule II.

Description des brachiopodes, etc., des terrains crétacés de la région sud des hauts plateaux de la Tunisie, recueillis en 1885 *et* 1886, par MM. Philippe Thomas et Alphonse Peron.

Bulletin de géographie historique et descriptive, année 1893. N^os^ 1 et 2.

Ministère des Travaux publics. — Statistique des chemins de fer français au 31 *décembre* 1881. Première partie. France. Intérêt général.

Nouvelles Archives des missions scientifiques et littéraires, choix de rapports et instructions publié sous les auspices du ministère de l'Instruction publique et des Beaux-Arts. Tomes II et III. Ernest Leroux, éditeur, rue Bonaparte, 28.

The Journal of the Iron and Steel Institute. N° 1, 1893.

Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Vol. 183, A.-B.

Smithsonian Institution. — Miscellaneous collections. Vol. XXXVI. — *Annual Report of the Commissioner of Patents.* 1892. — *The Proceedings and Transactions of the Nova Scotia Institute of science. Halifax, Nova Scotia.* Vol. 1, 1892.

Reports from the Consuls of the United States. Août 1893.

Comité des forges de France. Annuaire 1893-1894.

Encyclopédie des aide-mémoire, dirigée par M. Léauté. — *Théorie des jeux de hasard*, par M. H. Laurent;

Accidents de chaudières, par M. Sinigaglia;

Les Turbines, par M. Gérard Lavergne;

La Décoration céramique au feu de moufle, par M. Guenez;

Les Moteurs à gaz et à pétrole, par M. Vermand (P.).

Tous ces ouvrages ont été offerts par MM. Gauthier-Villars et fils, éditeurs.

Notes et formules de l'ingénieur et du constructeur-mécanicien, par MM. L.-A. Barré, Vigreux (Ch.) et R.-P. Bouquet, ingénieurs des arts et manufactures, 1 vol. in-12. — Librairie Bernard et C^ie^, quai des Grands-Augustins, 53 *ter*.

Association des industriels de France contre les accidents du travail. — Instructions concernant les précautions à prendre dans l'emploi des meules en grès et des meules artificielles, br.

Petroleum door, D^r^ D. de Loos, br. Haarlem.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ministère du Commerce, de l'Industrie et des Colonies. — Office du travail. — De l'emploi des artèles et de la participation intéressée du personnel dans les chemins de fer russes. — Résultats statistiques de l'assurance obligatoire contre la maladie en Allemagne. Fascicules IV et V.

Les Explosifs industriels, le grisou et les poussières de houille, par J. Daniel, ingénieur des arts et manufactures, 1 vol. in-8, Bernard et Cie, éditeurs.

Pour la deuxième fois ! de l'eau de Seine, s'il vous plaît, avec le réservoir-tunnel, de A. Jullien, br.

COMMUNICATIONS. — *Unification des filetages.* — *M. Ed. Sauvage* rend compte de l'état de la question des filetages et des jauges. Sur les 10 000 exemplaires des rapports dont le Conseil a ordonné le tirage, 8 000 environ ont été distribués à la plupart des personnes que ces questions paraissaient devoir intéresser ; la réserve de 2 000 est nécessaire pour des distributions ultérieures et pour réparer des omissions inévitables.

L'idée de l'unification a été accueillie avec une grande faveur, ainsi que le prouvent les nombreuses réponses adressées à M. le Président de la Société. M. Sauvage donne lecture de deux de ces réponses qui arrivent à la Société au moment même de la séance : l'une est d'un ingénieur, qui insiste sur les difficultés que lui a causées, dans le cours de sa carrière, le désordre actuel des filetages ; l'autre vient d'un de nos compatriotes établis au Chili qui nous signale, parmi les causes qui déprécient nos machines à l'étranger, la difficulté de remplacer les moindres pièces : l'unification des filetages, qui existe pour les machines de provenance anglaise et américaine, ne peut donc que nous être très avantageuse sous ce rapport. On peut rapprocher de ces observations les arguments analogues souvent donnés en Angleterre pour préconiser l'adoption du système métrique.

Il serait beaucoup trop long de donner une analyse, même sommaire, de toutes les réponses reçues, provenant de chefs des grands services publics, de constructeurs, d'ingénieurs, de professeurs : comme nous le disions un peu plus haut, la plupart de ces réponses contiennent un éloge chaleureux du principe de l'unification ; beaucoup donnent une approbation complète des projets présentés ; quelques-unes proposent des modifications sur quelques points de détails ou même des systèmes différents.

La Commission des filetages et des jauges réunira et condensera toutes ces propositions, de manière à les présenter sous une forme précise à la réunion générale qui devra statuer. Il sera nécessaire de demander quelques sacrifices aux auteurs des propositions ; plusieurs d'entre eux se déclarent par avance prêts à se rallier au système qui réunirait les suffrages des intéressés. Dans une question de cet ordre, où aucune règle théorique n'impose certaines proportions, les systèmes sont forcément arbitraires, et on peut en imaginer un grand nombre : il faut nécessairement en choisir un seul. Le désir de la Commission n'est nulle-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment d'imposer ses idées en écartant la discussion; elle cherchera au contraire à tenir compte, autant que possible, de toutes les observations qui lui sont présentées, de manière à fixer des règles qui auraient l'assentiment général : puis elle présentera, sous la forme la plus simple, les principales contre-propositions qui lui auront été soumises. L'accueil empressé qui a été fait à l'idée de l'unification permet d'espérer que les partisans nombreux de cette idée n'hésiteront pas au sacrifice inévitable de quelques points de détail pour la faire triompher.

Si de nombreuses réponses ont été reçues par la Société, de grandes administrations, des constructeurs importants, des ingénieurs éminents n'ont pas encore répondu à l'appel qui leur a été adressé; dans plusieurs cas, ce retard tient à ce que les intéressés ont voulu faire procéder à une étude approfondie de la question avant de donner leur avis : cet avis n'en aura que plus de poids. Il faut tenir compte aussi des délais inévitables dans des affaires de ce genre, qui n'exigent pas impérieusement une solution urgente.

On peut provoquer bien des réponses nouvelles et importantes en rappelant la question aux intéressés, et tous les membres du Conseil peuvent rendre grand service à la cause de l'unification par ce simple rappel. Ils peuvent être assurés qu'ils ne rencontreront nulle part l'indifférence. Il sera possible alors de convoquer la réunion générale qui pourra fixer définitivement les bases de l'unification des filetages et des jauges.

En terminant, il est bon de citer les travaux entrepris par les ingénieurs allemands sur l'unification des filetages; les mêmes inconvénients ont amené en Allemagne le même désir d'unification. Un prochain numéro du *Bulletin* de la Société rendra compte de ces travaux.

M. le Président remercie *M. Sauvage* de son intéressante communication.

Instruments de physique. — M. Léon Jaubert présente trois modèles de microscope à dispositions particulières dont il signale les avantages, et plusieurs baromètres-étalons dont il décrit les diverses parties et qui sont exposés à l'Institut populaire du progrès et à l'Observatoire populaire dont il est le directeur.

M. le Président remercie *M. Léon Jaubert* de son intéressante communication qui est renvoyée au Comité des Arts économiques.

BIBLIOGRAPHIE

JOURNAUX ET REVUES

Comptes rendus de l'Académie des Sciences. — *Séance du 11 septembre* 1893, n° 11. — Traitement des vignes phylloxérées, par les mousses de tourbe imprégnées de schiste, par *F. de Mély*. — Sur une méthode de détermination de la densité des gaz, applicable à l'industrie, par *M. Meslans*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Séance du 25 septembre, n° 13. — Action de l'arc électrique sur le diamant, le bore amorphe et le sélénium cristallisé, par *Henri Moissan*. — Sur la reproduction des huîtres dans la rivière de Roscoff, par *de Lacaze-Duthiers*.

Séance du 2 octobre, n° 14. — De la fixation de l'iode par l'amidon, par *G. Rouvier*.

Séance du 16 octobre, n° 16. — Sur le troisième principe de l'énergétique, réponse à M. Meyerhoffen, par *H. Le Chatelier*. — Sur le transport électrique de la chaleur, par *L. Houllavigne*.

Annales des Ponts et Chaussées. — *Juillet* 1893. — Sur un rouleau corroyeur à vapeur, employé dans l'exécution de la digue-barrage du réservoir de Torcy-Neuf, par *E. Résal*. — Note sur les nouvelles écluses du canal Saint-Denis, par *Renaud*. — Note sur deux explosions de récipients soudés, par *Olry*.

Août. — Note sur la multiplication, par *Ed. Collignon*.

Annales des Mines. — *Septembre* 1893. — Procédés d'essai des matériaux hydrauliques, par *H. Le Chatelier*.

Mémoires de la Société des ingénieurs civils. — *Juillet* 1893. — Les tubes Serve, par *Kéromnès*. — Comparaison des systèmes d'enclenchement des appareils de la voie, par *L. Hubou*. — Nouvel excavateur à chevaux « New Era » de Austin, par *A. Zolziavski*.

Revue générale des chemins de fer. — *Septembre* 1893. — Fabrication des alliages blancs employés par le service du matériel et de la traction de la Compagnie de l'Est, pour les pièces à frottement, par *J. Desgeans* et *L. Fort*. — Alliages pour coussinets, par *C.-B. Dudley*.

Comité des Forges de France. — 10 *octobre* 1893, n° 772. — Réunion d'automne de l'Iron and Steel Institute.

Génie civil. — 2 *septembre* 1893, n° 13. — Stérilisation de l'eau par le permanganate de potasse. — Utilisation des laitiers et des scories de hauts fourneaux.

9 *septembre*, n° 19. — Amalgamateur à spirale de Rigaud, par *F. Desquiens*. — Essais de la locomotive Heilmann effectués au Havre en août 1893, par *Max de Nansouty*. — Vieillissement artificiel des alcools, par *A.-M. Villon*.

23 *septembre*, n° 21. — Moteurs à pétrole, moteurs à pétrole ordinaire, système Niel, par *F. Delaunay*. — Ouro-Preto et les mines d'or (Brésil), suite, par *Paul Ferrand*. — Emploi de l'eau de mer pour les besoins municipaux.

30 *septembre*, n° 22. — Ouro-Preto et les mines d'or (Brésil), suite et fin, par *Paul Ferrand*. — Les applications du procédé de stérilisation de William Kuhn, par *G. Petit*.

7 *octobre*, n° 23. — Préparation industrielle de la baryte et de la strontiane par l'électricité. — Extraction des graines oléagineuses, le compresseur Follin, par *P. Crépy*. — Les applications du procédé de stérilisation de William Kuhn (suite et fin), par *G. Petit*. — Nettoyage et polissage de l'aluminium. — Les briquettes de pétrole solidifié.

14 *octobre*, n° 24. — La glace à Paris, par *Gérard Lavergne*. — Calculateur G. Fuller, par *A. Rateau*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

21 *octobre*, n° 25. — Le carborundum, par *R. de Batz*.

Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse. — *Juin* 1893. — Hygiène industrielle. Recherches organisées par la Société industrielle sur la ventilation et l'humidification des salles de filature et de tissage. Rapport sur la ventilation d'une salle de tissage de la Société cotonnière mulhousienne, ci-devant Schlumberger fils et Cie, à Mulhouse (avec huit planches).

Juillet. — Affaiblissement des tissus de coton par les mordants de fer destinés à la teinture, par *Albert Scheurer*. — Affaiblissement de la fibre du coton par l'acide tartrique, par *Albert Scheurer*.

Août-Septembre. — Note sur la constitution des matières colorantes du groupe de la fuchsine, par *Prud'homme* et *C. Rabaut*. — Note sur l'action de la lumière sur le métatungstate de soude, par *Camille Schoen*. — Note sur le sel d'indigo, par *Eugène Fischer*. — De la synthèse des couleurs azoïques sur les fibres animales. Fabrication du chlorate de soude, documents présentés par *Péchiney et Cie* et lettre de *G.-A. Schoen*.

Revue industrielle. — 2 *septembre* 1893, n° 35. — Appareil à mesurer l'eau employée dans les moteurs à vapeur, par *W.-A. Allen*. — Pavage métallique en bordures des rails de tramways.

9 *septembre*, n° 36. — Machine radiale à scier les métaux à froid. (Exposition de Chicago.)

16 *septembre*, n° 37. — Mécanisme pour l'arrêt automatique des moteurs, système des établissements Weyher et Richmond. — Expériences comparatives sur les hélices,

23 *septembre*, n° 38. — Régulateur pour moteurs hydrauliques, système Escher, Wyss et Cie. — Utilisation des sous-produits de l'industrie sidérurgique. — De l'obstruction des conduites d'eau par les mollusques, d'après une note de *M. Locard*. — La tuberculose des conduites d'eau de New-York ; utilité du goudronnage.

7 *octobre*, n° 40. — Fabrication des alliages blancs, employés par la Compagnie des chemins de fer de l'Est. — Variation de la longueur des mires de nivellement.

14 *octobre*, n° 41. — Moteur à air chaud, système R. Hoffmann.

21 *octobre*, n° 42. — Machines à rectifier les pièces trempées, système P. Huré.

28 *octobre*, n° 43. — Embrayage à friction, système Croft et Christian.

Chronique industrielle. — 17 *septembre* 1893, n° 38. — Procédés de filtration des liquides (suite et fin). — Bélier hydraulique à pulsations rapides, système Decœur. — Sur un essai de l'hélice à propulsion verticale, note de M. *Mallet*, présentée par M. *Janssen* à l'Académie des Sciences.

1er *octobre*, n° 40. — L'exploitation du mica.

15 *octobre*, n° 42. — Composition des fumées. — Corrosion des tôles dans les bouilleurs de chaudières.

La Lumière électrique. — 9 *septembre* 1893, n° 36. — Applications mécaniques de l'électricité, par *Gustave Richard*. — Électro-métallurgie de l'or, par *Molloy*.

23 *septembre*, n° 38. — Blanchiment électro-chimique, par *Knofler* et *Gebauer*. — La résistance électrique des métaux et des alliages aux températures voisines du zéro absolu, par *James Dewar* et *J.-A. Fleming*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

7 *octobre*, n° 40. — La propagation de la lumière dans les métaux, par *C. Raveau*.

14 *octobre*, n° 41. — La propagation de la lumière dans les métaux, par *C. Raveau*.

21 *octobre*, n° 42. — Le carborundum, par *T.-O. Atcheson*. — Préparation et propriétés du siliciure de carbone cristallisé (carborundum), par *Moissan*. — Sur une pompe à air contenant du mercure, de l'acide sulfurique ou un liquide quelconque à faible tension de vapeur, par *J.-J. Thomson*.

23 *octobre*, n° 43. — Les lampes à arc, par *Gustave Richard*. — Formation des plaques d'accumulateurs. Pompe rotative à mercure, par *F. Schultze-Berge*.

L'Électricien. — 16 *septembre* 1893, n° 142. — Tir au canon la nuit par l'électricité, par *Leroy*. — Fusion électrique des métaux, par le procédé *Faussig*. — L'utilisation des chutes de la Loire.

23 *septembre*, n° 143. — Quelques essais de très petits moteurs, par *E. Meylan*.

30 *septembre*, n° 144. — Expérience sur les dépôts électro-chimiques, par le docteur *Oettel*.

14 *octobre*, n° 146. — Transport de force dans les usines, par *Ch. Haultmann*.

21 *octobre*, n° 147. — Production de l'ozone.

Annales de Chimie et de Physique. — *Août* 1893. — Mémoires sur l'électricité et la dilatation des fluides jusqu'aux très hautes pressions, par *E.-H. Amagat*.

Octobre. — Décomposition des aluminates alcalins en présence de l'alumine ou de l'acide carbonique. Préparation industrielle de l'alumine, par *Alfred Ditte*. — Décomposition des stannates de potasse et de soude sous l'influence de l'acide carbonique ou des carbonates alcalins, par *Alfred Ditte*.

Journal de Pharmacie et de Chirurgie. — 15 *septembre* 1893, n° 6. — Purification du bismuth, par *Edw. Matthey*.

1er *octobre*, n° 7. — Épuration des alcools par le bioxyde de sodium, par *Villon*.

15 *octobre*, n° 8. — Analyse des pétroles, par *A. Riche*. — Un nouveau dissolvant de la cellulose, par *E.-F. Cross* et *E.-J. Beran*.

Moniteur scientifique. — *Octobre* 1893, n° 622. — Étude comparée des divers systèmes de production du chlore, par *C.-F. Townsend*. — La soude naturelle, par *G. Lunge*. — Sur la formation de la soude naturelle dans les lacs salés d'Égypte, par *E. Sickenberger*. — La fabrication du chlorate de soude et les brevets de M. *Péchiney*. — Les alcools dénaturés et le comité des arts et manufactures. — Sur le vieillissement des vins, par *E. Duclaux*.

Revue scientifique. — 16 *septembre* 1893, n° 12. — La photochromie interférentielle, d'après *M. Lumière*.

Revue générale des sciences. — 15 *septembre* 1893, n° 17. — Les nouveaux perfectionnements apportés à la nomenclature chimique, par *L. Maquenne*.

15 *octobre*, n° 19. — La vitesse de détonation dans les mélanges gazeux, par *H. Dixon*.

La Nature. — 16 *septembre* 1893, n° 1059. — Exhaussement des cheminées

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'usine, par *A. Bergeret*. — Le pont transbordeur de Portugalète en Espagne, par *Max de Nansouty*.

23 *septembre*, n° 1060. — Acidimétrie des moûts de raisin et des vins frais.

7 *octobre*, n° 1062. — L'Observatoire du Mont-Blanc, par *Gaston Tissandier*.

21 *octobre*, n° 1064. — Les fers à chevaux en aluminium.

28 *octobre*, n° 1065. — Machines à additionner, par *G. Mareschal*.

Bulletin de la Société française de Photographie. — 15 *septembre* 1893, n° 18. — Union internationale de photographie, session de Genève. — Union nationale des Sociétés photographiques de France, session du Havre (suite). — Emploi d'une feuille d'étain comme support pour les transports photo-lithographiques, par *Mantell*. — Éclairage des objets sous le microscope, par *Gauthier*. — Photo-micrographie à l'aide de forts grossissements, par *Max Foch*. — Emploi des fluorures de potassium et de sodium en photographie, par *Mathet*.

1er *octobre*, n° 19. — Union nationale des Sociétés photographiques de France, session du Havre (suite et fin). — Maquillage des clichés, par *Chambon*. — Vernis s'appliquant à froid, par *Valenta*. — Vernis contenant de l'ammoniaque. — Vernis contenant de l'éther et de l'acétone. — Vernis à la benzine. — Vernis au collodion succédané de la glace dépolie, par *Foch*.

Journal d'agriculture pratique. — 21 *septembre* 1893, n° 38. — Un nouvel alambic, par *A. Leblond*.

28 *septembre*, n° 39. — La farine de coques d'arachides, par *A. Gonin*. — Hangars métalliques démontables, par *A. Dubois*.

5 *octobre*, n° 40. — La menthe poivrée, par *Gustave Heuzé*.

26 *octobre*, n° 43. — La ligue agraire allemande, par *E. Lecouteux*. — Le manioc et la fabrication du tapioca, par *G. Clarenc*. — Les ennemis du pin maritime, par *Raymond Brunet*.

Journal de l'Agriculture. — 23 *septembre* 1893, n° 1401. — Les distributeurs d'engrais, par *A. Debains*. — La vigne vigoureuse et féconde sans apport d'aucun engrais, par *Augustin Gay*.

30 *septembre*, n° 1402. — Les distributeurs d'engrais, II, par *A. Debains*.

7 *octobre*, n° 1403. — Un nouveau féculomètre, par *Allard*.

14 *octobre*, n° 1404. — Une variété de blé à essayer. Le blé Rieté, par *Schribaux*, *Génin*.

21 *octobre*, n° 1405. — Moyen pratique d'apprécier le pouvoir nitrifiant d'une terre végétale, par *Richard*. — Emploi du plâtre dans la culture de la vigne, par *Hoc*.

28 *octobre*, n° 1406. — Sur les distributeurs d'engrais, par *Ch. Faul*.

OUVRAGES REÇUS

LAURENT (H.), examinateur d'admission à l'École polytechnique. — **Théorie des jeux de hasard**. Petit in-8°. (*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire*.)

Le petit volume que nous annonçons contient l'exposé succinct des principes du calcul des probabilités et de ses applications à la théorie des jeux de hasard. Cette

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

étude est intéressante en elle-même et, par ses applications aux assurances, elle fournit aux personnes qui aiment les mathématiques, l'occasion d'exercer leurs connaissances en arithmétique, algèbre, géométrie, mécanique, analyse transcendante, etc. Elle a aussi un côté éminemment moralisateur; loin d'encourager au jeu, elle inspire une aversion salutaire pour cette distraction immorale, en en dévoilant les dangers.

SINIGAGLIA (**Francesco**), ingénieur, directeur de l'Association des propriétaires de chaudières à vapeur de Naples, membre correspondant de l'Institut royal d'encouragement d'Italie, etc. — **Accidents de chaudières.** Petit in-8°. (*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire.*)

Ce volume renferme les connaissances théoriques et pratiques indispensables aux personnes chargées des essais et des visites des chaudières à vapeur. Il sera d'une très grande utilité aux ingénieurs, aux mécaniciens et aux contremaîtres d'ateliers mécaniques.

L'auteur aborde d'abord l'examen des matériaux qui entrent dans la construction des chaudières et traite ensuite des conditions de réception des tôles, rivets, cornières, tirants et tubes. Les différents genres d'épreuves à froid et à chaud sont étudiés avec détail, soit pour le fer puddlé ou fondu, soit pour l'acier.

Le calcul des épaisseurs à donner aux corps cylindriques des chaudières et aux fonds est exposé spécialement, ainsi que les formules pratiques pour les cylindres pressés de l'extérieur. L'auteur démontre que le coefficient de sécurité d'une chaudière a une valeur limite résultant de l'essai à la presse hydraulique.

Il donne une classification rationnelle des causes qui produisent les explosions, et après avoir indiqué quels sont les efforts auxquels sont soumises les chaudières, passe en revue tous les défauts des tôles, pailles, bosses, fentes... ainsi que les différents genres de corrosions.

De nombreuses remarques, sur le projet, la construction, l'installation et la conduite des chaudières sont présentées dans le but de montrer l'importance de certaines précautions pour la sécurité. Les appareils accessoires des générateurs forment l'objet du dernier chapitre; les indicateurs de niveau, soupapes de sûreté, clapets de retenue de l'eau d'alimentation, clapets d'arrêt de vapeur, sont étudiés toujours au point de vue de la sécurité. Le volume se termine par le résumé des accidents arrivés dans l'emploi des appareils à vapeur pendant l'année 1890 et par une très intéressante bibliographie.

Le Gérant : J.-H. GINESTOU.

Paris. — Typ. Chamerot et Renouard, 19, rue des Saints-Pères. — 30556.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

92e ANNÉE. Quatrième Série, Tome VIII. NOVEMBRE 1893.

BULLETIN

DE

LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

ARTS CHIMIQUES

RAPPORT *fait par* M. H. LE CHATELIER, *au nom du Comité des Arts chimiques, sur les* TRAVAUX DU PROFESSEUR ROBERTS AUSTEN.

M. Roberts Austen, chimiste à la Monnaie royale, professeur à l'École des mines de Londres, a soumis à l'appréciation de la Société d'encouragement l'ensemble de ses recherches sur les alliages métalliques pour concourir à l'un des prix proposés sur ce sujet par votre Comité des Arts chimiques. Une partie des travaux du savant professeur de l'École des mines de Londres est bien connue des lecteurs français par les publications qui en ont été faites dans les *Annales de physique et de chimie*, la *Revue scientifique*, le *Bulletin* de la Société d'encouragement et divers; plusieurs de ces traductions sont dues, d'ailleurs, aux soins de deux de nos collègues : le regretté J. Dumas et M. G. Richard. En dehors de ses travaux personnels, M. Roberts Austen a des titres particuliers à la reconnaissance de la Société d'encouragement par l'ardeur désintéressée qu'il a mise à faire connaître dans son pays et de là dans le monde entier les travaux d'un savant français, d'un lauréat de vos concours, M. Osmond, auquel vous venez tout récemment encore de confier, sur la proposition de votre Comité des Arts mécaniques, d'importantes recherches expérimentales. C'est en 1889, il y a trois ans, que vous avez accordé à M. Osmond un prix de 3 000 francs pour ses recherches sur les changements d'état moléculaires du fer. Malgré cette distinction, l'importance de la découverte de M. Osmond ne fut pas tout d'abord com-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

prise en France comme elle aurait dû l'être; elle fut considérée surtout comme intéressante pour les savants de laboratoire, mais ne parut pas devoir jeter un jour bien nouveau sur la métallurgie de l'acier. Il en fut tout autrement en Angleterre; depuis l'exposé fait au nom de M. Osmond par M. Roberts Austen dans la réunion de l'Iron and Steel Institute de mai 1890, l'étude des changements moléculaires du fer fut une des principales préoccupations de cette Société, comme le témoignent les comptes rendus de ses travaux et les discours d'ouverture de ses présidents successifs. Grâce à l'influence considérable de l'Iron and Steel Institute, M. Osmond est devenu à l'étranger le représentant le plus autorisé de la métallurgie française. Ce mouvement d'opinion créé par M. Roberts Austen n'est pas resté stérile : une autre société industrielle anglaise, également importante, l'Institute of Mechanical Engineers, qui ne compte pas moins de 2000 membres, a reconnu dans les travaux de M. Osmond une utilité pratique assez grande pour confier le soin de les continuer à un Comité de recherches, à la disposition duquel il a mis des ressources importantes. M. Anderson, directeur des établissements de l'artillerie, a accepté la présidence de ce Comité, et M. Roberts Austen a bien voulu se charger de la partie expérimentale des recherches. Cette initiative a été prise en 1890 par le conseil de l'Institute of Mechanical Engineers, qui a devancé ainsi de deux ans notre Société dans la voie où elle vient de s'engager. C'est, en tout cas, pour nous, un motif sérieux de persévérer dans la voie des encouragements aux recherches expérimentales, de voir des Sociétés exclusivement industrielles, auxquelles personne n'a jamais songé à refuser un profond sens pratique, marcher résolument dans la même direction.

Les travaux de M. Roberts Austen sur les alliages peuvent se classer en deux groupes distincts : les uns relatifs aux métaux précieux (or et argent) se rattachent à ses occupations de chimiste à la Monnaie royale de Londres; les autres, relatifs au fer, se rattachent à la mission qui lui a été confiée par le Comité de recherches de l'Institute of Mechanical Engineers. Malgré la diversité des métaux étudiés, l'ensemble de ces recherches présente la plus grande unité; elles ont toujours été conduites avec la même méthode scientifique. La préoccupation principale de leur auteur a été, dans tous les cas, de faire ressortir des faits particuliers étudiés des lois générales applicables à tous les alliages. C'est ainsi que de ses recherches sur les propriétés mécaniques des alliages d'or, il a su tirer des conclusions qui se sont trouvées encore exactes pour le fer. Le fil directeur qui l'a guidé, dès ses premiers

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

travaux, a été l'assimilation des alliages aux dissolutions, assimilation dont la suite de ses recherches a démontré d'une façon de plus en plus évidente la complète exactitude.

Alliages d'argent. — Un savant français, Levol, avait indiqué, en 1852, dans un travail publié aux *Annales de physique et de chimie*, que le seul alliage d'argent et de cuivre, ne donnant pas lieu au phénomène de liquation, présente la composition :

Argent	71,9
Cuivre	28,1
	100

qui peut être représentée par la formule $Ag^3 Cu^4$ (équivalents).

Les expériences de Roberts Austen sur le même sujet n'ont pas eu seulement pour résultat de contrôler l'exactitude des faits annoncés par Levol ; ils ont en outre fait connaître la raison de ces faits, rendant ainsi possible leur généralisation à d'autres alliages similaires. Ces expériences ont établi que l'alliage de Levol est le plus fusible de tous les alliages de cuivre et d'argent. Il fond à 748°, tandis que les deux métaux purs fondent, comme on le sait, à des températures bien plus élevées : l'argent à 954° et le cuivre à 1035°. Les alliages plus riches que l'alliage de Levol, sujets à la liquation, n'ont pas un point de fusion fixe ; par refroidissement, la solidification commence à se produire à une température intermédiaire entre celle de fusion de l'argent pur et de l'alliage sans liquation ; elle continue à mesure que la température s'abaisse pour ne s'achever qu'à la température de 748°, qui reste invariable, quelle que soit la composition initiale de l'alliage expérimenté. Pour l'alliage monétaire à 92,5 p. 100 d'argent, la solidification se manifeste d'une façon accentuée à partir de 856° pour se terminer à 748°. Pendant la solidification, il se sépare d'abord un mélange des deux métaux plus riche en argent que la partie restée liquide. La teneur en argent de cette dernière décroît par contre, et sa fusibilité augmente jusqu'au moment où elle possède la composition de l'alliage de Levol. A partir de ce moment, la composition du métal qui se solidifie est identique à celle du métal fondu. Il en résulte que la solidification de ce dernier alliage se fait à température fixe et sans aucune liquation. Cet alliage de Levol est donc ce que Guthrie a appelé un alliage *eutectique*. Ce sont là des phénomènes de tous points semblables à ceux que présentent les solutions aqueuses des sels.

Par refroidissement, ces dissolutions commencent à cristalliser à une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

température toujours inférieure à celle de fusion du sel, et d'autant plus basse que la solution est moins concentrée; par suite du dépôt du sel, la solution s'appauvrit et son point de cristallisation s'abaisse en même temps et continue à le faire jusqu'à une température inférieure, limite à laquelle la glace et le sel se déposent simultanément dans les proportions mêmes où ils se trouvent dans la dissolution. Ce dernier mélange, considéré parfois, mais à tort, comme une combinaison chimique de glace avec le sel et appelé pour ce motif *cryohydrate*, est l'analogue de l'alliage eutectique; il possède un point fixe de fusion et présente une composition identique dans toute sa masse.

Au cours de ses recherches, M. Roberts Austen a reconnu et mesuré l'augmentation de volume qui accompagne la solidification de l'argent et celle de son alliage eutectique avec le cuivre. Cette propriété de l'argent a été récemment mise à profit par M. Moissan dans ses expériences sur la reproduction artificielle du diamant.

Alliages d'or. — Les expériences sur les alliages d'or présentent un intérêt particulier, en raison de la facilité avec laquelle on prépare ce métal à l'état de pureté; l'influence des additions de petites quantités de matières étrangères peuvent être étudiées avec une précision que ne comportent pas les expériences faites sur les autres métaux qui sont toujours impurs, malgré les soins apportés à leur préparation. C'est ce motif, joint aux facilités qu'offrait pour de semblables études la Monnaie de Londres, qui a engagé M. Roberts Austen à accorder une attention particulière aux alliages d'or. Certaines lois établies pour de semblables alliages ont pu être étendues après coup au fer, ce qui prouve une fois de plus que les recherches scientifiques qui, au premier abord, semblent les plus théoriques, sont souvent celles qui conduisent, lorsqu'elles ont été convenablement dirigées, aux résultats pratiques les plus importants.

On sait que l'abaissement du point de fusion d'un corps, par le fait de la dissolution d'un corps étranger, obéit à une loi très simple énoncée par Raoult et van t'Hoff. Il est égal pour des dissolutions renfermant une molécule de corps dissous dans 100 molécules de mélange aux deux centièmes du quotient du carré de la température absolue de fusion par la chaleur latente moléculaire de fusion du dissolvant exprimé en petites calories :

$$\Delta T = 0{,}02 . \frac{T^2}{L}$$

M. Roberts Austen s'est proposé de voir comment cette loi établie primi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tivement pour des solutions proprement dites pouvait s'appliquer aux alliages de métaux peu fusibles comme l'or.

Il a dû déterminer d'abord la chaleur latente de fusion de l'or, qui n'était pas connue, et lui a trouvé une valeur de 16,33 petites calories pour 1 gramme, soit 3200 petites calories pour un molécule d'or pesant 196gr,6, en admettant que le molécule soit diatomique.

Il résulte de cette valeur que l'abaissement du point de fusion de l'or par la dissolution dans 100 molécules d'or d'une molécule de corps étranger devrait être de 10°,3. Voici les résultats de l'expérience :

Plomb	19°
Bismuth	17°
Platine	17°
Silicium	16°
Manganèse	9°
Aluminium	5°
Argent	0°

Ces nombres conduiraient, si l'on admet l'exactitude de la loi de Raoult et van t'Hoff, à admettre que la molécule des quatre premiers corps est moitié moins condensée et celle de l'aluminium deux fois plus condensée que celle de l'or.

L'argent paraît faire exception à la loi de Raoult, puisqu'il ne produit aucun abaissement de point de fusion. Mais, d'après la théorie de van t'Hoff, cet abaissement ne doit se produire que lorsque, au début de la solidification, le dissolvant se sépare à l'état de pureté, comme le fait la glace dans les solutions aqueuses. Or les métaux qui appartiennent tous au même système cristallin doivent cristalliser très facilement ensemble lorsqu'ils ont le même volume atomique, ce qui est précisément le cas de l'or et de l'argent. Un fait semblable s'observe dans les alliages du fer, tandis que le soufre, le phosphore, le carbone abaissent considérablement son point de fusion ; les métaux analogues, tels que le nickel, le manganèse, ne produisent aucun effet semblable.

Au cours de ses recherches, M. Roberts Austen a observé des particularités très remarquables présentées par les alliages d'aluminium et d'or. La dissolution de l'aluminium dans l'or est accompagnée comme dans le cuivre d'un dégagement de chaleur énorme. En projetant dans de l'or fondu un fragment d'aluminium pesant 1 p. 100 du poids de l'or, il s'est produit une surélévation brusque de 225° dans la température du bain métallique. En ajoutant à l'or des quantités d'aluminium croissant jusqu'à 10 p. 100, on

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

obtient des alliages dont le point de fusion initial s'abaisse jusqu'à 630°; l'alliage à 10 p. 100 est complètement blanc : cela semble être un alliage eutectique à point de fusion minimum. En continuant à augmenter la proportion d'aluminium, le point de fusion se relève aussi rapidement qu'il s'était abaissé, dépasse le point de fusion de l'or et atteint 1070° quand la proportion d'aluminium est de 28,2 p. 100 d'or, ce qui correspondrait à la formule $Au\,Al^2$. Cet alliage est d'un beau rouge pourpre. Les alliages intermédiaires entre 10 et 25 d'aluminium sont absolument hétérogènes; des cristaux rouges se détachent au milieu d'une gangue complètement blanche. L'ensemble de ces caractères montre que l'alliage $Au\,Al^2$ est une véritable combinaison chimique. En augmentant encore la proportion d'aluminium au delà de 25 p. 100, le point de fusion s'abaisse de nouveau jusqu'à un second minimum inférieur de 5° au point de fusion de l'aluminium : c'est un second alliage eutectique très pauvre en or. Enfin, au delà, le point de fusion se relève jusqu'à celui de l'aluminium pur.

M. Roberts Austen a fait sur l'or une seconde série de recherches plus importantes encore; elles se rapportent à la modification des propriétés mécaniques de ce métal sous l'influence de très petites quantités de matières étrangères. On sait qu'un millième et moins de certains corps suffit pour modifier complètement l'aspect de la cassure, le grain des métaux et en même temps leur ténacité, leur allongement de rupture. Tel est le cas de l'antimoine dans le cuivre, du tellure dans le bismuth, du phosphore dans le fer. Mais pour ces métaux toujours impurs, il est difficile de préciser le rôle exact des différents corps qui y sont introduits, car leur effet varie considérablement avec la nature des impuretés préexistantes.

Voici les résistances à la rupture trouvées par M. Roberts Austen sur de l'or allié à deux millièmes de son poids des corps simples suivants :

	TÉNACITÉ. kil.	VOLUME ATOMIQUE.
Potassium	> 0,73 p. mm²	45
Bismuth	0,73	20,9
Tellure	5,9	20,5
Plomb	6,5	18
Antimoine	9,4	17,9
Thallium	9,7	17,2
Étain	9,7	16,2
Cadmium	10,7	12,9
(Or pur)	11	10,1
Argent	11,1	10,1
Palladium	11,1	9,4

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

	TÉNACITÉ. kil.	VOLUME ATOMIQUE.
Zinc	> 11,8 p. mm²	9,1
Rhodium	12,1	8,4
Manganèse	12,5	6,8
Cuivre	12,8	7
Aluminium	13,8	10,6

Ces résultats particuliers à l'or ne semblaient pas, à première vue, pouvoir conduire à aucune conclusion pour les autres métaux. Il fallait en dégager une loi générale qui fût indépendante de la nature des corps en présence. Or, il semble résulter de ces expériences que les impuretés dont le volume atomique est inférieur à celui de l'or augmente la ténacité du métal, tandis que les autres la diminuent. Cette loi, étendue au cuivre et au fer, paraît encore se vérifier.

S'il ne faut pas voir dans les faits signalés ici une loi physique définitivement établie, on ne saurait méconnaître qu'il y a là une indication intéressante dont on devra tenir compte dans toutes les recherches analogues poursuivies sur d'autres métaux. La loi serait peut-être plus nette encore en substituant aux volumes atomiques les volumes moléculaires déduits de l'abaissement du point de solidification. On ferait ainsi disparaître l'anomalie du tableau précédent relative à l'aluminium.

Acier. — Les expériences sur l'acier sont en cours d'exécution; le compte rendu que leur auteur en a fait dans le premier rapport, présenté au nom du Comité de recherches sur les alliages, ne contient encore aucune conclusion définitive. Les résultats obtenus antérieurement par M. Osmond ont été vérifiés à nouveau; de nouvelles expériences ont été faites sur de gros blocs d'acier, en suivant parallèlement la marche du refroidissement au centre de la masse et vers la surface. Sur un bloc de 12 centimètres de diamètre, refroidi à l'air, la transformation moléculaire du fer s'est produite au centre avec un retard de 4′ sur la périphérie. Le changement considérable de volume qui accompagne ces transformations moléculaires a nécessairement provoqué dans l'intérieur de la masse des tensions passagères énormes qui ont pu amorcer des petites fissures internes, en créant ainsi dans le métal des points faibles. C'est une opinion assez répandue en Angleterre que les ruptures de gros canons en acier doivent être attribuées à une cause semblable. On comprend tout l'intérêt avec lequel sont suivies les expériences que M. Roberts Austen poursuit dans cette direction.

Enfin, pour compléter les travaux de M. Roberts Austen sur les alliages,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

il faut mentionner des recherches sur la densité des alliages d'or et de cuivre, une application à l'étude des alliages de la balance d'induction de Hughes et une étude sur la couleur des alliages employés dans les arts (cette étude contient des renseignements intéressants sur les bronzes japonais).

Votre Comité vous propose d'insérer ce rapport dans le *Bulletin* de la Société d'encouragement et d'adresser vos félicitations à M. Roberts Austen pour ses importants travaux sur les alliages métalliques.

Signé : H. Le Chatelier, *rapporteur.*

Approuvé en séance le 24 *mars* 1893.

ÉLECTRICITÉ

Sur l'installation électrique de Montmédy, par M. Chatiliez

La ville de Montmédy est dotée depuis trois années d'une station centrale d'électricité dont l'aménagement et le fonctionnement comportent quelques innovations tout au moins inédites et d'ailleurs assez intéressantes.

Cette station assure l'éclairage municipal, qui se compose de 80 lampes de 8, 10 et 16 bougies, placées pour la plupart 2 par 2 dans le même globe, et de 10 lampes à arc de 400 bougies, montées par série de 5. Cet éclairage fonctionne toute l'année, mais l'été les lampes à arc sont remplacées par des lampes à incandescence de 16 bougies.

L'éclairage particulier se compose actuellement de 270 lampes de 16 bougies; l'usine fournit en outre la force motrice, et les moteurs installés comprennent actuellement environ l'équivalent de 10 chevaux-vapeur.

Le courant électrique est fourni constamment au compteur horaire tant pour les lampes que pour les moteurs dont la charge moyenne est évaluée une fois pour toutes en faisant exécuter aux outils qu'ils doivent actionner leur travail moyen à la mise en route; le moteur électrique se mettant en marche très facilement et s'arrêtant de même, l'abonné le laissera tourner à vide le moins longtemps possible : dans ces conditions cette tarification est assez rationnelle.

Les moteurs employés sont à vitesse constante et à double collecteur; ils donnent d'excellents résultats, et leur entretien depuis plus d'un an et demi a été absolument nul. Ils sont abandonnés à eux-mêmes entre les mains des abonnés. Le principal avantage de ces moteurs à 2 collecteurs est de ne pas nécessiter de rhéostat de démarrage, quel que soit le potentiel dans lequel ils fonctionnent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'énergie électrique est produite de deux façons : d'abord au moyen d'un moteur à vapeur Weyher et Richemont de 25 chevaux actionnant une machine Schukert de 90 ampères 220 volts ; le courant est donc distribué sous 220 volts, les lampes à incandescence sont montées par séries de deux, et les moteurs en dérivation sous ce voltage.

Dans un bâtiment annexe de l'usine est installée une batterie d'accumulateurs de 112 éléments de 60 kilogr. de plaques chacun.

Cette batterie est logée dans des récipients en grès, garnis d'une doublure extérieure en bois, dans laquelle ils sont scellés au moyen d'une pâte isolante très plastique. Le fond de ces doublures en bois ne coïncide pas avec l'extrémité des parois verticales, il est surélevé de 2 centimètres pour éviter que les gouttes de liquide qui pourraient ruisseler ne le suivent; le tout repose sur des isolateurs double cloche porcelaine garnie d'huile.

Les plaques de ces accumulateurs ont été combinées et construites par M. J. Chatiliez lui-même, qui a présidé à cette organisation; elles se composent d'une ossature horizontale en métal inoxydable à dépouille mixte; la partie inférieure sur laquelle repose la matière active est à dépouille intérieure, et la partie supérieure dont la saillie maintient également la matière active est à dépouille extérieure. On conçoit qu'avec ce dispositif la même barrette horizontale qui sert de support à dépouille intérieure pour une pastille sert également de support à dépouille extérieure pour la pastille inférieure qui la précède.

L'espace compris entre les barrettes est bourré de plomb poreux obtenu par voie électrolytique : cette masse de plomb spongieux prend donc la forme de pastilles très étroites, mais qui ont comme longueur toute la largeur d'une plaque, soit 220 millimètres. Cette forme est très rationnelle, parce que la pastille est ainsi en tous ses points à une distance minima du support collecteur métallique.

Les barrettes horizontales formant l'ossature de ce support collecteur prennent naissance sur un même montant formant un des deux côtés verticaux de la plaque; le côté opposé reste ouvert : il est ainsi ménagé pour permettre l'introduction latérale de la matière active qui grâce à ce dispositif se trouve maintenue simplement par trois côtés et peut librement se dilater et foisonner indépendamment du quadraillage qui sert à l'emprisonner, et sans risquer de le rompre.

Pour consolider cette ossature, trois fortes nervures verticales symétriques viennent relier et entretoiser toutes les barrettes ; ces nervures font une saillie de plusieurs millimètres sur l'épaisseur de la plaque correspondant à l'affleurement de la matière active. Ce dispositif peut paraître paradoxal, car lorsque deux plaques identiques, dont l'une est positive et l'autre négative, sont mises en présence, ces nervures sont plus rapprochées, et c'est à leur surface que doit se con-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

centrer toute l'action électrolytique. Cet inconvénient est très heureusement évité par un système de séparateurs très simple : ce sont de simples barres de celluloïd ou même de bois huilé et paraffiné ayant la forme de doubles T ; ils portent donc ainsi deux rainures dans lesquelles viennent se loger les saillies des plaques, qui se trouvent pour ainsi dire noyées dans la paraffine et par conséquent abritées contre l'action électrolytique.

Ces séparateurs dépassant la hauteur des récipients, des bandes de verre formant couvercle sont placées entre chaque rangée de séparateurs.

Chaque plaque est munie à sa partie supérieure de deux oreilles métalliques reposant, suivant les types d'éléments, soit sur des feuilles de verre placées verticalement parallèlement aux parois, soit sur des étriers métalliques par l'intermédiaire de bandes de verre. Ces étriers sont spécialement employés avec les récipients en verre pour éviter que le poids des plaques ne repose sur le fond en verre des récipients.

Dans ce cas, le récipient en verre est posé sur un petit bac, rempli de sciure. A chaque angle de ce bac est disposé un montant en bois dont l'extrémité vient affleurer un peu au-dessus de la hauteur du récipient. C'est sur ces quatre montants que reposent les étriers qui supportent les plaques dont le poids ne charge ainsi le récipient en verre que dans la proportion du liquide déplacé.

Les assemblages entre éléments consécutifs se font de plaque à plaque au moyen de boulons et écrous en métal inoxydable ; à cet effet, chaque plaque porte une queue terminée par un crochet dans lequel le boulon vient s'engager; un chapeau à double corne empêche les crochets de glisser pendant le serrage.

Pour les éléments à fort débit, M. Chatiliez emploie un système de connection à cuvettes de mercure très simple et très sûr.

Cette batterie d'accumulateurs permet de donner le courant constamment en ligne pour le service des moteurs ou de l'éclairage.

Elle peut être chargée indifféremment ou par la machine Schukaert actionnée par la machine à vapeur, ou par un poste hydraulique situé à deux kilomètres (chute d'Iré-les-Prés) et qui envoie le courant sous une pression de 285 volts.

La dynamo Schukaert étant compound, par un dispositif spécial du tableau, se composant d'un commutateur à trois leviers solidaires, on réalise commodément, par une seule manœuvre et sans erreur possible, les connections et groupements correspondant à la charge et à la décharge ou marche en parallèle avec la machine d'Iré-les-Prés. La charge avec la dynamo Schukaert peut s'effectuer en même temps que l'éclairage; mais comme dans ce cas le courant de charge n'est qu'une fraction assez faible du courant total produit par la dynamo, cette dernière n'est shuntée que sur le circuit des accumulateurs et reste compound sur le circuit d'utilisation. Pour la décharge ou la charge avec la machine d'Iré-les-Prés, le circuit à gros fil de la dynamo Schukaert est mis en court circuit sur lui-même.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le dispositif adopté pour le poste hydraulique d'Iré-les-Prés constitue le côté le plus original de cette installation. Le problème consistait à utiliser pour la charge une chute d'eau située à deux kilomètres de la batterie d'accumulateurs. Or on sait que la tension du courant de charge d'une batterie d'accumulateurs est nécessairement supérieure à celle du courant de décharge : ainsi une batterie de 112 éléments exige pour se décharger à 220 volts un courant de charge de 280 à 285 volts. Or les accumulateurs dans le cas présent doivent constamment rester en décharge sur le réseau de la ville à 220 volts, alors que la ligne d'Iré leur envoie aussi constamment 285 volts. Pour réaliser ces deux conditions qui *a priori* paraissent incompatibles, M. Chatiliez envoie constamment le courant à 285 volts dans la totalité de la batterie; mais le courant du réseau de la ville n'est pris que suivant que la batterie est en charge et décharge simultanées, ou simplement en décharge que sur 88 ou 112 éléments.

Le cas le plus fréquent avec l'usine d'Iré marchant jour et nuit étant celui de charge et décharge simultanée, il est facile de prévoir que dans ces conditions le rendement eût été assez médiocre, la différence entre le potentiel du courant de charge et celui de décharge étant d'un cinquième environ. Pour atténuer cette perte sèche, M. Chatiliez a eu l'heureuse idée d'employer à l'excitation de la machine d'Iré précisément cette différence de potentiel entre 220 et 280 à 285 volts, soit 60 volts. A cet effet, la vitesse et l'excitation de la dynamo ont été combinées de telle sorte que cette excitation absorbe environ la moitié du nombre d'ampères du courant de charge sous 60 volts. En supposant que la machine marche à 15 ampères 280 à 300 volts (pour tenir compte de la perte en ligne), le circuit d'excitation dépense 60 volts 7 ampères. Ce dispositif comporte évidemment une canalisation à 3 fils, 2 conducteurs principaux, et un conducteur à fil fin pour fermer le circuit d'excitation; il réalise donc l'excitation indépendante d'une machine dynamo chargeant des accumulateurs. Il est avantageux toutes les fois que la charge et la décharge sont simultanées et que la charge dure beaucoup plus longtemps que la décharge. Il a en outre l'avantage d'équilibrer la charge dans tous les éléments, aussi bien ceux qui sont placés hors circuit par rapport au réseau d'utilisation, dans le cas de charge et décharge simultanées, que ceux qui travaillent constamment sur ce réseau. En effet, sans ce dispositif, les 22 derniers éléments placés hors du circuit de décharge pendant la charge recevraient la totalité du courant de charge sans les dépenser dans le circuit de décharge contrairement aux 88 premiers, et ne débiteraient que pendant les heures de décharge isolée, ce qui dans le cas présent est l'exception : ils seraient donc constamment saturés. Avec ce système d'excitation, cet inconvénient peut être complètement évité en calculant convenablement les constantes du courant d'excitation et en se basant pour cela sur la proportion entre la durée de charge et décharge simultanées et celle de décharge isolée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En résumé, ce dispositif a donc le double avantage d'augmenter le rendement et de mieux équilibrer la batterie.

La dynamo du poste hydraulique d'Iré est une machine à inducteurs type Manchester, avec noyaux et épanouissements en tôle de fer doux. Outre son excitation indépendante telle qu'elle vient d'être décrite, cette machine a ceci de particulier que les épanouissements et les noyaux d'électro, bien que formés de faisceaux de tôles distincts, pour éviter les déchets de tôles, sont assemblés entre eux sans joints magnétiques nuisibles.

Les accumulateurs, la dynamo et la turbine d'Iré-les-Prés ont été construits dans les ateliers annexes de l'usine électrique de Montmédy. La turbine est à axe vertical; elle fonctionne sous une hauteur d'eau de $5^m,50$ et à la vitesse de 270 tours ; elle attaque la dynamo au moyen d'un renvoi.

L'usine d'Iré-les-Prés, dont l'importance ne mérite pas ce nom, mais plutôt le nom plus modeste de poste hydraulique d'électricité, se compose d'un simple pavillon de 15 mètres carrés à peine servant à abriter la dynamo. Ce pavillon est construit à cheval sur la charpente de la turbine : c'est un type parfait d'installation rustique et économique, quoique solide et pratique, à recommander toutes les fois qu'il s'agit de capter une chute d'eau située loin d'un centre d'utilisation possible de la force motrice. Il est certain qu'il existe bien des cas semblables à celui de Montmédy où il est possible de trouver dans les environs une force hydraulique inutilisée jusque-là, à cause de sa situation défavorable pour l'installation d'une usine ou d'un atelier quelconque dont l'accès serait par trop difficile. En résumé, M. Chatiliez a su avec le minimum de dépense obtenir d'une force hydraulique située à distance le maximum de rendement.

Cette installation est complétée par un conjoncteur-disjoncteur automatique d'un nouveau système combiné également par M. Chatiliez.

A l'encontre des appareils similaires, ce conjoncteur comporte non plus un simple shunt pris aux bornes de la dynamo de charge, mais bien aussi un second shunt pris aux bornes de la batterie. Ces deux shunts sont différentiels ; ils agissent sur un même noyau de fer doux, de façon à en détruire l'aimantation lorsque les voltages de la dynamo de charge et de la batterie sont égaux.

Ce noyau actionne un levier dont les extrémités portent des appendices qui plongent dans des cuvettes à mercure. En marche normale, ces cuvettes sont reliées entre elles par l'intermédiaire d'un circuit comprenant un plomb fusible de faible diamètre et un interrupteur destiné à éviter que l'étincelle ne se produise entre le mercure et les pièces de contact si l'appareil avait à fonctionner.

Le tableau placé au poste d'accumulateurs est muni d'un commutateur automatique qui met le réseau de la ville sur 88 éléments ou sur 112, suivant que l'usine d'Iré-les-Prés est en marche ou s'arrête.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MÉTALLURGIE

L'élimination du soufre dans la fabrication du fer, par M. J. E. Stead.

L'élimination du soufre dans la fabrication du fer est un sujet d'actualité; il semble donc à propos de passer en revue les travaux des métallurgistes qui se sont occupés de cette question. Le présent article a pour objet d'exposer les recherches faites pendant plusieurs années, non seulement par l'auteur, mais encore par tous ceux qui font autorité sur ce point.

Dans la discussion de cet important sujet, il est nécessaire de disposer les matières suivant un ordre méthodique. On considérera successivement :

1° Les sources d'où provient le soufre qui se mêle à la fonte et l'exposé des tentatives faites pour éliminer le soufre de ces matières premières.

2° La marche que suit le soufre pour s'unir au fer et pour s'en séparer ensuite et se combiner aux scories.

3° On discutera les réactions qui s'effectuent pendant le puddlage et les autres opérations où l'oxyde de fer en excès agit sur une fonte sulfureuse.

4° L'élimination du soufre dans le convertisseur Bessemer acide et les fours Martin.

5° L'élimination du soufre dans le procédé basique de préparation de l'acier.

6° L'élimination du soufre par les procédés Heaton, Warner et autres qui reposent sur l'action d'un sel alcalin sur le fer fondu.

7° L'élimination du soufre par le procédé Massenez.

8° Exposé de la découverte de M. Saniter.

I. *Du soufre dans les matières premières, coke et houille.* — Le soufre existe dans la houille sous deux formes : 1° comme pyrite ou bisulfure de fer qui se trouve souvent en quantité considérable; 2° comme sulfate de chaux; cette dernière substance n'entre pas dans la composition de certaines houilles, elle s'élève dans d'autres échantillons jusqu'à une proportion correspondant à 0,23 p. 100 de soufre.

Dans les fours à coke, les pyrites perdent la moitié de leur soufre, mais le sulfate de chaux reste inaltéré et se retrouve intégralement dans le coke.

Il est donc désirable de ne pas avoir de sulfate de chaux dans la houille que l'on destine aux fours à coke; la présence de cette impureté au contraire n'est pas désavantageuse dans le charbon que l'on brûle dans les fours Martin ou sur les grilles des chaudières, car le soufre du sulfate de chaux passe en entier dans les cendres et ne s'échappe pas dans l'atmosphère.

Depuis vingt ans la quantité de soufre a toujours été en croissant dans les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

meilleurs cokes anglais. Autrefois un bon coke de Durham ne contenait pas en moyenne plus de 0,8 p. 100 de soufre, aujourd'hui la teneur s'élève en moyenne à 0,95 p. 100 et on utilise même dans le district de Cleveland ce combustible avec 1,25 p. 100 de soufre. Le broyage et le lavage du charbon de terre a pour effet de le débarrasser en grande partie des pyrites lourdes qui l'accompagnent et beaucoup de houilles qui, sans ce traitement, n'auraient pu être utilisées dans la métallurgie, ont pu être assez bien purifiées pour pouvoir être traitées dans les fours à coke.

La diminution de la teneur en soufre de la houille se fait donc de deux façons : 1° par lavage, 2° pendant la distillation dans le four à coke.

Minerais de fer. — On ne peut chercher à obtenir la désulfuration des minerais par des procédés coûteux, à cause du bas prix de la fonte et des petits profits que donnent sa fabrication. Les procédés généralement employés sont : 1° la méthode américaine, applicable seulement aux minerais magnétiques; 2° la calcination.

Dans le premier procédé les minerais finement pulvérisés sont présentés à l'aimant, de sorte que l'élimination porte sur tous les corps non magnétiques. Le produit purifié à l'état de poudre peut entraver la marche de l'opération dans le haut fourneau en déterminant des obstructions causées par l'entraînement mécanique de la poussière par les gaz.

Il y a vingt-deux ans, un chargement de minerais pulvérulents fut livré aux usines de *Witton Park* et on le mélangea dans la proportion de 25 p. 100 à un excellent minerai d'Espagne. Le résultat ne fut pas satisfaisant; l'air refusa de passer à travers la charge du haut fourneau et on éprouva les plus grandes difficultés à rétablir la marche normale. On ne peut expliquer le succès obtenu dans les hauts fournaux américains que par l'énergie de leur soufflerie, mais en remédiant ainsi au principal inconvénient des minerais en poudre, on ne fait qu'exagérer les autres, ainsi l'entraînement des poussières par l'air est d'autant plus considérable que la soufflerie est plus énergique.

L'élimination du soufre des minerais se fait généralement par calcination. En Amérique, à Colebrook on enlève ainsi la moitié du soufre aux minerais magnétiques. Le minerai pourpre renferme :

Fer	45 p. 100
Soufre	50 p. 100
Cuivre	2,5 p. 100
Silice, etc	2,5 p. 100

Après le grillage, il ne reste plus que de 3 à 6 p. 100 de ce métalloïde; on l'additionne alors de sel marin et on le soumet à la flamme oxydante d'un four à réverbère qui transforme les sulfures en sulfate, puis on le lave. Il constitue alors le minerai pourpre ordinaire ou *Blue Billy* et contient 18 p. 100 d'eau; 0,40 à 0,50 de soufre et 0,08 de cuivre. Il ne reste plus qu'à le mouler en forme

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de briquettes que l'on fait cuire et cette dernière opération ne laisse subsister que 0,1 p. 100 de soufre.

Le carbonate de chaux peut empêcher l'élimination du soufre. A Esson, on soumit à la calcination un minerai renfermant moins de 0,3 p. 100 de soufre avec du carbonate de chaux. Ce dernier corps fut décomposé, la chaux s'unit à l'acide sulfureux et passa ensuite à l'état de sulfate sous l'action de l'atmosphère oxydante du four. La proportion du soufre, loin de diminuer, s'accrut, car une petite quantité de ce métalloïde provenant de la houille employée se fixa sur la chaux du minerai.

Tout composé sulfuré peut dans le haut fourneau céder son soufre à la fonte ; on verra plus loin l'explication de ce phénomène. D'ailleurs il n'existe aucun procédé permettant de séparer les sulfates de chaux et de baryte avant la fusion de minerai, si ce n'est le triage à la main, qui suppose naturellement que ces impuretés ne sont pas diffusées dans toute la masse.

II. *Élimination du soufre dans les hauts fourneaux.* — Les remarques suivantes ont été si souvent vérifiées, qu'elles peuvent être désormais acceptées sans hésitation.

1° Lorsque la charge du haut fourneau renferme assez de chaux pour saturer tout le soufre et toute la silice : le soufre passe tout entier dans le laitier, pourvu que la température soit suffisamment élevée.

2° Lorsque la température diminue dans le haut fourneau, les autres conditions restant les mêmes, la quantité de soufre contenue dans la fonte augmente jusqu'au moment où la température étant juste suffisante pour maintenir le métal en fusion, la presque totalité du soufre se trouve dans la fonte.

3° D'une manière générale, plus le laitier est basique, moins on rencontre de soufre dans la fonte.

4° Si la charge du haut fourneau contient du manganèse, la température étant suffisamment élevée, il passera beaucoup moins de soufre dans la fonte et les scories en renfermeront davantage.

En pratique, pendant la descente des matières dans le haut fourneau, il arrive un moment où le fer se combine à la totalité du soufre primitivement contenu dans le minerai. Les expériences suivantes ont pour objet d'étudier l'effet de la chaleur sur le sulfure de fer dissous dans la fonte en présence des diverses substances que renferme le haut fourneau.

Les remarquables recherches de sir Lowthian Bell montrent clairement qu'en premier lieu, lorsque la température est encore peu élevée, il se forme du sulfure de fer; puis, sous l'action de la chaleur croissante, le fer se sépare du soufre en présence du carbone et passe à l'état de fonte; de son côté, le soufre s'unit à la chaux et forme du sulfure de calcium.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

D'après une expérience de Percy, si l'on chauffe fortement du sulfure de fer et de la chaux ou de la baryte avec du charbon, les bases passent à l'état de sulfure. Le même observateur a montré que la vapeur d'eau décompose à chaud le sulfure de fer avec production d'hydrogène sulfuré.

Percy chauffa encore à blanc pendant deux heures et demie du sulfure de fer avec du charbon et produisit un petit lingot de fer réduit qui représentait 6 p. 100 de la totalité du fer traité. Il refit ensuite la même expérience en chauffant pendant trois heures et analysa le lingot résultant qui contenait : fer, 89,53 p. 100; silicium, 9,41 p. 100, ainsi qu'une notable quantité de soufre, car, traité par l'acide chlorhydrique, il dégagea de l'hydrogène sulfuré. En présence d'une si forte proportion de silicium, on peut affirmer que le sulfure n'était pas pur, ou que le charbon employé comme brasque du creuset contenait de la silice; quoi qu'il en soit, cette expérience ne peut être considérée comme représentant l'effet du carbone sur le fer.

Karsten contrôla les recherches précédentes, et fut conduit à affirmer que le carbone était sans action sur le sulfure de fer fondu. La divergence d'opinion de ces deux auteurs rendait nécessaires de nouvelles expériences, dont voici la description.

On plaça dans un creuset brasqué au noir de fumée environ 10 grammes de sulfure de fer que l'on recouvrit de noir de fumée. On chauffa au blanc pendant une heure et demie puis on laissa refroidir. Le sulfure avait subi un commencement de fusion, mais n'était pas réduit; il présentait avant et après l'opération la composition suivante :

Avant	Fer.	74,8	p. 100.
	Soufre.	25,4	—
Après	Fer.	74,3	—
	Soufre.	25,7	—

Ce résultat confirme les conclusions de Karsten. On ne peut cependant pas affirmer d'une manière absolue que le carbone soit impuissant à opérer la réduction du sulfure de fer; ainsi il est possible que la température de l'essai du Dr Percy ait été plus élevée. Toutefois, si l'on observe que la température de l'expérience précédente est celle de la fusion du fer forgé; on peut, vraisemblablement, admettre que dans les circonstances qui se rencontrent en pratique dans le haut fourneau, le sulfure est irréductible par le carbone seul.

Cette première conclusion étant formulée, on doit se demander si le carbone peut chasser le soufre d'une fonte sulfurée.

Percy répond à cette question par l'expérience suivante : Il place de la fonte blanche sulfurée sous de la poussière de charbon dans un creuset qu'il porte

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pendant une heure et demie à la température de fusion du fer forgé. La fonte blanche se change alors en fonte truitée, et l'analyse donne :

Soufre	Avant.	0,78 p. 100.
	Après.	0,34 —

Dans le même but, M. Ed. Riley chauffa de la fonte blanche dans un creuset doublé de charbon de cornue, il obtint un métal gris complètement dépourvu de soufre. Ces deux expériences concordent, dans une certaine mesure; cependant l'élimination du soufre ne fut pas aussi complète dans la première que dans la seconde. Ces résultats ont été vérifiés dans notre laboratoire. La brasque du creuset était composée de noir de fumée et non de charbon de cornue qui peut contenir des bases capables de se combiner avec le soufre, la fonte sulfurée fut maintenue au rouge blanc pendant une heure et demie et on ne constata en définitive aucune élimination de soufre. L'expérience fut recommencée en substituant du charbon de bois au noir de fumée et donna le même résultat négatif. Avant comme après l'opération, la teneur en soufre fut de 0,51 p. 100; d'ailleurs l'analyse ne saurait être suspectée, car le soufre fut dosé par deux méthodes différentes qui donnèrent des résultats concordants. Une autre critique pourrait s'adresser à la température à laquelle nous avons opéré, qui est en effet plus élevée que celle des régions les plus chaudes du haut fourneau, on pourrait objecter que cette température, plus haute que celle des essais de Percy et de Riley se rapproche moins des conditions pratiques de la fabrication de la fonte et que cette différence suffit à expliquer la divergence des résultats obtenus. Cette hypothèse, dans laquelle on serait conduit à attribuer au carbone un léger pouvoir d'élimination, ne doit être acceptée, croyons-nous, qu'après de sérieuses réflexions. La fonte employée dans nos expériences contenait environ 2 p. 100 de phosphore, mais on ne peut dire si cette impureté eut quelque influence sur le résultat.

Action de la silice sur le sulfure de fer à chaud. — Percy, en chauffant pendant deux heures au rouge blanc du sulfure de fer et de la silice, n'obtint aucune modification de ces composés.

Hochsetter chauffa également au rouge blanc pendant deux heures du sulfure de fer, de la silice et du charbon, il observa le résultat suivant :

Mélange employé.		Produit obtenu.	
Sulfure de fer	600	Fer.	80,23
Silice.	600	Silicium.	18,77
Charbon	300	Soufre.	1,00

Élimination du soufre : 97,46 p. 100.

Cette grande quantité de soufre éliminé montre que la température était

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

très élevée. On sait qu'il est impossible d'obtenir dans un haut fourneau une si grande proportion de silicium à moins d'employer une énorme quantité de coke et d'opérer à une température excessive.

Nous avons repris ces recherches en chauffant au rouge blanc avec modération, après l'opération le sulfure ne parut pas avoir subi d'altération et l'on ne trouva pas de métal réduit.

Cette expérience fut recommencée dans les mêmes conditions, en substituant de la fonte blanche sulfurée au sulfure; le culot obtenu renfermait :

Silicium.	5,37
Soufre.	0,52

La température était la même dans ces deux derniers essais. La proportion de silicium réduit s'élevait encore à 5 p. 100, on doit en conclure que la température était considérable, quoique fort inférieure à celle de l'expérience de Percy qui conduisit à une réduction de 18 p. 100 de silicium.

Turner a montré que la fonte siliciée contenant 13,46 p. 100 de silicium peut renfermer 1,46 p. 100 de soufre; il a montré en outre qu'une fonte contenant environ 10 p. 100 de silicium et la même proportion de soufre, chauffée à la température de fusion dans un creuset de terre, se séparait en deux composés parfaitement distincts, l'un contenant la majeure partie du silicium, l'autre extrêmement riche en soufre : le premier renfermait à la fois 13,45 p. 100 de silicium et 1,46 p. 100 de soufre. On peut penser qu'il s'est formé une combinaison stable et que dans les conditions de l'expérience le silicium n'avait pas le pouvoir de chasser le soufre associé avec lui. Turner conclut de la manière suivante : le silicium peut servir à éliminer le soufre de la fonte, de sorte qu'en pratique, dans le haut fourneau, trois causes principales concourent à ce résultat : 1° une haute température s'oppose à l'absorption du soufre par la fonte; 2° un laitier riche en chaux se combine avec le soufre; 3° la quantité de soufre en dissolution dans la fonte dépend de sa teneur en silicium et probablement aussi de la présence de quelques autres corps simples.

Les expériences de Turner prouvent que la fonte contenant du silicium en quantité notable peut néanmoins présenter 1,46 p. 100 de soufre, proportion supérieure à celle que l'on rencontre dans une fonte ordinaire, de sorte que ses conclusions, bien que résumant des recherches soigneuses sur les composés du fer, du silicium et du soufre, ne trouvent pas d'application pratique dans le travail du haut fourneau où la proportion de silicium dépasse rarement 5 p. 100. On sait d'ailleurs que la fonte siliciée se produit en même temps que des scories dépourvues de bases et par conséquent peu propres à s'opposer à l'absorption du soufre, et nous avons même constaté dans un produit de cette espèce plus de soufre que n'en contient ordinairement la fonte n° 1, c'est-à-dire 0,1 p. 100.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Hadfield, après avoir fait une soixantaine d'analyses de fontes contenant de 8 à 12 p. 100 de silicium, a vérifié que leur teneur en soufre variait entre 0,1 et 0,32 p. 100, proportion qui n'est jamais dépassée dans la fonte blanche.

En résumé, une température élevée et prolongée, résultant de la combustion d'une grande quantité de coke dans le haut fourneau, jointe à la présence d'une forte proportion de silicium dans la fonte, ne peut ni éliminer le soufre, ni prévenir son absorption, lorsque le métal n'est pas en présence d'une base telle que la chaux ou la magnésie.

On sait que lorsque la teneur en soufre augmente dans la fonte, celle-ci devient moins capable de se combiner au carbone; ainsi plusieurs expérimentateurs ont démontré que le carbone est chassé de la fonte en plus ou moins grande quantité par l'adjonction de sulfure de fer; en sorte que la proportion de carbone sera d'autant plus faible dans la fonte, que le soufre sera plus abondant.

Minerais contenant du sulfate de baryte ou de chaux. — Nous avons déduit de nombreuses expériences faites en petit, dans des creusets, que la fonte est toujours sulfurée lorsque les minerais renferment des sulfates de baryte ou de chaux. Sir L. Bell a donné l'explication de ce fait : les sulfates alcalino-terreux sont immédiatement réduits en sulfures, au contact du carbone, et ces derniers, en traversant la région moyenne du haut fourneau, où la température est modérée, se transforment en sulfure de fer, la chaux et la baryte se trouvant mises en liberté.

Le professeur Finkener de Berlin, chauffant de la sorte du sulfate de calcium et du fer, obtint finalement de l'oxyde et du sulfure.

Il y a évidemment quelque incertitude sur la composition réelle d'un régule contenant à la fois du calcium, du fer, du soufre et de l'oxygène; aussi, pour trancher définitivement cette importante question, avons-nous entrepris dans notre laboratoire les expériences suivantes :

I. *Sulfure de fer et chaux.* — Dans ce premier essai on chauffa ensemble de la chaux et du sulfure de fer contenant 36 p. 100 d'oxyde de fer et 68 p. 100 de protosulfure Fe S. On prit des parties égales de chaux pure et de ce composé et après les avoir pulvérisées et soigneusement mélangées, on fit de l'ensemble deux portions; la première fut portée à une température relativement basse, celle de la fusion de la fonte; la seconde fut chauffée au rouge blanc. L'analyse donna les résultats suivants :

	Basse température.	Température élevée.
Fer.	33,90	10,15
Soufre	12,43	3,38
Chaux et corps non dosés.	53,67	86,47
TOTAUX.	100,00	100,00

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ces deux produits ont une composition très différente, ce qui s'explique facilement si l'on observe que le mélange fortement chauffé s'est combiné à une grande partie de la chaux qui constituait la matière du creuset; quoi qu'il en soit, cette addition fortuite de chaux n'a aucune importance relativement au but que nous poursuivons.

On sait que le sulfure de calcium n'est pas altéré lorsqu'on le chauffe dans un courant d'hydrogène sec, tandis que l'oxyde de fer est réduit dans les mêmes conditions : cette particularité permit de se rendre compte de l'état de combinaison du fer dans les deux produits. On plaça un gramme de chacun de ces composés dans une capsule de platine que l'on disposa dans un tube de porcelaine traversé par un courant d'hydrogène sec et porté au rouge vif; on continua l'opération tant que l'on observa dans les matières traitées une diminution de poids. Après son passage dans le tube, le courant gazeux fut conduit dans une solution ammoniacale de cadmium destinée à absorber l'hydrogène sulfuré s'il s'en produisait; mais dans aucun cas, on ne put observer le plus petit dégagement de ce gaz; la perte de poids fut donc exclusivement attribuée à la réduction de l'oxyde de fer. Cette perte s'éleva à 11,40 p. 100 dans le composé produit à basse température et à 3,50 p. 100 dans le résultat de l'expérience faite à température élevée.

Si l'on suppose dans ces deux matières le fer à l'état de protoxyde et la réduction complète, les pertes de poids auraient dû être respectivement de 9,68 p. 100 et de 2,90 p. 100, comme elles étaient notablement supérieures, on voit que les produits contenaient évidemment du peroxyde de fer. En faisant la proportion on arrive aux résultats suivants :

	Composé formé à basse température. p. 100	Composé formé à haute température. p. 100
Peroxyde de fer	17,14	5,93
Protoxyde de fer	28,16	7,72
	45,30	13,65
Fer	33,90	10,15
Oxygène	11,40	3,50

Ainsi, si l'on se trouve en présence d'une quantité suffisante de chaux, soit que l'on opère à haute ou à basse température, on constate que la chaux se combine au soufre, tandis que le fer se combine à l'oxygène.

II. *Sulfure de fer, chaux et silice.* — Une portion du mélange précédent de chaux et de sulfure de fer fut d'abord chauffée pour lui permettre de prendre son état naturel de combinaison, puis additionnée d'une quantité de silice suffisante pour former avec la chaux un monosilicate; le tout fut enfin fondu dans un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

creuset de terre. Après refroidissement, on constata que le sulfure de fer, ramassé en culot au fond du creuset, était surmonté d'une scorie noire et vitreuse. Le sulfure contenait : fer, 76,00 p. 100, et soufre 21,00 p. 100 (par différence); la scorie renfermait 0,81 p. 100 de soufre. La réaction semble donc avoir été la suivante :

$$FeO, CaS + SiO^2 = FeS + CaO, SiO^2.$$

III. *Fer, scorie de haut fourneau et silice.* — Plusieurs observateurs ont constaté à diverses reprises que lorsqu'on chauffe du fer sulfuré avec de la scorie de haut fourneau il se produit une notable élimination de soufre; mais aucun essai ne paraît avoir été fait pour déterminer l'action de cette scorie, quand elle a été rendue fortement siliceuse par addition de silice.

On fit un mélange de 50 grammes de laitiers basiques, de 50 grammes de silice et de 15 grammes de fonte exempte de soufre, que l'on fondit dans un creuset. Avant l'opération, la composition du laitier additionné de silice était la suivante :

Chaux et magnésie, 26,00 p. 100.

Silice	65,50
Alumine	7,50
Soufre	0,84

Après la fusion, le dosage du soufre donna les résultats suivants :

Soufre.

Métal avant 0,01 p. 100	*Scorie* avant 0,34 p. 100
— après 0,33 —	— après 0,12 —

Cette analyse montre que non seulement le soufre a été en partie absorbé par la fonte, mais qu'il s'en est, en outre, volatilisé une quantité considérable. En pratique, il ne se produit jamais de scories aussi siliceuses, et cette expérience ne présente à ce point de vue qu'un intérêt purement scientifique.

IV. *Oxyde de fer, sulfate de baryte, silice.* — Cette quatrième expérience donna exactement les résultats prévus, en démontrant qu'en pratique, lorsque la silice est en quantité suffisante pour se combiner aux bases alcalino-terreuses, tout le soufre passe dans le métal.

V. *Oxyde de fer, sulfate de baryte et spath fluor.* — En fondant 50 grammes d'hématite avec 5 grammes de sulfate de baryte et 5 grammes de spath fluor, on obtint un métal contenant 0,13 p. 100 de soufre.

VI. *Oxyde de fer pur, et sulfure de baryum.* — Dans cette expérience, on fit un mélange d'oxyde de fer et de charbon en poudre que l'on introduisit dans un creuset revêtu d'une brasque de sulfure de baryum, et que l'on recouvrit d'une couche pulvérulente de ce dernier corps. Après la fusion, le métal contenait 0,40 p. 100 de soufre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ces deux derniers essais montrent que la tendance du soufre à s'unir à la fonte se trouve diminuée lorsqu'il n'y a pas de silice pour décomposer le sulfure.

VII. *Oxyde de fer, sulfate de baryte, chaux et spath fluor.* — On obtint de la fonte contenant 0,06 p. 100 de soufre en fondant le mélange suivant : hématite, 50 grammes; sulfate de baryte, 5 grammes; chaux 5 grammes; spath fluor, 8 grammes, et charbon pulvérulent en excès.

VIII. *Oxyde de fer, sulfate de baryte, chaux et chlorure de calcium.* — Enfin on prépara le mélange suivant, que l'on fondit dans un creuset : hématite, 50 grammes; sulfate de baryte, 5 grammes; chaux, 5 grammes; chlorure de calcium, 8 grammes. Le métal obtenu contint 0,03 p. 100 de soufre.

Ces expériences montrent clairement que c'est la présence de la silice dans les minerais contenant des sulfates de métaux alcalino-terreux qui détermine le soufre à abandonner ces métaux pour s'unir au fer. Or, la silice se rencontre toujours dans ces minerais en quantité suffisante pour décomposer entièrement ces sulfates et mettre le soufre en liberté. Ces expériences font voir, en outre, que si la charge du haut fourneau contient assez de chaux pour neutraliser toute la silice et tout le soufre, la fonte produite, qu'elle soit grise ou blanche, ne contiendra tout au plus que des traces de soufre. Cette condition est presque impossible à réaliser en pratique.

Du manganèse dans le haut fourneau. — Ce serait Parry, d'Ebbw Vale, qui aurait le premier indiqué que si l'on emploie dans un haut fourneau du minerai manganésifère, la teneur en soufre de la fonte s'abaisse, tandis que celle des scories s'élève dans la même proportion. Ce même fait, vérifié par Caron, et confirmé par plusieurs observateurs, fut utilisé pratiquement pour l'élimination du soufre de la fonte.

Pour expliquer ce rôle du manganèse, un métallurgiste émit l'opinion que dans les conditions de l'opération le manganèse avait le soufre en horreur, et qu'ainsi leur coexistence dans le métal produit était impossible. Pour Snelus, le manganèse se trouvant dans les scories à l'état d'oxyde, se combine avec la silice et met par suite la chaux en liberté, ce qui permet à cette base d'exercer son pouvoir éliminateur.

Howe étudia cette question à son tour et fut d'avis que le manganèse forme dans le haut fourneau des composés riches en soufre qui se séparent de la fonte en fusion par liquation ou par la différence des densités; la production de ces composés serait d'autant plus probable que le sulfure de manganèse comme le sulfure de calcium, est moins soluble dans la fonte que le sulfure de fer. Cette opinion de Howe est évidemment basée sur les expériences de Caron, Riley, Ponsard, Walrand et Ledebur, car tous ces observateurs ont montré que si l'on ajoute du manganèse à du sulfure de fer fondu, on provoque

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'élimination du soufre; et, d'après Ledebur, on observe à la surface de la fonte des gouttes de matières très riches en manganèse et en soufre. L'exactitude de ces déductions a été parfaitement établie par Massenez, et le remarquable procédé de cet auteur met bien en évidence ce fait que le manganèse, en présence du soufre dans la fonte, se combine à ce métalloïde et se sépare ensuite sous l'influence de la pesanteur à l'état de sulfure de manganèse.

On peut se demander, si le manganèse réduit dans le haut fourneau et entrant ensuite en dissolution dans la fonte liquide, se conduit de la même manière que lorsqu'on l'ajoute à la fonte après la coulée. Lorsque le manganèse n'est pas réduit dans le haut fourneau et reste presque en entier dans les scories, il n'a plus de valeur au point de vue de l'élimination du soufre; ce fait a été constaté à plusieurs reprises dans les usines du district de Cleveland.

En résumé, d'après ce qui précède, on voit que le rôle du manganèse, dans l'élimination du soufre, dépend de la portion de ce métal qui, préalablement réduite dans le haut fourneau, entre en dissolution dans la fonte, s'unit alors au soufre et se sépare enfin dans la scorie à l'état de sulfure de manganèse. On ne peut dire encore si ce métal reste définitivement sous cette forme dans la scorie.

Les analyses suivantes, fournies par Tucker et Harbord, sont relatives à des fontes de haut fourneau contenant à la fois des proportions considérables de manganèse et de soufre.

	I	II	III
Manganèse.	2,26 p. 100	2,54 p. 100	1,76 p. 100
Soufre.	0,20 —	0,11 —	0,42 —

Il est tout à fait exceptionnel de rencontrer de pareilles compositions; on peut cependant expliquer ce phénomène en supposant qu'il s'est formé simultanément dans des régions différentes du haut fourneau, d'une part de la fonte très riche en manganèse, d'autre part de la fonte sulfurée contenant peu de ce métal, puisque ces deux sortes de fonte se sont mélangées, ont été coulées en gueuse et se sont solidifiées assez rapidement pour que le sulfure de manganèse n'ait pas eu le temps de se séparer. Si une pareille fonte était fondue de nouveau et maintenue à cet état un temps suffisant, il est probable qu'alors cette séparation s'effectuerait.

Les scories du haut fourneau et leur action sur la fonte sulfurée. — Il est parfaitement démontré que, toutes choses égales d'ailleurs, plus les scories d'un haut fourneau sont basiques, plus est grande la quantité de soufre qu'elles fixent et que, d'autre part, l'élimination du soufre dans la fonte est d'autant plus complète que les scories sont plus abondantes. Ainsi, dans la fabrication de la fonte de Cleveland, le minerai contient de 0,3 à 0,5 p. 100 de soufre et la quantité de scorie s'élève à environ 1500 kil. par tonne de fonte. Cette scorie est loin d'être très basique; cependant le métal obtenu ne contient pas plus de soufre que la fonte provenant de minerais exempts de soufre et accom-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pagnés d'une scorie bien plus basique, mais dont le poids n'atteint pas 700 kil. par tonne de fonte.

Sir L. Bell a pu changer la fonte blanche en fonte grise en la maintenant pendant longtemps sous de la scorie bouillante; nous ne savons pas si des analyses ont été faites avant et après ce traitement, mais l'on peut affirmer que la scorie a déterminé l'élimination du soufre dans la fonte blanche.

Ledebur a traité de la fonte en fusion contenant 2,33 p. 100 de soufre par divers silicates ; il obtint les résultats suivants :

	100 PARTIES DE FONTE TRAITÉES PAR 200 PARTIES DE			
	$CaO\ SiO^2$	$CaO\ (SiO^2)^2$	$MgO\ SiO^2$	$MgO\ (SiO^2)^2$
Poids de soufre pour cent de fonte . . .	0,079	0,357	0,260	0,890
Poids de scorie pour cent de fonte. . . .	1,445	0,681	1,069	0,29

Il n'est pas fait mention du silicium. On voit donc que plus la scorie est basique, plus est grande la proportion du soufre éliminé et que le pouvoir d'élimination de la chaux est plus grand que celui de la magnésie. Turner maintint liquide de la fonte blanche contenant :

Silicium.	4,17 p. 100
Soufre.	0,446 —

et n'obtint aucun changement de composition par la simple fusion, mais en ajoutant au métal fondu de la scorie de Clarence, il put abaisser la quantité de soufre à 0,186 p. 100.

Toutes ces expériences mettent clairement en évidence le pouvoir d'élimination que les scories légèrement basiques ont sur le soufre contenu dans la fonte ; cependant, Janoyer, en opérant en grand dans les hauts fourneaux, a trouvé que lorsqu'il s'y trouve des pyrites de fer en quantité sensible, il est impossible de produire de la fonte grise, même en présence d'un excès de chaux.

D'après Howe, c'est un fait reconnu dans les usines de l'Illinois, que la fonte obtenue est moins sulfurée, lorsqu'on remplace dans les hauts fourneaux la dolomie par la calcite, ce qui prouve une fois de plus que la chaux est plus efficace que la magnésie, pour assurer l'élimination du soufre. Le calcaire magnésien n'a jamais été employé avec succès dans la préparation de la fonte de Cleveland ; toutes les fois que l'on en a fait usage, l'aspect de la fonte a été modifié, elle est devenue truitée ou blanche, et sa teneur en soufre s'est accrue, tandis que la scorie ordinairement fluide passait à l'état visqueux. Dans les usines où l'on fabrique de l'acier Bessemer, le calcaire magnésien a donné de meilleurs résultats ; cependant, après une ou deux tentatives, on a cessé de s'en servir. Ces expériences ne constituent pas une objection à l'emploi de la magnésie dans les hauts fourneaux, où l'on prépare du spiegel ou de la fonte manganésifère, car alors le manganèse suffit à l'élimination du soufre, on obtient même dans ce cas un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

avantage, la scorie peut être rendue excessivement basique sans qu'elle se décompose sous l'action de la chaleur.

D'après ce qui précède, pour séparer le soufre de la fonte aussi complètement que possible dans un haut fourneau, il faut une température suffisamment élevée et une certaine quantité de silicate basique de chaux.

L'alumine ne paraît pas contribuer directement à l'élimination du soufre, mais sa présence dans les scories augmente leur fluidité, aussi cette base permet d'augmenter la proportion de chaux des scories, sans qu'elles deviennent pour cela épaisses et visqueuses ; à ce point de vue, l'alumine est avantageuse.

Des transformations du soufre dans le haut fourneau. — Nous allons suivre maintenant les matières sulfurées depuis le moment où elles sont chargées dans le haut fourneau, jusqu'à leur sortie, lors de la coulée. Au début, tant que la température est inférieure au rouge, les sulfates de chaux et de baryte restent inaltérés. Plus bas, lorsque les matières sont portées au rouge naissant, ces sulfates se réduisent en sulfures correspondants ; plus bas encore, la température est assez élevée pour réduire et maintenir à l'état fluide une certaine quantité de fonte blanche de qualité inférieure ; à ce niveau, qui est plus ou moins élevé au-dessus des tuyères, selon la qualité de la fonte produite, tout le soufre originairement contenu dans le minerai soit à l'état de sulfure, soit à l'état de sulfate, a passé dans la fonte et s'y maintient en combinaison.

Plus la température sera élevée, plus le pouvoir réducteur du coke sera énergique, et plus grande sera la hauteur au-dessus des tuyères des premières parties de fonte réduite, et la distance que ce métal aura à parcourir avant d'atteindre le foyer. Dans ce parcours, la fonte entrera successivement en contact avec du carbone, de la chaux, des silicates basiques fortement chauffés. Si le milieu est suffisamment réducteur et s'il se trouve assez de chaux et de silicate basique, une certaine quantité de ce dernier corps est décomposée, le silicium s'unit à la fonte, tandis que le métal sert à l'élimination du soufre. Il est probable qu'à ce niveau, et en présence des scories calcaires et du carbone incandescent, le soufre du coke se combine immédiatement avec les bases sans s'unir préalablement à la fonte ; car, si l'on fait passer du soufre en vapeur ou de l'acide sulfureux sur un mélange de charbon et de chaux porté à une température élevée, il se forme du sulfure de calcium et de l'oxyde de carbone ; par contre, si la température est relativement basse, on trouvera bien une partie du soufre dans la scorie, mais le reste sera combiné au métal.

(*Iron.*)

(*A suivre.*)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS ÉCONOMIQUES

L'APPLICATION DE LA CHALEUR INTENSE DE GAZ A LA MODIFICATION SUPERFICIELLE DES MÉTAUX

Le procédé de M. Bandsept de Bruxelles pour le revêtement des métaux est basé sur la pulvérisation mécanique des substances imprégnantes qui sont lancées par un jet de gaz comprimé sur les surfaces, portées à haute température, dont on désire transformer les propriétés physiques.

En juin dernier, le procédé fut perfectionné; le but demeurant la modification des métaux, mais avec cette particularité que le jet de gaz employé chauffe les surfaces en même temps qu'il entraîne les substances imprégnantes.

En employant des substances éminemment sensibles à la chaleur, on peut obtenir leur décomposition juste au moment où l'incorporation a lieu, de manière à ce qu'elles puissent subir la transformation industrielle.

Étant donné une texture de métal quelconque, on peut par ce procédé physico-chimique en changer complètement la nature de manière à lui donner des propriétés toutes différentes de celles qu'elle possédait primitivement.

Une chaleur intense est indispensable au succès de l'opération, d'autant plus que les surfaces à transformer doivent atteindre instantanément la température de la flamme et se refroidir aussi rapidement afin que les effets de conductibilité n'aient pas le temps de se produire dans la masse du métal.

Pour développer cette chaleur intense, il est de toute nécessité de réunir les conditions essentielles de combustion parfaite. L'état gazeux remplit ces conditions mieux que tout autre, en ce qu'il permet d'effectuer le mélange intime du véhicule de combustion et du combustible et de régler les proportions requises pour l'ensemble de la combinaison chimique. Comme l'effet direct de l'union du carbone avec l'oxygène consiste dans la formation d'acide carbonique, c'est surtout vers ce résultat que l'on doit tendre pour produire économiquement de la chaleur; en outre, comme le carbone ne se combine pas entièrement avec l'oxygène, sauf quand celui-ci est en excès et l'affinité de l'hydrogène pour l'oxygène étant plus grande que celle du carbone, il peut arriver, dans certains cas, que la totalité du premier élément se combine avec l'oxygène pendant qu'une partie du carbone échappe à la réaction; ce qui se produit même quand l'oxygène est en quantité suffisante pour saturer le combustible.

Dans l'application, la combustion imparfaite n'est uniquement que le résultat du peu de soin que l'on apporte au mélange des combustibles dont on cherche à utiliser la puissance.

Le seul moyen d'utiliser effectivement un combustible gazeux est de le mé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

langer intimement avec l'oxygène ou l'air atmosphérique. La composition de ce mélange est de la plus haute importance; ce n'est donc qu'en le préparant à l'avance qu'il est possible de donner à l'oxygène ou à l'air des proportions assez exactes, pour permettre d'exploiter le procédé soit par explosion, soit par combustion ordinaire.

Toute variation dans les quantités du gaz et de l'air indispensables à une combustion normale, se traduit par une réduction correspondante de la chaleur dégagée. Quand le véhicule est en excès, la chaleur de combinaison est réduite en raison de la quantité de gaz inerte qui entre dans la réaction et qui est échauffée à ses dépens.

Le combustible doit être en état de divisibilité et de pureté suffisante pour faciliter l'absorption de la quantité d'oxygène nécessaire à la saturation. On établit de cette façon le plus grand nombre de réactions élémentaires dans un temps et un espace donnés.

En réduisant violemment la distance des molécules des corps gazeux en présence, on peut, comme l'explique M. Bandsept, les forcer à entrer réciproquement dans leurs sphères d'action respectives et augmenter ainsi le nombre des points de contact dans le mélange produit, ce qui change la cohésion relative en une cohésion chimique plus intime.

Quand on est près d'atteindre le point critique d'un mélange ainsi composé, il s'établit un équilibre entre la puissance d'attraction des éléments et leur état vibratoire qui assure une stabilité permanente au mélange et permet son emploi sur place et à distance.

L'affinité chimique des éléments ainsi rapprochés s'opposant aux effets dus à leur différence de densités, il n'y a donc pas à craindre que les gaz ainsi diffusés l'un dans l'autre aient une tendance à se séparer par la suite.

L'association intime du combustible et du véhicule effectuée naturellement produit des réactions complètes qui mettent en jeu la majeure partie des forces moléculaires contenues dans les éléments en présence.

La méthode nouvelle qui substitue l'action moléculaire aux effets de masse auxquels se bornent les procédés de chauffe ordinaires (même ceux dans lesquels des combustibles liquides ou solides pulvérisés sont injectés par un jet de gaz ou de vapeur) donne des résultats bien supérieurs à ceux dont on s'est contenté jusqu'ici. En effet, avec le mélange préparé à l'avance dans des proportions exactes et envoyé sous pression, l'ensemble des gaz entre presque immédiatement en combinaison; tandis qu'avec le système ordinairement employé pour la chauffe, la combustion se trouve retardée de ce que le mélange ne s'opère que graduellement; le procédé rationnel augmente donc la tension de dissociation, ce qui permet de regagner, dans une certaine mesure, la différence d'environ 700° C. que l'on trouve entre la théorie et l'expérience pour du gaz

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

brûlé avec de l'air; il est probable, dans le cas qui nous intéresse, que la dissociation suit l'élément inerte de l'air, chaque atome de combustible trouvant immédiatement son équivalent avec lequel il se combine.

Les plus hautes températures obtenues couramment en pratique jusqu'ici ont rarement dépassé de 1 200° à 1 500° C., tandis qu'avec le mélange préalable et bien proportionné, elles atteignent 2 000° C. et même 2 200° C. Les rendements (*yields*) sont naturellement plus en proportion avec l'élévation des températures et quoique, *a priori*, on ne puisse établir de données précises, on peut cependant estimer que, dans la plupart des cas, ces rendements dépassent de 15 à 35 p. 100, ceux que l'on a établis jusqu'ici pour les applications industrielles de la chaleur.

Dans tous les cas l'insuffisance du rendement calorifique due aux défauts inhérents à la méthode employée actuellement est évidente et la différence énorme qui existe entre les rendements effectifs et les valeurs absolues des énergies mises en jeu peut être attribuée à ce que les moyens dont nous disposons diffèrent complètement du procédé naturel. Ce procédé exige de multiples et profondes réactions produites par les petits éléments mis en activité, tandis que nous nous limitons dans la plupart des cas à des effets de masse, ne permettant que des contacts très imparfaits.

La chaleur intense nécessaire à la modification des métaux peut être produite de différentes manières. Pour préparer le combustible, on emploie des appareils statiques et des appareils dynamiques, fonctionnant ensemble ou séparément selon le degré de perfection de mélange auquel on désire arriver.

Les appareils dynamiques se composent généralement de pompes, de ventilateurs et de machines pouvant distribuer l'air et le gaz en proportions définies; ces machines basées sur le principe de l'injecteur permettent l'introduction latérale d'un des fluides et sa pulvérisation par le jet initial.

Les appareils statiques sont pour la plupart basés sur la division progressive des masses gazeuses que l'on force au travers de diaphragmes métalliques perforés, en nombre suffisant pour achever le mélange fourni par le matériel dynamique.

Dans tous les cas, le mélange doit subir les trois effets suivants : 1° un choc superficiel par volume; 2° des frottements multiples par jets; 3° la lamination moléculaire produite par son passage en fort courant au travers des appareils à mélanger.

Après cette trituration mécanique, le mélange combustible est si parfait et si uniforme qu'il peut sans danger, quoique gazeux, être soumis à de hautes pressions et à un emmagasinage prolongé, et par conséquent être utilisé en tels temps ou lieu qu'il paraît convenable.

La figure ci-jointe montre un appareil à mélanger les éléments : il consiste

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en un cylindre ouvert à chaque bout et dont la paroi intérieure est garnie de becs disposés en zigzag et alimentés par du gaz d'éclairage ordinaire. Les jets projetés avec force sur une même section transversale du cylindre se réunissent et forment une couche au travers de laquelle l'air comprimé dans le cylindre est obligé de passer, de là, le mélange de l'air et du gaz ; l'obstacle ainsi formé peut-être répété aussi souvent que cela sera jugé nécessaire pour obtenir un mélange intime ; à condition toutefois que l'air soit sous pression suffisante pour lui permettre de traverser le cylindre dans toute sa longueur ; comme ce dernier débouche dans un tube d'un diamètre relativement réduit, le gaz mélangé rencontre une certaine résistance à son émission, chaque action comprise entre deux couches de becs consécutives se trouve donc soumise à un effet double et en sens contraire.

Le gaz projeté dans la direction de l'axe du cylindre s'approche graduellement de la circonférence et éprouve des dilatations successives qui favorisent sa saturation par l'air qui entre en sens inverse. Le degré de division du combustible et l'intimité du mélange dépendent de l'intensité des jets de gaz et de la vitesse à laquelle l'air se déplace dans le cylindre.

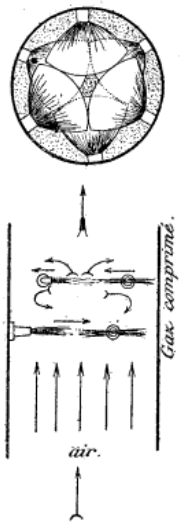


Figure 1.

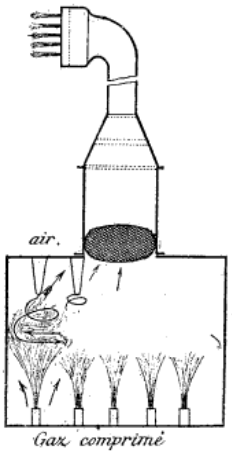


Figure 2.

Les appareils à mélanger l'air et le gaz peuvent encore être disposés de différentes manières : ainsi, comme on le voit dans la fig. 2, le récipient dans lequel doit s'opérer le mélange, peut être muni, à sa partie inférieure, de petites ouvertures par lesquelles le gaz est projeté contre de l'air lancé par des pulvérisateurs centrifuges disposés à la partie supérieure. Les molécules gazeuses disséminées par le choc sont bientôt entraînées en un tourbillon et finissent par se mélanger.

La canalisation et l'emploi du mélange combustible s'opèrent en toute sécurité en plaçant sur toute la longueur des tubes et en des points déterminés, soit des rondelles de toile métallique à mailles très fines, soit des plaques perforées d'un diamètre très restreint, disposées en nombre suffisant pour empêcher que la combustion ne s'étende derrière les brûleurs : ces derniers peuvent être utilisés sous la forme, soit d'injecteurs à jets variables, soit de chalumeaux tels qu'on les emploie dans l'industrie. Le point essentiel de l'opération est de concentrer le foyer dans le plus petit espace possible de manière à pouvoir développer l'intensité calorifique maxima exactement à l'endroit où elle est nécessaire.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans la manipulation de la chaleur intense, les flammes ne pourraient retourner en arrière vers la canalisation qu'autant que la pression à laquelle le fluide composé est soumis viendrait à cesser; et même, le cas échéant, elles seraient rapidement éteintes, la combustion normale ne produisant que des gaz inertes. La chaleur intense résultant d'une combustion complète donne lieu à un phénomène curieux que M. Bandsept appelle : *Convection inverse*. Les gaz produits étant plus lourds qu'ils ne le sont ordinairement ne se meuvent pas de bas en haut, et leur équilibre dans la masse s'établit par couches isothermiques superposées dans un ordre tout différent de celui que la loi *de moindre résistance* assigne aux gaz issus d'une combustion imparfaite.

Les jets de gaz intense mis sous pression amènent au point d'ignition les surfaces à transformer, en même temps qu'ils véhiculent, en état d'extrême pulvérisation, les substances dont le métal doit être imprégné.

La croûte extérieure du métal est échauffée si rapidement et avec une intensité telle que le mouvement calorifique n'a pas le temps d'atteindre les couches inférieures; car la chaleur agit plus fortement sur les couches supérieures qui lui offrent une résistance moindre et où elle constitue une zone active de peu d'épaisseur sur laquelle les éléments gazeux projetés avec force agissent par choc aussi violemment que le feraient des corps solides. Ces éléments s'introduisent entre les molécules que la chaleur a momentanément distendues et se trouvent incorporés dès que la surface revient à sa température normale par suite de la contraction du métal. Cette dernière phase de l'opération se trouve être de très courte durée en raison de la faible couche de métal échauffé.

Au lieu de projeter les matières imprégnantes, combinées dans l'injecteur, sur la surface du métal, on peut encore opérer la modification au moyen d'une plaque très mince du corps dont on désire imprégner le métal, échauffée au préalable et que l'on fait adhérer à ce dernier à l'aide du jet de gaz intense; comme on l'a vu pour les opérations précédentes, la chaleur se trouve confinée à la surface, la conductibilité du métal n'ayant pas le temps d'être mise en action pendant le court intervalle qui suffit, dans l'état de combustion intense, pour solliciter dans les couches moléculaires extérieures la capacité réceptive nécessaire pour l'incorporation, sans toutefois qu'elles subissent de déperdition pouvant empêcher la continuité des effets produits ni enrayer le résultat d'une action régulière.

La modification superficielle qui constitue également une trempe des couches supérieures du métal, obtenue par des moyens certains et économiques, paraît être appelée à jouer un rôle important dans un grand nombre d'applications industrielles, en supprimant les défectuosités ordinaires telles que la conductibilité, l'absorption de la chaleur ou sa radiation, l'occlusion, la capillarité, etc... :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

parmi les différentes applications que l'on peut en faire à l'industrie, nous citerons, notamment, la conservation des œuvres d'art et la conservation des coques de navire.

Ce procédé de traitement direct produit des résultats tout aussi marqués que le procédé électrolytique, récemment découvert en Belgique, décrit dans un rapport lu à l'académie et qui est également un procédé de la plus haute importance scientifique.

(*Journal of Gas-Lighting.*)

PROCÈS-VERBAUX

Séance du 10 novembre 1893.

Présidence de *M. Tisserand*, Président.

M. le Président annonce la mort de *M. le marquis de Turenne*, membre du Conseil. Il fit partie de la Commission des fonds, et collabora activement à ses travaux depuis 1871 jusqu'en 1881, époque à laquelle il demanda, pour raison de santé, à passer membre honoraire.

M. le Président exprime tous les regrets de la Société pour la perte de ce collègue et demande qu'une notice soit rédigée pour le Bulletin.

M. le colonel Laussedat, directeur du Conservatoire des arts et métiers, envoie l'affiche des cours de cet établissement pour la session 1893-1894.

M. Marius Baudit, chemin de Gerland, 66, à Lyon. — Machine à dérompre et à polir les tissus. (Arts mécaniques.)

M. Yves Le Guen, à Saint-Laurent, par Bégard (Côtes-du-Nord). — Appareil destiné à transmettre mécaniquement les signaux du télégraphe Morse. (Arts économiques.)

M. Fisch, rue des Alouettes, 40. — Photographie au charbon et ses applications à la décoration. (Beaux-Arts.)

M. Émile Garnault, secrétaire-archiviste de la Chambre de commerce de la Rochelle, présente pour le concours les ouvrages suivants : *Le Commerce rochelais au XVIII^e^ siècle. — Le Rochelais et le Canada.* (Commerce.)

Les ouvrages suivants sont signalés dans la correspondance imprimée :

Bulletin de l'Institut égyptien, 3^e^ série, n^os^ 3 et 4.

Mémoires publiés par la Société nationale d'agriculture de France, t. CXXXV.

Recueil des publications de la Société Havraise, année 1893. — Fêtes du centenaire de Casimir Delavigne.

Exposition hivernale et internationale de Chicago.

NOMINATION D'UN MEMBRE PERPÉTUEL DE LA SOCIÉTÉ. — *M^lle^ Louise Taborin*, vou-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lant que le nom de son père, ancien membre de la Société, reste inscrit dans la liste des souscripteurs, demande à être reçue membre perpétuel de la Société, après avoir rempli les conditions voulues par le règlement.

Cette nomination est votée à l'unanimité.

COMMUNICATIONS. — *Agriculture en Amérique.* — *M. Ringelmann*, directeur de la station d'essais de machines, professeur à Grignon, fait une conférence sur l'agriculture à l'Exposition de Chicago. Il esquisse à grands traits l'ensemble de l'Exposition universelle de Chicago, et en particulier le palais de l'Agriculture, donne un aperçu des principales expositions qu'il renferme et insiste surtout sur la section des machines agricoles.

En acceptant de M. le ministre de l'Agriculture la mission d'études à Chicago, M. Ringelmann s'était proposé non seulement d'examiner le matériel agricole à l'Exposition, mais d'étudier surtout les conditions économiques de l'emploi et du fonctionnement de ces machines dans les différents États de l'Union américaine. Il a cherché également à voir si la réputation donnée aux Américains était fondée relativement aux inventions mécaniques et aux perfectionnements des machines.

On constate, depuis l'Exposition universelle de Londres, en 1851, que les Américains ont toujours tenu en éveil les nations européennes par leurs machines nouvelles et originales; à Londres, en 1851, figuraient les deux moissonneuses de Hussey et de Mac-Cormick; en 1855 et en 1867, à Paris, la section américaine présentait des machines intéressantes; à Vienne, en 1873, le docteur Locke exposait sa lieuse à fil de fer, machine qui fut étudiée dans le rapport de M. Tisserand, président de notre Société; à Philadelphie, en 1876, les lieuses à fil de fer fonctionnaient pratiquement; à Paris, en 1878, apparurent les lieuses à ficelle qui sont aujourd'hui d'un emploi courant; en 1889, à Paris, nous avions une lieuse américaine qui fabriquait elle-même, au fur et à mesure de ses besoins, un lien de paille.

M. Ringelmann pense que les développements si rapides des inventions aux États-Unis tiennent à un ensemble de causes, dont les principales, selon lui, sont la division du travail et le mode de fabrication; il explique, à l'appui de sa thèse : l'influence de la législation des brevets (*Patent-Office*), le rôle de l'inventeur, la spécialisation de la construction, les procédés de vente et de publicité ou de réclame, la vente ayant ordinairement lieu directement à des agents, et non aux consommateurs.

M. Ringelmann aborde ensuite l'examen de la construction américaine, qui diffère de la nôtre, en ce sens que les machines sont généralement brutes de fonte, et ne sont finies ou ajustées que dans les parties les plus essentielles, sans lesquelles elles ne pourraient fonctionner; l'exclusion du bois (idée qui nous vient de l'Angleterre) ne préoccupe pas le constructeur américain, qui, d'ailleurs,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

a à sa disposition, à bas prix, des bois d'excellente qualité : le frêne, et notamment le noyer blanc (*hickory*), qui est soumis à une culture spéciale, et avec lequel on fait des pièces extrêmement légères pour le charronnage.

Enfin, après avoir parlé des métaux et des transformations qui ont été apportées dans la construction, depuis une vingtaine d'années que l'usine américaine tient le marché européen pour un certain nombre de machines (notamment celles qui sont destinées à effectuer les récoltes), M. Ringelmann cite quelques chiffres sur la production, et donne les prix de revient de différentes machines.

Abordant ensuite la question agricole, il montre la grande spécialisation des cultures suivant les différentes régions; l'absence de cultures maraîchères, par suite du prix élevé de la main-d'œuvre; l'augmentation du territoire cultivé, par suite de l'emploi des machines. Ainsi, dans l'Ouest, par exemple, il fallait autrefois cinq hommes, sans compter les attelages, pour cultiver 25 hectares de maïs; aujourd'hui, il n'en faut plus qu'un seul pour la même étendue, et le travail, qui est moins pénible, est mieux fait; on ne doit pas en conclure qu'on a diminué le nombre des travailleurs agricoles, mais que l'étendue cultivée a augmenté dans le rapport de un à cinq.

M. Ringelmann étudie successivement les principales régions avec leurs cultures et leurs machines spéciales les plus récentes et les plus originales :

Sur le littoral du Pacifique, les cultures arbustives, les irrigations, les appareils pour le traitement des arbres contre les insectes et les maladies cryptogamiques, les étuves pour la dessiccation des fruits;

Dans l'Utah, les irrigations des céréales et des légumineuses;

Dans la Floride, les cultures de légumes, d'arbres fruitiers, les irrigations;

Dans la Louisiane, la culture du riz, les labours, les arrosages par submersion, la récolte avec les moissonneuses-lieuses spéciales qui n'existaient pas en 1884, alors qu'en 1892 l'État de la Louisiane en comptait 3000; la machine à décortiquer le riz;

Dans le Mississipi, la culture du coton; les machines proposées pour la récolte; pour séparer les graines (*gin*), pour empaqueter et préparer la marchandise, pour la vente et l'expédition; les machines pour la culture du café;

Dans le Dakota, les grandes cultures du blé, avec l'outillage spécial des exploitations agricoles de cette région; le blé trouve un débouché aux grands moulins de Minneapolis du Minnesota;

Dans l'Ouest, les cultures spéciales du maïs et de l'avoine, les semoirs si curieux permettant de semer en paquets réguliers, afin de faciliter les travaux d'entretien par des houes à cheval à grand travail; les moulins à vent si employés dans tous ces États et en Canada;

En Virginie et Maryland, la culture du tabac;

Dans le New-Jersey, le Massachussetts, États littoraux de l'Atlantique, les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

grandes cultures maraîchères et les machines à repiquer les jeunes plants, etc.

M. le Président remercie *M. Ringelmann* de son intéressante communication.

Pyromarqueurs-Pyrosoudeurs. — M. Manuel Perier présente à la Société une grande variété d'outils chauffés par un foyer intérieur en platine et servant à pyrograver, à marquer au feu, à dorer, à gaufrer et à souder.

Le chauffage du cuivre, du fer et des autres métaux composant ces outils n'a pu être obtenu qu'en modifiant profondément le système des foyers en platine à capsule fermée en usage jusqu'ici pour la chirurgie et la pyrogravure.

M. Manuel Perier remplace en effet la capsule fermée à rayonnement presque nul par une capsule percée à l'extrémité, sur les côtés ou sur la surface totale suivant la forme et la destination de l'outil à chauffer.

Ces orifices, qu'il ne faut pas confondre avec les ouvertures de dégagement pour les résidus de la combustion (ouvertures supprimées dans le nouveau foyer), livrent passage à la flamme créée dans le foyer intérieur et la dirigent sur les parties à chauffer sous la forme de petits dards de chalumeau.

L'impossibilité de chauffer des outils métalliques en introduisant dans leur masse volumineuse des anciens foyers à capsules fermées n'existe plus avec le nouveau foyer à flammes surchauffées.

Aussi M. Manuel Perier est-il arrivé pratiquement à chauffer avec un foyer de 5 millimètres de diamètre et 20 millimètres de longueur un pyrosoudeur en cuivre rouge de 250 grammes, et cela en deux minutes.

15 centimes d'essence minérale suffiront pour souder ou timbrer à feu pendant dix heures.

Tous les genres de timbres, roulettes à feu ou à dorer, fers à souder, se montent sur les deux grandeurs de manches à griffes isolantes terminés par le foyer à flamme surchauffées.

Les petits foyers fonctionnent avec la poire à main et le saturateur contenus dans la boîte ordinaire de pyrogravure. Les grands foyers reçoivent l'air carburé de la soufflerie à pied et du saturateur à grande surface d'évaporation présentés dans la séance du 14 avril dernier.

La soufflerie gazomètre et la soufflerie ballon servent également pour entretenir automatiquement la chaleur des pyromarqueurs, pyrosoudeurs, comme celle des pyrocrayons et des pyropinceaux. On peut utiliser aussi pour les manches le courant d'air rafraîchisseur créé pour la pyrogravure.

Après avoir expliqué le principe de son nouveau foyer, M. Manuel Perier en montre le fonctionnement. Il a successivement chauffé et utilisé des timbres à feu à vignette fixe ou mobile, des timbres et des fers à souder de toutes sortes avec carburateur dans le manche ou indépendant; des roulettes, des marques pour bouchons, pour animaux, etc., des fers à dorer et à pyrograver, un timbre sphérique sur lequel sont gravés en relief des petits ornements constamment

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

chauffés par la masse qui les supporte et dont on fait emploi successivement pour produire des semis différents, un numérotage, etc.

Enfin M. Manuel Perier a fait fonctionner un pyromarqueur dit « Universel ». La plaque de ce timbre à feu ne porte aucune gravure, elle est absolument lisse. On l'applique lorsque l'outil est convenablement chauffé sur des lettres, chiffres et motifs décoratifs découpés dans du métal plat et mince. La chaleur communiquée rapidement à ces divers motifs les imprime en brûlure ou en dorure au besoin aux endroits où ils ont été préalablement placés à froid.

Un seul outil générateur et des petits découpages suffisent donc pour numéroter, écrire et décorer du bois, du cuir, etc., avec la possibilité de bien replacer pour accentuer son empreinte le sujet qui n'aurait pas suffisamment marqué.

Le foyer à flamme surchauffée trouvera certainement de nouvelles et curieuses applications dans les arts et dans l'industrie en permettant de chauffer rapidement et de maintenir à peu de frais et à une chaleur quelconque toutes sortes d'appareils, d'outils à marquer, à gaufrer et à dorer à plats ou à roulettes, etc. ; mais il trouvera surtout son emploi pour le chauffage des fers à souder. Ceux-ci pourront affecter toutes les formes et servir à porter continuellement la soudure dans toutes les parties d'une pièce où ils pénétreront à l'aide de rallonges droites ou courbes.

La possibilité de régler le chauffage des pyrosoudeurs évite le désétamage de leur extrémité et rend les plus grands services pour la soudure des plombs de vitraux.

Quant à la pyrogravure, objet des incessants travaux de M. Manuel Perier, elle trouve des ressources nouvelles dans la création du nouveau foyer, qui rend possible les grands pyrocrayons et qui met à sa disposition les semis et les bordures si faciles à obtenir avec les pyromarqueurs et les pyroroulettes.

M. Manuel Perier souhaite ainsi de rester digne des hautes récompenses que lui a décernées la Société d'Encouragement, et qu'il considère comme une magnifique rémunération de ses travaux.

M. le Président remercie *M. Manuel Perier* de son intéressante communication, qui est renvoyée au Comité des Arts économiques.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

BIBLIOGRAPHIE

OUVRAGES REÇUS

GÉRARD LAVERGNE, ancien élève de l'École polytechnique, ingénieur civil des Mines. — **Les Turbines.** Petit in-8°. (*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire.*)

L'utilisation électrique des chutes d'eau, sur place ou à distance, donne à la question des turbines un grande actualité.

L'ouvrage en présente une monographie complète. Il est divisé en quatre parties.

La première expose la théorie générale de ce moteur, et en fait l'application à chaque type particulier de turbine.

La deuxième donne une étude pratique fort détaillée de chacun de ces types. L'auteur insiste particulièrement sur les règles qui doivent présider à la construction des turbines, et son ouvrage revêt par là un caractère pratique indéniable. Un chapitre spécial est consacré aux turbines américaines, dont on parle beaucoup en ce moment en France. Il faut signaler aussi comme particulièrement nouvelle l'étude de la régulation du mouvement de ces moteurs hydrauliques, qui doit leur permettre de remplir le rôle auquel ils sont appelés et qui demande une grande constance dans la marche, notamment pour l'éclairage électrique. Un autre chapitre, complètement inédit, est relatif à la mesure du rendement réel des turbines, si intéressant à connaître exactement, et qui, trop souvent jusqu'ici, n'a été déterminé que d'une façon approchée.

La troisième partie, — qui sera plus spécialement consultée avec fruit par tous ceux qui auront à faire la commande d'une turbine, — débute par l'examen des cas où les turbines doivent être appliquées, et par l'exposé des considérations qui doivent présider au choix à faire entre les divers types. Elle donne ensuite quatre exemples fort complets d'application, où sont calculés tous les éléments des moteurs. Elle se termine par un tableau comparatif de ces éléments pour deux turbines, l'une de grande, l'autre de petite vitesse.

La quatrième partie est consacrée à la bibliographie.

VERMAND (**P.**), ingénieur des Constructions navales. — **Les Moteurs à gaz et à pétrole.** Petit in-8°. (*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire.*)

L'auteur a cherché à condenser dans ce livre les différentes notions indispensables à ceux qui s'intéressent aux moteurs à gaz. L'ouvrage est divisé en deux parties, dont la première est relative aux questions théoriques, la seconde aux questions pratiques.

Dans la première partie, l'auteur passe en revue les propriétés des gaz et étudie la façon dont les gaz et les mélanges tonnants se comportent dans les moteurs ; tenant compte des expériences les plus récentes relatives aux chaleurs spécifiques des gaz, il arrive à des conclusions qui diffèrent légèrement de celles de ses devanciers. Un chapitre spécial, consacré à la comparaison des différents moteurs thermiques, fait ressortir la supériorité des moteurs à gaz sur les moteurs à air chaud et les moteurs à vapeur. Dans ce même chapitre nous trouvons encore la classification des différents moteurs

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'après les cycles parcourus par les gaz, et la détermination de leurs rendements théoriques. Après avoir résumé l'état actuel de nos connaissances sur les lois de la combustion des mélanges gazeux, l'auteur passe en revue les différentes causes qui peuvent influer sur le rendement des machines.

Dans la seconde partie, se trouve une étude sur les différents gaz employés, puis sur les divers éléments de construction des moteurs. Un chapitre spécial est consacré à la mise en train et au réglage des machines. A la suite de quelques pages relatives aux essais, l'auteur termine par une description sommaire de quelques machines prises pour servir de types dans les différentes classes des moteurs à gaz.

RICHARD (**Gustave**), ingénieur civil des Mines, membre du Comité de la Société des ingénieurs civils. — **Les moteurs à gaz et à pétrole en 1892.**

La bibliothèque de la Société s'est enrichie d'un nouvel ouvrage de M. Gustave Richard, membre du Conseil et du Comité des Arts mécaniques, et intitulé: *les Moteurs à gaz et à pétrole en* 1892, qui forme une sorte de complément aux précédents ouvrages de l'auteur sur la même question.

Après avoir constaté que les moteurs à gaz n'ont réalisé, en 1892, aucun progrès de principe, M. Richard donne la description sommaire de quelques moteurs nouveaux, puis il aborde l'examen, beaucoup plus étendu, des détails de construction : la distribution, l'allumage, la régularisation, les régénérateurs, la mise en train, le refroidissement du cylindre, le graissage, etc. Il indique, sur chacun de ces points, les perfectionnements qui ont été proposés pendant l'année 1892; la comparaison des efforts tentés par les inventeurs montre bien, pour chacune de ces questions, les précautions les plus utiles, les inconvénients qu'il faut éviter et la direction dans laquelle on doit chercher le progrès.

Le chapitre consacré aux moteurs à pétrole contient de même les détails des perfectionnements apportés aux carburateurs et aux moteurs proprement dits, dont l'auteur donne une classification rationnelle, basée sur leur mode de carburation. Ces moteurs paraissent, pour les petites forces, devoir être très économiques, car on arrive déjà à une consommation d'environ un demi-litre de pétrole par cheval-heure effectif, que l'on parviendra sans doute à diminuer.

Les applications nouvelles des moteurs à gaz et à pétrole sont décrites dans le dernier chapitre. On y voit les moteurs à gaz employés pour l'éclairage électrique et l'on y constate qu'à égalité d'éclairage la quantité de gaz employée pour faire mouvoir les dynamos n'est que la moitié environ de celle qui serait consommée pour la production directe de la lumière. On trouve ces mêmes moteurs, dont la puissance atteint maintenant, d'une manière courante, 150 chevaux, appliqués à des distributions d'eau, à des ascenseurs ou monte-charges. De même, les moteurs à pétrole ont été appliqués à des machines locomobiles, à des pompes, à des tramways, à des bateaux, etc. Leur emploi se développe beaucoup, surtout à l'étranger.

L'ouvrage de M. Richard constitue, comme on le voit, une page intéressante de l'histoire des moteurs à gaz et à pétrole. Le savant auteur, dont la fécondité est inépuisable, se propose de le faire suivre d'une série d'autres semblables, suivant les besoins de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'actualité. Il aura ainsi constitué une véritable encyclopédie des moteurs à gaz, toujours au courant du progrès et très utile aux ingénieurs qui s'intéressent à cette question. Indépendamment de cette utilité immédiate, qui sera fort appréciée par les praticiens appelés à installer de pareils moteurs, les volumes de M. Richard seront, pour l'avenir, la mine inépuisable où l'on trouvera les matériaux d'un traité définitif dans lequel la théorie de ces moteurs, encore imparfaite, pourra être abordée et appuyée sur des données expérimentales et sur les résultats d'une pratique suffisamment longue et variée.

GOUILLY (Al.). — **Transmission de la force motrice par l'air comprimé ou raréfié.**

(1 vol. in-8, Gauthier-Villars. Paris, 1892.)

Ce petit volume contient tous les renseignements nécessaires à l'établissement des projets de transmission par air comprimé ou par air raréfié. Il renferme les données et les résultats les plus certains sur les compresseurs d'air, les moteurs à air, les canalisations, les horloges et les télégraphes pneumatiques, les distributions de force motrice.

RECTIFICATION

Dans la note sur *La question des filetages en Allemagne*, publiée dans le *Bulletin* de septembre 1893, les tableaux de dimensions donnés pp. 704 et 705, ont été intervertis. En outre, p. 704, 2e ligne en remontant et 1re ligne au-dessus du tableau, *au lieu de* 8 à 10 millimètres, lire $0^{mm},8$ à 10 millimètres.

Dans le *Programme des prix*, *Bulletin* de juin 1893, p. 459, 21e ligne, *au lieu de :* Les divers prix de tare... lisez : Les divers prix de base...

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LISTE DES MEMBRES DU BUREAU

DEPUIS LA FONDATION DE LA SOCIÉTÉ

LE 27 BRUMAIRE AN X (18 NOVEMBRE 1801)

Présidents.

1801-1832. — Le comte **Chaptal**, G. C. ✻, pair de France, membre de l'Institut.

1832-1845. — Le baron **Thénard**, G. O. ✻, pair de France, membre de l'Institut, vice-président du Conseil de l'Instruction publique.

1845-1884. — **Dumas** (J.-B.), G. C. ✻, membre de l'Académie française, secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences.

1885-1888. — **Becquerel** (Ed.), C. ✻, membre de l'Institut, professeur administrateur du Muséum d'histoire naturelle, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers.

1889-1891. — **Haton de la Goupillière**, O. ✻, membre de l'Institut, inspecteur général des mines, directeur de l'École supérieure des Mines.

1892 (en exercice). **Tisserand**, G. O. ✻, conseiller d'État, directeur au ministère de l'Agriculture.

Vice-présidents.

1801-1803. — Le baron **Costaz**, O. ✻, membre du tribunat, intendant des bâtiments de la Couronne, conseiller d'État.

1801-1805. — **Frochot**, C. ✻, conseiller d'État, préfet du département de la Seine.

1804-1815. — Le baron **Guyton de Morveau**, O. ✻, membre de l'Institut, administrateur général des Monnaies.

1805-1814. — **Dupont de Nemours**, membre de l'Institut, conseiller d'État.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1815-1841 — Le comte **de Lasteyrie**, ✻, membre de la Société centrale d'Agriculture de France.

1816-1839. — Le duc **de La Rochefoucauld-Doudeauville**, O. ✻, pair de France, ministre de la maison du Roi, membre de la Société centrale d'Agriculture de France.

1839-1845. — **Francœur**, ✻, membre de l'Institut, professeur à la Faculté des sciences, membre de la Société centrale d'Agriculture de France.

1841-1845. — **Dumas** (J.-B.), G. C. ✻, membre de l'Académie française, Secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences.

1845-1847. — Le comte **de Gasparin**, G. O. ✻, ministre, pair de France, membre de l'Institut, membre de la Société centrale d'Agriculture de France.

1845-1875. — Le baron **A. Séguier**, O. ✻, membre de l'Institut, conseiller à la Cour de Paris, membre de la Société centrale d'Agriculture de France.

1847-1848. — **Vauvilliers**, O. ✻, inspecteur général des Ponts et Chaussées.

1848-1867. — **Darblay** aîné, O. ✻, député, membre de la Société centrale d'Agriculture de France.

1863-1873. — **Amédée-Durand**, ✻, ingénieur, membre de la Société centrale d'Agriculture de France.

1863-1875. — **Balard**, C. ✻, membre de l'Institut, professeur au Collège de France.

1864-1884. — Le baron **Alph. Baude**, O. ✻, inspecteur général des Ponts et Chaussées.

1876-1884. — **Becquerel** (Ed.), C. ✻, membre de l'Institut, professeur administrateur du Muséum d'histoire naturelle, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers.

1876-1885. — Le vicomte **de Chabannes**, G. O. ✻, vice-amiral.

1874-1884. — Le baron **Thénard**, Paul, ✻, membre de l'Institut.

1885-1886. — **Le Blanc**, Félix, ✻, ingénieur civil des Mines, professeur à l'École centrale des Arts et Manufactures.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1885-1888. — **Mangon**, Hervé, C. ✻, ministre, député, membre de l'Institut, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, directeur du Conservatoire des Arts et Métiers.

1885-1885. — **Tresca** (H.-E.), O. ✻, membre de l'Institut, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers et à l'École centrale des Arts et Manufactures.

1886-1888. — **Haton de la Goupillière**, O. ✻, membre de l'Institut, inspecteur général des Mines, directeur de l'École supérieure des Mines.

1886-1888. — **Lavollée**, Charles, ✻, préfet.

1887-1888. — **Debray**, O. ✻, membre de l'Institut, professeur à la Faculté des sciences et à l'École normale supérieure.

1889-1891. — **De Luynes**, Victor, O. ✻, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers.

1889-1891. — **Sébert**, C. ✻, général d'artillerie de marine, administrateur de la Société des Forges et Chantiers de la Méditerranée.

1889-1891. — **Tisserand**, G. O. ✻, conseiller d'État, directeur au Ministère de l'Agriculture.

1889-1891. — **Troost**, O. ✻, membre de l'Institut, professeur à la Faculté des sciences.

1892 (en exercice). **Davanne**, O. ✻, président du Conseil d'administration de la Société française de Photographie.

1892 (en exercice). **Mascart**, C. ✻, membre de l'Institut, professeur au Collège de France, directeur du Bureau central météorologique.

1892 (en exercice). **Pierre** (A.-C.-P.), C. ✻, colonel d'artillerie.

1892 (en exercice). **Roy**, Gustave, C. ✻, président de la Chambre de Commerce de Paris, membre du Comité consultatif des Arts et Manufactures.

Secrétaires généraux.

1801-1843. — Le baron **de Gérando**, C. ✻, pair de France, membre de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1845-1873. — Le baron **Charles Dupin**, G. O. ✻, pair de France, député, sénateur, membre de l'Institut, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers, membre de la Société centrale d'Agriculture de France.

Secrétaires.

1802-1844. — **Cl. Anth. Costaz**, chef de division au Ministère de l'Intérieur.

1802-1811. — **Mathieu de Montmorency**.

1812-1815. — **Mérimée**, ✻, artiste peintre, secrétaire perpétuel de l'École des Beaux-Arts.

1816-1844. — **Jomard**, O. ✻, membre de l'Institut, conservateur administrateur de la Bibliothèque nationale.

1845-1872. — **Combes**, C. ✻, membre de l'Institut, inspecteur général des Mines, directeur de l'École supérieure des Mines, membre de la Société centrale d'Agriculture de France.

1845-1846. — **Frémy**, O. ✻, membre de l'Institut, professeur à l'École polytechnique et au Muséum d'histoire naturelle.

1847-1889. — **Péligot** (E.), G. O. ✻, membre de l'Institut, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers, directeur des essais à la direction générale des Monnaies.

1873-1886. — **Ch. de Laboulaye** ✻, ancien élève de l'École polytechnique.

1887 (en exercice). **Collignon** (Ed.), O. ✻, inspecteur général des Ponts et Chaussées, inspecteur de l'École des Ponts et Chaussées.

1890 (en exercice). **Girard**, Aimé, O. ✻, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers.

Trésoriers.

1801-1813. — **Delaroche**, notaire.

1814-1826. — **De Montamant**, O. ✻, membre du Conseil général du département de la Seine, administrateur des Tontines.

1827-1856. — **Agasse**, ✻, notaire.

1857-1864. — **Le Tavernier**, notaire.

1865 (en exercice). **Goupil de Préfeln**, ✻.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Censeurs.

1803-1804. — **Duquesnoy**, membre de la Société centrale d'Agriculture de France.

1803-1804. — **Vincent**, ✻, membre de l'Institut.

1805-1807. — **Cambry**, préfet, membre de la Société centrale d'Agriculture de France.

1805-1807. — **Gallois**, membre du tribunat.

1808-1809. — Le comte **Colchen**, O.✻, pair de France.
1812-1815.

1808-1808. — **Garan de Coulon**, G. C. ✻, sénateur, membre de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres.

1809-1809. — **Chaslon**, ✻, administrateur des Douanes.

1810-1811. — **Néri-Corsini**, ✻, conseiller d'État.

1810-1811. — **Sivard de Beaulieu**, ✻, administrateur général des Monnaies.

1812-1815. — Le comte **Laumond**, C. ✻, conseiller d'État, directeur général des Mines.

1816-1823. — Le baron **Becquey**, O. ✻, conseiller d'État, directeur général des Ponts et Chaussées et des Mines.

1816-1816. — Le comte **Alexandre de La Borde**, O. ✻, membre de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres, député, maître des requêtes.

1817-1826. — Le duc **de La Rochefoucauld-Liancourt**, O. ✻, pair de France, membre correspondant de l'Institut.

1824-1826. — Le duc **de Cadore**, G. C. ✻, pair de France.

1827-1846. — Le duc **de Montmorency**, C. ✻, pair de France.

1827-1840. — Le duc **de Praslin**, C. ✻, pair de France.

1841-1852. — Le vicomte **Héricart de Thury**, O, ✻, membre de l'Institut, inspecteur général des mines, conseiller d'État, membre de la Société centrale d'Agriculture de France.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1847-1853. — **Olivier** (Théodore), O. ✻, professeur à l'École centrale des Arts et Manufactures et à l'École polytechnique, administrateur du Conservatoire des Arts et Métiers.

1848-1862. — **Jomard**, O. ✻, membre de l'Institut, conservateur administrateur de la Bibliothèque nationale.

1854-1862. — **Poncelet**, G. O. ✻, général de division, membre de l'Institut.

1863-1872. — **Ch. de Laboulaye**, ✻, ancien élève de l'École polytechnique.

1863-1867. — **De Valois**, O. ✻, banquier, régent de la Banque de France.

1868-1869. — **Avril**, C. ✻, inspecteur général des Ponts et Chaussées.

1870-1875. — **Becquerel** (E.), C. ✻, membre de l'Institut, professeur administrateur du Muséum d'histoire naturelle, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers.

1873-1878. — **Legentil** (A.-L.), ✻, membre du Comité consultatif des Arts et Manufactures.

1876-1887. — **Mengin-Lecreulx**, G. O. ✻, général de division.

1879-1884. — Le comte **de Mony-Colchen**, ✻, conseiller-maître à la Cour des Comptes.

1885-1885. — **Dailly** (Adolphe), O. ✻, membre de la Société centrale d'Agriculture de France.

1886 (en exercice). **Legrand** (Al.), secrétaire de la Société des amis des sciences.

1888 (en exercice). **Bordet**, inspecteur des Finances, ancien élève de l'École polytechnique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LISTE DES MEMBRES DU CONSEIL

DEPUIS LA FONDATION DE LA SOCIÉTÉ

LE 27 BRUMAIRE AN X (18 NOVEMBRE 1801) (1)

1801-1812. — Le baron **Arnould** (Com.), ✵, membre du tribunat, conseiller-maître des comptes.

1801-1834. — **Baillet de Belloy** (Méc.), ✵, inspecteur divisionnaire des Mines.

1801-1819. — **Bardel** (Méc.), ✵, membre du Comité consultatif des Arts et Manufactures.

1801-1806. — Le comte **Berthollet** (Chim.), G. C. ✵, pair de France, membre de l'Institut.

1801-1806. — **Bertrand** (Com.), membre du Conseil général d'Agriculture, Arts et Commerce.

1801-1807. — **De Candolle** (Écon.), membre de la Société philomathique.

1801-1806. — **Cels** (Agric.), membre de l'Institut, membre du Conseil général d'Agriculture, Arts et Commerce.

1801-1832. — Le comte **Chaptal**, G. C. ✵, *président*, pair de France, membre de l'Institut.

1801-1816. — **Collet-Desgostils** (Chim.), inspecteur divisionnaire des Mines.

1801-1805. — **Conté** (Méc.), démonstrateur au Conservatoire des Arts et Métiers.

(1) Les abréviations suivantes entre parenthèses indiquent les Commissions et les Comités auxquels chacun des membres est attaché :

(Fonds), commission des fonds.
(Méc.), comité des arts mécaniques.
(Chim.), comité des arts chimiques.
(Écon.), comité des arts économiques.
(Agric.), comité d'agriculture.
(Com.), comité de commerce.
(Const. et B.-A.), comité des constructions et des beaux-arts.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1801-1816. — Le baron **Costaz** (Écon.), O. ✻, membre du tribunat, intendant des bâtiments de la Couronne, conseiller d'État.

1801-1813. — **Delaroche**, *trésorier*, notaire.

1801-1827. — Le baron **Delessert**, Benjamin (Écon.), O. ✻, député, membre de l'Institut, régent de la Banque de France.

1801-1828. — Le comte **François de Neufchâteau** (Agric.), G. C. ✻, ministre, député, sénateur, membre de l'Académie française, président de la Société centrale d'Agriculture de France.

1801-1805. — **Frochot**, *vice-président*, C. ✻, conseiller d'État, préfet du département de la Seine.

1801-1843. — Le baron **de Gérando**, C. ✻, *secrétaire général*, pair de France, membre de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres.

1801-1816. — Le baron **Guyton de Morveau** (Chim.), O. ✻, *vice-président*, membre de l'Institut, administrateur général des Monnaies.

1801-1839. — **Huzard** (Agric.), ✻, membre de l'Institut, inspecteur général des Écoles vétérinaires; président de la Société centrale d'Agriculture de France.

1801-1850. — Le comte **de Lasteyrie** (Agric.), ✻, *vice-président*, membre de la Société centrale d'Agriculture de France.

1801-1811. — **Magnien** (Com.), administrateur des Douanes.

1801-1832. — **Molard** aîné (Méc.), ✻, membre de l'Institut, administrateur du Conservatoire des Arts et Métiers, membre du Comité consultatif des Arts et Manufactures.

1801-1810. — **Montgolfier** (Écon.), membre de l'Institut, démonstrateur au Conservatoire, membre du Conseil général d'Agriculture, Arts et Commerce.

1801-1813. — **Parmentier** (Écon.), O. ✻, inspecteur général du service de santé militaire.

1801-1803. — **Perregaux** (Fonds), sénateur, régent de la Banque de France

1801-1821. — **Périer**, Scipion (Chim.), ✻, banquier, membre du Comité consultatif des Arts et Manufactures.

1801-1820. — Le baron **Petit de Beauverger** (Fonds), ✻, député, membre de la Société centrale d'Agriculture de France.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1801-1805. — **Récamier** (Fonds), banquier.

1801-1807. — Le comte **Regnaud de Saint-Jean-d'Angely** (Com.), G. C. ✻, conseiller d'État.

1801-1803. — **Saint-Aubin** (Com.), membre du tribunat.

1801-1851. — Le baron **de Silvestre** (Agric.), ✻, membre de l'Institut, secrétaire perpétuel de la Société centrale d'Agriculture de France.

1801-1838. — **Tessier** (Agric.), ✻, membre de l'Institut, secrétaire perpétuel de la Société centrale d'Agriculture de France.

1801-1827. — **Vauquelin** (Chim.), ✻, membre de l'Institut, administrateur du Muséum d'histoire naturelle.

1802-1807. — **Arnould** jeune (Com.), chef du bureau du Commerce au Ministère de l'Intérieur.

1802-1807. — **D'Aubigny**, Richard (Agric.), administrateur des Hospices civils, membre de la Société centrale d'Agriculture de France.

1802-1828. — **Bosc** (Agric.), ✻, membre de l'Institut, administrateur du Muséum d'Histoire naturelle, membre de la Société centrale d'Agriculture de France.

1802-1847. — **Bouriat** (Écon.), pharmacien, membre de l'Académie de médecine.

1802-1826. — **De Brillat-Savarin** (Fonds), ✻, conseiller à la Cour de cassation.

1802-1807. — **Cadet de Vaux** (Écon.), membre du Conseil général d'Agriculture, Arts et Commerce.

1802-1825. — Le baron **De Chassiron** (Agric.), ✻, membre du tribunat, conseiller-maître des comptes, membre de la Société centrale d'Agriculture de France.

1802-1845. — **Costaz**, Cl.-Anth. (Com.), *secrétaire*, chef de division au Ministère de l'Intérieur.

1802-1806. — **Descroisilles** (Chim.), chimiste, manufacturier à Rouen.

1802-1806. — **Fourcroy** (Chim.), C. ✻, conseiller d'État, directeur général de l'Instruction publique.

1802-1806. — **Fréville** (Com.), membre du tribunat.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1802-1814. — **Journu-Aubert**, comte DE TUSTAL (Com.), C. ✵, sénateur.

1802-1803. — **Laville-Leroux** (Fonds), sénateur.

1802-1837. — **Mérimée** (Chim.), ✵, *secrétaire*, peintre, secrétaire perpétuel de l'École des Beaux-Arts.

1802-1811. — **De Montmorency**, MATHIEU, *secrétaire*.

1802-1832. — Le marquis **de Pastoret** (Fonds), G. C. ✵, chancelier de France, membre de l'Académie française et de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres.

1802-1807. — **Pernon**, CAMILLE (Méc.), membre du tribunat, fabricant à Lyon.

1882-1819. — **Périer** (Méc.), membre de l'Institut, membre du Conseil général du département de la Seine.

1802-1814. — **Pictet**, S.-P. (Écon.), ✵, membre du tribunat, inspecteur général de l'Université.

1802-1827. — Le baron **de Prony** (Méc.), O. ✵, membre de l'Institut, inspecteur général, directeur de l'École des Ponts et Chaussées.

1802-1811. — **Rouillé de l'Étang** (Fonds), ✵, président du Conseil général du département de la Seine.

1802-1805. — **Savoye-Rollin** (Fonds), membre du tribunat, membre du Conseil général d'Agriculture, Arts et Commerce.

1802-1810. — Le comte **Sers** (Fonds), C. ✵, sénateur.

1802-1811. — **Swediaur** (Agric.), médecin, membre de la Société centrale d'Agriculture de France.

1802-1833. — Le baron **Ternaux** (Méc.), O. ✵, député, membre du Conseil général des Manufactures.

1802-1861. — **Vilmorin** aîné (Agric.), ✵, membre de l'Institut, membre de la Société centrale d'Agriculture de France.

1802-1807. — **Yvart** (Agric.), professeur à l'École vétérinaire d'Alfort, membre de la Société centrale d'Agriculture de France.

1803-1844. — **D'Arcet** (Chim.), O. ✵, membre de l'Institut, inspecteur général des essais à la Monnaie.

1803-1824. — **Bréguet** (Méc.), ✵, membre de l'Institut, horloger.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1803-1806. — **Brongniart** (Chim.), directeur de la Manufacture nationale de porcelaine à Sèvres.

1803-1831. — Le baron **Coquebert de Montbret** (Com.), ✻, membre de l'Institut, maître des requêtes, membre de la Société centrale d'Agriculture de France.

1803-1814. — **Dupont de Nemours** (Com.), *vice-président*, membre de l'Institut, conseiller d'État.

1803-1805. — **Duquesnoy** (Fonds), *censeur*, membre de la Société centrale d'Agriculture de France.

1803-1805. — **Duvidal**, marquis DE MONTFERRIER (Fonds), ✻, membre du tribunat, conseiller-maître des comptes.

1803-1810. — **Gau** (Fonds), C. ✻, conseiller d'État, chef de la division de comptabilité au Ministère de la Guerre.

1803-1806. — **Grossart de Virly** (Écon.).

1803-1805. — **Méjean** (Fonds), secrétaire général de la préfecture du département de la Seine.

1803-1845. — Le baron **Thénard** (Chim.), G. O. ✻, *président*, pair de France, membre de l'Institut, vice-président du Conseil de l'Instruction publique.

1803-1809. — **Van Hulthem** (Écon.), ✻, membre du tribunat.

1803-1804. — **Vincent** (Fonds), ✻, *censeur*, membre de l'Institut.

1804-1811. — **Audibert**, DOMINIQUE (Com.), membre du Conseil général du Commerce.

1804-1806. — **Bresson** (Com.), chef de division au Ministère des Relations extérieures.

1804-1806. — **Cuvier** aîné (Agric.), secrétaire perpétuel de l'Institut national.

1804-1806. — **Cuvier**, FRÉDÉRIC (Écon.), ✻, inspecteur de la ménagerie du Jardin des Plantes.

1804-1827. — Le baron **Davillier** (Com.), ✻, banquier, membre du Conseil général du département de la Seine.

1804-1811. — **Donnant** (Écon.), chef de la Comptabilité nationale, homme de lettres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1804-1834. — **Gillet de Laumont** (Écon.), O. ✵, membre de l'Institut, inspecteur général des Mines, membre de la Société centrale d'Agriculture de France.

1804-1807. — **Grivel** (J.-L.) (Fonds), négociant.

1804-1806. — **Paroletti** (Chim.), membre de l'Académie de Turin.

1804-1817. — **Perrée** (Com.), C. ✵, membre du tribunat, conseiller-maître des Comptes.

1805-1825. — **Boulard**, père (Fonds), ✵, notaire.

1805-1812. — Le comte **Cambiaso** (Com.), O. ✵, sénateur.

1805-1807. — **Cambry** (Écon.), *censeur*, préfet, membre de la Société centrale d'Agriculture de France.

1805-1807. — **Gallois** (Fonds), *censeur*, membre du tribunat.

1805-1821. — **Gay-Lussac** (Écon.), ✵, membre de l'Institut, membre du Comité consultatif des Arts et Manufactures.

1805-1810. — **Girard** (Méc.), ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

1805-1819. — **Moreau de Saint-Méry** (Agric.), C. ✵, conseiller d'État, membre de la Société centrale d'Agriculture de France.

1805-1809. — **Soufflot** aîné (Fonds), député.

1805-1827. — **Vital Roux** (Com.), ✵, membre de la Chambre de Commerce de Paris, régent de la Banque de France.

1806-1819. — **Anfrye** (Chim.), inspecteur général des Essais à la Monnaie.

1806-1851. — **Boullay** (Chim.), O. ✵, pharmacien, membre de l'Académie de Médecine.

1806-1822. — **Cadet de Gassicourt** (Chim.), ✵, pharmacien, membre du Collège royal de Pharmacie.

1806-1817. — **Decrétot** (Com.), ✵, manufacturier, administrateur de la Caisse d'amortissement.

1806-1810. — **Delanz** (Méc.), commissaire des guerres au service de S. M. catholique, professeur à l'École des Ponts et Chaussées.

1806-1827. — **Delunel** (Écon.), pharmacien.

1806-1816. — **Gengembre** (Méc.), inspecteur général des monnaies.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1806-1823. — Le marquis **de Grave** (Écon.), ✻, gouverneur des enfants de S. A. S. Mgr le duc d'Orléans, pair de France, maréchal de camp.

1806-1812. — **De Récicourt** (Méc.), O. ✻, colonel du génie.

1806-1837. — **Roard** (Chim.), ✻, directeur des Teintures des Manufactures impériales aux Gobelins, fabricant de céruse à Clichy, membre du Comité consultatif des Arts et Manufactures.

1806-1807. — **Sokolnicky** (Méc.), général de brigade.

1806-1812. — **Sureau** (Écon.), pharmacien.

1807-1824. — **Ampère** (Méc.), ✻, membre de l'Institut, inspecteur général de l'Université.

1808-1832. — **Baudrillart** (Agric.), ✻, chef de division à l'Administration des forêts, membre de la Société centrale d'Agriculture de France.

1808-1816. — Le comte **Colchen** (Fonds), O. ✻, *censeur*, pair de France.

1808-1817. — **Doumerc** (Com.), banquier.

1808-1817. — Le comte **Garan de Coulon** (Fonds), G. C. ✻, *censeur*, sénateur, membre de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres.

1808-1816. — **Lombard** (Agric.), propriétaire, membre de la Société centrale d'Agriculture de France.

1808-1810. — **De Paroy** (Écon.).

1808-1816. — Le comte **Saint-Martin Lamotte** (Fonds), C. ✻, sénateur.

1809-1827. — **Chaslon** (Fonds), ✻, *censeur*, administrateur des Douanes.

1809-1816. — **Fournel** (Fonds), jurisconsulte.

1809-1819. — **Taillepied de Bondy** (Chim.), O. ✻.

1809-1811. — **Tollard** aîné (Agric.), pépiniériste.

1810-1814. — **Bruun-Neergaard** (Écon.), gentilhomme de la Chambre de S. M. le roi de Danemark.

1810-1831. — Le chevalier **Challan** (Agric.), O. ✻, député, membre de la Société centrale d'Agriculture de France.

1810-1814. — **Collier**, James (Écon.), mécanicien.

1810-1811. — **Correa de Serra** (Écon.), membre de la Société centrale d'Agriculture de France.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1810-1811. — **Devezeaux de Rancongne** (Écon.), propriétaire.

1810-1816. — **Gaultier** (Méc.), professeur au Conservatoire des Arts et Métiers.

1810-1811. — **Hachette** (Méc.), professeur à l'École polytechnique.

1810-1820. — **Montgolfier** (Méc.), membre du bureau consultatif des Arts et Manufactures, ingénieur mécanicien, directeur de la fonderie de Chaillot.

1810-1811. — **Neri-Corsini** (Fonds), ✻, *censeur*, conseiller d'État.

1810-1811. — **Rousseau** (Méc.), négociant.

1810-1826. — **Sivard de Beaulieu** (Com.), ✻, *censeur*, administrateur général des monnaies.

1812-1817. — **Clément** (Chim.), chimiste manufacturier.

1812-1816. — Le comte **Laumond** (Fonds), C. ✻, *censeur*, conseiller d'État, directeur général des Mines.

1812-1827. — **De Montamant** (Fonds), O. ✻, *trésorier*, membre du Conseil général du département de la Seine, administrateur des Tontines.

1812-1814. — Le comte **de Rumford** (Com.), correspondant de l'Institut.

1813-1827. — **D'Artigues** (Chim.), ✻, fabricant de cristaux, membre du Conseil général des manufactures.

1813-1813. — **Portal** (Com.), maître des requêtes.

1814-1814. — **Boutard** (Écon.), bibliothécaire de l'École des Ponts et Chaussées.

1814-1832. — **Humblot-Conté** (Méc.), député, fabricant de crayons.

1814-1823. — **Robert** (Écon.), directeur de l'établissement de la cuisson des abatis à l'île des Cygnes.

1814-1827. — **Tarbé de Vauxclairs** (Méc.), O. ✻, maître des requêtes, inspecteur général des Ponts et Chaussées.

1815-1827. — Le comte **Abrial** (Fonds), O. ✻, pair de France.

1815-1837. — **Bellangé** (Com.), ✻, manufacturier, membre du Conseil général des manufactures.

1815-1827. — **De Pérignon** (Fonds), ✻, avocat, membre du Conseil général du département de la Seine.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1815-1826. — **Say** (J.-B.) (Écon.), professeur d'Économie politique au Conservatoire des Arts et Métiers.

1816-1824. — Le baron **Becquey** (Fonds), O. ✻, *censeur*, conseiller d'État, directeur général des Ponts et Chaussées et des Mines.

1816-1822. — **Boscheron** (Fonds), O. ✻, membre du Conseil général du département de la Seine.

1816-1829. — **Christian** (Écon.), ✻, directeur du Conservatoire des Arts et Métiers.

1816-1842. — **Derosne**, Ch. (Écon.), ✻, pharmacien, membre de l'Académie de médecine.

1816-1822. — Le baron **Dufougerais** (Com.), O. ✻, député, directeur général de la Caisse d'amortissement.

1816-1827. — Le baron **Gauthier de Brécy** (Com.), ✻, lecteur du Roi

1816-1819. — **Girod de Novilars** (Fonds), O. ✻, colonel du génie.

1816-1853. — Le vicomte **Héricart de Thury** (Méc.), O. ✻, *censeur*, membre de l'Institut, conseiller d'État, inspecteur général des Mines, membre de la Société centrale d'Agriculture de France.

1816-1863. — **Jomard**, O. ✻, *secrétaire*, *censeur*, membre de l'Institut, conservateur administrateur de la Bibliothèque nationale.

1816-1827. — Le comte **Alexandre de La Borde** (Fonds), O. ✻, *censeur*, membre de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres, député, maître des requêtes.

1816-1839. — Le duc **de La Rochefoucauld-Doudeauville**, O. ✻, *vice-président*, pair de France, ministre de la Maison du Roi, membre de la Société centrale d'Agriculture de France.

1816-1822. — **Mirbel** (Agric.), ✻, membre de l'Institut, secrétaire général du Ministère de l'Intérieur, membre de la Société centrale d'Agriculture de France.

1817-1849. — **Bréant** (Chim.), ✻, directeur des essais à la Monnaie.

1817-1820. — **Delile** (Agric.), docteur-médecin.

1817-1845. — **Francœur** (Méc.), ✻, *vice-président*, membre de l'Institut, professeur à la Faculté des sciences, membre de la Société centrale d'Agriculture de France.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1817-1817. — Le comte **Jollivet** (Com.).

1817-1827. — Le duc **de La Rochefoucauld-Liancourt** (Écon.), C. ✻, *censeur*, pair de France, membre correspondant de l'Institut.

1817-1830. — **Pajot-Descharmes** (Méc.), membre du Comité consultatif des Arts et Manufactures.

1817-1827. — Le baron **Poisson** (Méc.), ✻, membre de l'Institut, membre du Conseil de l'Instruction publique.

1818-1840. — **Bérard** (Com.), ✻, conseiller d'État, directeur général des Ponts et Chaussées.

1818-1842. — Le baron **Cagniard de Latour** (Écon.), ✻, ingénieur mécanicien.

1818-1830. — **Laffon de Ladébat** (Com.), ✻, député.

1818-1832. — Le baron **de Lavigerie** (Com.), ✻, inspecteur général des Douanes.

1818-1825. — **Regnier** (Méc.), ✻, ingénieur mécanicien, membre du Comité consultatif des Arts et Manufactures.

1819-1840. — **Labbé** aîné (Agric.), membre de la Société centrale d'Agriculture de France.

1819-1848. — Le baron **de Ladoucette** (Fonds), O. ✻, préfet, député, membre de la Société centrale d'Agriculture de France.

1820-1827. — Le duc **de La Vauguyon** (Fonds), C. ✻, pair de France, lieutenant général.

1820-1825. — **Leroy** (Fonds), ✻, consul de France.

1820-1848. — **Vallot** (Écon.), ✻, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, professeur à l'école des Ponts et Chaussées.

1821-1834. — **Hachette** (Méc.), ✻, membre de l'Institut, professeur à la Faculté des sciences.

1821-1829. — **Molard** jeune (Méc.), directeur du Conservatoire des Arts et Métiers.

1821-1842. — **Pelletier** (Chim.), ✻, membre de l'Institut, pharmacien, membre de l'Académie de médecine.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1821-1840. — **Robiquet** (Chim.), ✻, membre de l'Institut, membre de l'Académie de médecine, professeur à l'École de pharmacie.

1822-1825. — Le comte **Bigot de Préameneu** (Fonds), G. O. ✻, membre de l'Académie française.

1822-1847. — **Bordier-Dubignon** (Fonds), ✻, peintre d'histoire.

1822-1827. — **Delessert**, François (Com.), banquier, membre du Conseil général du Commerce.

1822-1827. — **Despretz** (Chim.), examinateur à l'École polytechnique.

1822-1866. — **Michelin**, Hardouin (Fonds), ✻, conseiller référendaire à la Cour des Comptes.

1822 1872. — **Payen** (Chim.), C. ✻, membre de l'Institut, secrétaire perpétuel de la Société centrale d'Agriculture de France, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers et à l'École centrale des Arts et Manufactures.

1823-1849. — **Labarraque** (Écon.), ✻, pharmacien, membre de l'Académie de médecine.

1824-1828. — **Bréguet** (Méc.), horloger.

1824-1827. — Le duc **de Cadore** (Fonds), G. C. ✻, *censeur*, pair de France.

1824-1854. — **Mallet**, Ch. (Méc.), O. ✻, inspecteur général des Ponts et Chaussées.

1824-1835. — Le comte **Alexis de Noailles** (Fonds), C. ✻, ministre d'État, député.

1825-1856. — **Agasse** (Fonds), ✻, *trésorier*, notaire.

1825-1867. — **Gaultier de Claubry** (Chim.), O. ✻, membre de l'Académie de médecine, professeur à l'École polytechnique et à l'École de pharmacie.

1825-1832. — **Lepère** (Fonds), ✻, inspecteur divisionnaire des Ponts et Chaussées.

1825-1849. — **Molinier de Montplanqua** (Fonds), O. ✻, doyen des avocats au Conseil du Roi et à la Cour de cassation.

1825-1856. — **Pouillet** (Écon.), O. ✻, député, membre de l'Institut, professeur à la Faculté des sciences, administrateur du Conser vatoire des Arts et Métiers.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1826-1853. — **Bottin** (Com.), ✵, rédacteur de l'Almanach du commerce, membre de la Société centrale d'Agriculture de France.

1826-1841. — Le prince **de Craon** (Écon.), ✵.

1826-1842. — **Gambey** (Méc.), ✵, membre de l'Institut, ingénieur en instruments de mathématiques.

1826-1856. — **Gourlier** (Écon.), ✵, architecte du Gouvernement, secrétaire du Conseil des bâtiments civils.

1827-1835. — **Bertin** (Com.), ✵, négociant, commissaire du Gouvernement pour la vérification des marchandises étrangères.

1827-1854. — Le baron **Busche** (Com.), ✵, préfet, membre de la Société centrale d'Agriculture de France et du Conseil général des manufactures.

1827-1851. — Le duc **de Mirepoix** (Fonds), ✵, pair de France.

1827-1847. — Le duc **de Montmorency** (Fonds), C. ✵, *censeur*, pair de France.

1827-1832. — Le baron **de Mortemart-Boisse** (Agric.), ✵.

1827-1841. — Le vicomte **Posuel de Vernaux** (Fonds), ✵, membre de la Société centrale d'Agriculture de France.

1827-1841. — Le duc **de Praslin** (Fonds), C. ✵, *censeur*, pair de France.

1827-1831. — **Rey** (Com.), ✵, fabricant de schalls.

1828-1867. — **Darblay** (Agric.), O. ✵, *vice-président*, député, membre de la Société centrale d'Agriculture de France.

1828-1878. — **Huzard** (Agric.), O. ✵, membre de l'Académie de médecine et de la Société centrale d'Agriculture de France.

1828-1857. — **Péclet** (Écon.), O. ✵, inspecteur général de l'Université, professeur à l'École centrale des Arts et Manufactures.

1829-1867. — **Benoit** (Méc.), ✵, capitaine d'état-major, professeur à l'École centrale des Arts et Manufactures et à l'École d'application d'État-major.

1829-1884. — **Dumas**, J.-B. (Chim.), *vice-président*, *président*, G. C. ✵, membre de l'Académie française, secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1829-1851. — Le comte **de Lambel** (Méc.), C. ✻, maréchal de camp.

1829-1833. — **De Puymaurin** (Écon.), ✻, directeur de la Monnaie royale des Médailles.

1830-1873. — **Bussy** (Chim.), O. ✻, membre de l'Institut, membre de l'Académie de médecine, directeur de l'École de pharmacie.

1830-1832. — **Vincens**, Émile (Fonds), ✻, maître des requêtes, chef de division au Ministère de l'Intérieur.

1831-1873. — **Amédée-Durand** (Méc.), *vice-président*, ✻ ingénieur, membre de la Société centrale d'Agriculture de France.

1831-1837. — **D'Arcet**, Félix (Chim.), ✻, docteur en médecine.

1831-1879. — **Chevallier** (Chim.), O. ✻, membre de l'Académie de médecine, professeur à l'École de pharmacie.

1831-1834. — Le baron **Guenifey de Savonnières** (Com.), ✻, membre du Conseil général des Manufactures.

1831-1847. — **Legentil** (Com.), ✻, député, manufacturier, membre du Comité consultatif des Arts et Manufactures.

1831-1849. — **Olivier**, Théodore (Méc.), *censeur*, O. ✻, professeur à l'École centrale des Arts et manufactures et à l'École polytechnique, administrateur du Conservatoire des Arts et Métiers.

1831-1861. — **Saulnier**, J.-F. (Méc.) ✻, ingénieur mécanicien à la Monnaie, membre du Conseil général des manufactures.

1831-1848. — **Vauvilliers** (Fonds), *vice-président*, O. ✻, inspecteur général des Ponts et Chaussées.

1832-1841. — Le comte **Chabrol de Volvic** (Méc.), G. O. ✻, membre de l'Institut.

1832-1849. — **Desgranges** (Com.), ✻, négociant.

1832-1869. — **Herpin** (Écon.), docteur en médecine.

1832-1854. — Le duc **Raoul de Montmorency** (Fonds), O. ✻.

1832-1843. — **Morin de Sainte-Colombe** (Fonds), ✻, membre de la Société centrale d'Agriculture de France.

1832-1833. — **Noel** (Fonds), ✻, notaire.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1832-1839. — **Pelouze.** (Chim.), ✵, membre de l'Institut, essayeur à la Monnaie.

1832-1843. — **Soulange-Bodin** (Agric.), ✵, secrétaire perpétuel de la Société centrale d'Agriculture de France.

1832-1843. — **Warden** (Com.), consul des États-Unis, membre correspondant de l'Institut.

1833-1840. — **Huerne de Pommeuse** (Agric.), ✵, membre de la Société centrale d'Agriculture de France.

1833-1842. — **De La Morinière** (Méc.), ✵, ingénieur de la Marine, membre du Comité consultatif des Arts et Manufactures.

1833-1841. — **Persoz** (Chim.), professeur de chimie à Strasbourg.

1833-1844. — Le comte **de Rambuteau** (Agric.), C. ✵, pair de France, préfet du département de la Seine, membre de la Société centrale d'Agriculture de France.

1833-1875. — Le baron **A. Séguier** (Méc.), *vice-président*, O. ✵, membre de l'Institut, conseiller à la Cour de Paris, membre de la Société centrale d'Agriculture de France.

1834-1842. — Le baron **L. Costaz** (Com.), O. ✵, membre de l'Institut.

1835-1847. — **De Marivault** (Com.), ✵, secrétaire d'ambassade.

1835-1850. — Le comte **de Perrochel** (Fonds).

1836-1881. — **Péligot**, E. (Chim.), *secrétaire*, G. O. ✵, membre de l'Institut, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers, directeur des essais de la direction générale des Monnaies.

1837-1844. — **Leclerc-Thouin**, Oscar (Agric.), ✵, secrétaire perpétuel de la Société centrale d'Agriculture de France.

1837-1844. — **Thomas** (Com.), ✵, directeur de l'Entrepôt du Marais.

1839-1871. — **Combes** (Méc.), C. ✵, *secrétaire*, membre de l'Institut, inspecteur général des Mines, professeur à l'École supérieure des Mines, membre de la Société centrale d'Agriculture de France.

1839-1850. — **Magendie** (Chim.), O. ✵, membre de l'Institut, professeur au Collège de France.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1840-1867. — **Calla** (Méc.), ✵, ingénieur mécanicien, membre du Conseil général des Manufactures, membre de la Chambre de Commerce de Paris.

1840-1849. — **Dailly** (Agric.), ✵, membre de la Société centrale d'Agriculture de France.

1840-1853. — **Delambre** (Com.), ✵, chef de la division des Arts et Manufactures au Ministère du Commerce.

1840-1853. — **Dizé** (Écon.), ✵, chimiste manufacturier, membre de l'Académie de Médecine.

1840-1873. — **Frémy** (Chim.), O. ✵, *secrétaire*, membre de l'Institut, professeur à l'École polytechnique et au Muséum d'histoire naturelle.

1840-1847. — Le comte **de Gasparin** (Agric.), G. O. ✵, *vice-président*, ministre, pair de France, membre de l'Institut, membre de la Société centrale d'Agriculture de France.

1840-1845. — **Guérin-Vary** (Chim.), maître de Conférences à l'École normale supérieure.

1840-1867. — Le baron **Ed. de Silvestre** (Écon.), ancien élève de l'École polytechnique.

1840-1863. — **Trébuchet** (Écon.), O. ✵, membre de l'Académie de Médecine, chef de bureau à la préfecture de police, secrétaire du Conseil d'hygiène et de salubrité.

1842-1854. — **De Colmont** (Com.), O. ✵, inspecteur général des finances, secrétaire général du Ministère des finances.

1842-1884. — Le comte **de Mony-Colchen** (Fonds), ✵, *censeur*, conseiller maître à la Cour des Comptes.

1843-1857. — **Gautier** (Fonds), O. ✵, sénateur, sous-gouverneur de la Banque de France.

1843-1850. — **Philippar** (Agric.), directeur du Jardin des plantes de Versailles, professeur à l'École d'agriculture de Grignon, membre de la Société centrale d'Agriculture de France.

1843-1867. — **De Valois** (Fonds), O. ✵, *censeur*, banquier, régent de la Banque de France.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1844-1875. — **Balard** (Chim.), C. ✻, *vice-président*, membre de l'Institut, professeur de chimie au Collège de France.

1844-1848. — **Brongniart** (Chim.), C. ✻, membre de l'Institut, directeur de la manufacture de porcelaine de Sèvres.

1844-1873. — **Cahours** (Chim.), O. ✻, membre de l'Institut, examinateur à l'École polytechnique, essayeur à la Monnaie.

1844-1861. — **Le Chatelier** (Méc.), ✻, ingénieur en chef des Mines.

1844-1867. — **Gaulthier de Rumilly** (Com.), ✻, député, conseiller d'État.

1844-1850. — **Mallet**, Alph. (Fonds), banquier.

1845-1873. — Le baron **Ch. Dupin**, G. O. ✻, *secrétaire général*, pair de France, député, sénateur, membre de l'Institut, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers, membre de la Société centrale d'Agriculture de France.

1845-1849. — **Kerris** (Méc.), ✻, ingénieur de la Marine.

1845-1880. — **Moll** (Agric.), O. ✻, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers, membre de la Société centrale d'Agriculture de France.

1846-1891. — **Becquerel**, Ed. (Écon.), C. ✻, *censeur*, *vice-président*, *président*, membre de l'Institut, professeur administrateur du Muséum d'histoire naturelle, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers.

1846-1867. — **Biétry** (Com.), O. ✻, manufacturier, président du Conseil des prud'hommes.

1846-1875. — **Brongniart**, Ad. (Agric.), C. ✻, membre de l'Institut, professeur au Muséum d'histoire naturelle, membre de la Société centrale d'Agriculture de France.

1846-1868. — **Chapelle** (Com.), ✻, ingénieur mécanicien.

1846-1853. — **Ebelmen** (Chim.), ✻, ingénieur des Mines, directeur de la Manufacture nationale de porcelaine de Sèvres, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers.

1846-1854. — **Féray**, Ernest (Méc.), O. ✻, député, sénateur, membre du Conseil général des Manufactures.

1846-1884. — Le baron **Thénard**, Paul, *vice-président*, ✻, membre de l'Institut.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1847-1876. — **Alcan** (Méc.), O. ✻, ingénieur civil, professeur à l'École Centrale et au Conservatoire des Arts et Métiers.

1847-1884. — Le baron **Baude**, Alph. (Méc.), *vice-président*, O. ✻, inspecteur général des Ponts et Chaussées.

1847-1855. — **Barre** (Écon.), O. ✻, graveur général des Monnaies.

1847-1886. — **Le Blanc**, Félix, *censeur*, *vice-président*, ✻, ingénieur civil des mines, professeur à l'École centrale des Arts et Manufactures.

1847-1861. — **Levol** (Chim.), ✻, essayeur à la Monnaie.

1847-1874. — **Priestley**, Ch. (Econ.), répétiteur à l'École centrale des Arts et Manufactures.

1848-1861. — **Vauvilliers** (Fonds), O. ✻, conseiller d'État.

1849-1868. — **Delessert**, Benjamin (Com.), ✻, député, banquier.

1849-1887. — Le baron **de Ladoucette**, E. (Fonds), O. ✻, député.

1849-1859. — **Vilmorin**, Louis (Agric.), ✻, membre de la Société centrale d'Agriculture de France.

1850-1861. — **Boulard** (Fonds), ✻, notaire.

1850-1861. — **Crespel-Dellisse** (Agric.), ✻, membre de la Société centrale d'Agriculture de France.

1850-1878. — **Duméry**, C. J. (Méc.), ingénieur civil.

1850-1863. — **D'Havrincourt** (Agric.), O. ✻, député.

1850-1886. — **De Laboulaye**, Ch. (Méc.), ✻, *censeur*, *secrétaire*, ancien élève de l'École polytechnique.

1850-1856. — Le marquis **de Pastoret**, Amédée (Fonds), C. ✻, sénateur, membre de l'Institut et du Conseil général de l'Assistance publique.

1850-1868. — **Pihet**, Eug. (Méc.), constructeur mécanicien.

1851-1884. — **Barral** (Chim.), C. ✻, secrétaire perpétuel de la Société centrale d'Agriculture de France.

1851-1872. — **Barreswil** (Chim.), O. ✻, professeur de chimie à l'école Turgot, membre du Comité consultatif des Arts et Manufactures.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1851-1875. — **Callon** (Méc.), O. ✻, inspecteur général des Mines, professeur à l'École supérieure des Mines.

1851-1887. — **Dailly**, Ad. (Agric.), O. ✻, *censeur*, membre de la Société centrale d'Agriculture de France.

1851-1875. — **Jacquelain** (Chim.), ingénieur chimiste, préparateur à l'École centrale des Arts et Manufactures.

1851-1882. — **Salvetat** (Chim.), ✻, chef des travaux chimiques à la Manufacture nationale de porcelaine de Sèvres, professeur à l'École centrale des Arts et Manufactures.

1852-1872. — **Clerget** (Écon.), O. ✻, receveur principal des Douanes.

1852-1871. — **Julien** (Com.), O. ✻, directeur au Ministère du Commerce.

1854-1872. — **Godard-Desmarets** (Fonds), O. ✻, administrateur de la Compagnie des verreries et cristalleries de Baccarat.

1854-1869. — **Hurteaux** (Fonds), ✻, docteur en médecine.

1854-1866. — **Jourdier** (Agric.), membre de la Société centrale d'Agriculture.

1854-1865. — **Lainel** (Fonds), O. ✻, membre du Conseil général des Manufactures, inspecteur et officier d'administration principal.

1854-1863. — **Mimerel** (Fonds), C. ✻, sénateur.

1854-1863. — **Poncelet** (Fonds), G. O. ✻, *censeur*, général de division, membre de l'Institut.

1854-1866. — **Silbermann** (Écon.), ✻, conservateur des collections au Conservatoire des Arts et Métiers.

1855-1863. — **Faure** (Méc.), ingénieur civil, professeur à l'École centrale des Arts et Manufactures.

1855-1866. — **Froment** (Méc.), O. ✻, ingénieur en instruments de précision.

1855-1873. — **Philipps** (Méc.), ✻, membre de l'Institut, ingénieur des Mines, professeur à l'École centrale des Arts et Manufactures.

1855-1885. — **Tresca**, H.-E. (Méc.), O. ✻, *vice-président*, membre de l'Institut, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers et à l'École centrale des Arts et Manufactures.

1856-1879. — **Bourgeois** (Agric.), ✻, membre de la Société centrale d'Agriculture de France.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1856 (en exercice). **Block**, Maurice (Com.), ✵, membre de l'Institut.

1856-1880. — **Lissajous** (Écon.), ✵, membre correspondant de l'Institut, recteur d'Académie.

1856-1888. — **Mangon**, Hervé (Agric.), C. ✵, *censeur*, *vice-président*, ministre, député, membre de l'Institut, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, directeur du Conservatoire des Arts et Métiers.

1856-1861. — **Masson** (Écon.), ✵, professeur à la Faculté des sciences.

1856-1884. — Le comte **Du Moncel**, Th., (Écon.), O. ✵, membre de l'Institut, ingénieur électricien de l'Administration des lignes télégraphiques.

1856-1867. — **Trélat** (Écon.), ✵, député, ingénieur architecte, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers.

1857-1865. — **Le Tavernier** (Fonds), *trésorier*, notaire.

1858-1863. — **Christofle**, Ch. (Com.), ✵, manufacturier, président de l'Association pour l'adoption de la marque de fabrique.

1858 (en exercice). **Rondot**, Natalis (Com.), C. ✵, délégué de la Chambre de commerce de Lyon.

1859-1875. — **Cavé** aîné (Méc.), ✵, ingénieur mécanicien.

1859-1869. — **Duchesne** (Écon.), ✵, docteur en médecine, membre du Conseil d'hygiène publique et de salubrité.

1861-1863. — **Hureau de Sénarmont** (Écon.), O. ✵, membre de l'Institut, ingénieur en chef des Mines.

1861-1886. — **Jamin**, J.-C. (Écon.), C. ✵, secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, professeur de physique à la Faculté des Sciences.

1861 (en exercice). **Le Roux**, F.-P. (Écon.), ✵, professeur à l'École de pharmacie.

1861-1869. — **Molinos**, Léon (Écon.), ✵, ingénieur architecte.

1862-1892. — **Péligot**, Henri (Écon.), ✵, ingénieur civil.

1862-1874. — **Lorin** (Fonds), propriétaire.

1862 (en exercice). **De Luynes**, Victor (Chim.), O. ✵, *vice-président*, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1864-1872. — **Blanchet** (Écon.), ✻, ancien élève de l'École polytechnique, membre du tribunal de Commerce.

1864-1870. — **Bois**, Victor (Méc.), ✻, ingénieur civil.

1864-1889. — **Boitel**, A. (Agric.), C. ✻, inspecteur général de l'enseignement agricole.

1864 (en exercice). **Lavollée**, Charles (Com.), ✻, *vice-président*, préfet.

1864 (en exercice). **Chatin** (Agric.), O. ✻, membre de l'Institut, membre de l'Académie de médecine, directeur de l'École de pharmacie.

1864 (en exercice). **Legrand**, Al. (Fonds), *censeur*, négociant, secrétaire de la Société des Amis des sciences.

1864-1870. — **Milliet**, Gratien (Com.), ✻, manufacturier.

1864-1872. — **Fauler** (Fonds), O. ✻, membre de la Chambre de commerce de Paris.

1865-1873. — **Goupil de Préfeln** (Fonds), ✻, *trésorier*.

1866-1882. — **Bella** (Agric.), O. ✻, directeur de l'École d'agriculture de Grignon, membre de la Société centrale d'Agriculture de France.

1866 (en exercice). **Bouilhet**, Henri (Écon.), O. ✻, ingénieur manufacturier.

1866-1883. — **Bréguet**, L.-F.-C. (Méc.), O. ✻, membre de l'Institut.

1866-1870. — Le comte **des Fayères** (Fonds), ✻, secrétaire d'ambassade.

1866 (en exercice). **Heuzé**, G. (Agric.), O. ✻, inspecteur général de l'agriculture, professeur à l'École de Grignon.

1866-1889. — **Legentil**, A.-L. (Com.), ✻, *censeur*, membre du Comité consultatif des Arts et Manufactures.

1866 (en exercice). **Say**, Léon (Com.), ministre, député, membre de l'Académie française et de l'Académie des Sciences morales et politiques.

1866 (en exercice). **Tisserand** (Agric.), G. O. ✻, *vice-président*, *président*, conseiller d'État, directeur au ministère de l'Agriculture.

1866-1887. — **Wolff**, Aug. (Écon.), ✻, ingénieur mauufacturier, fabricant de pianos.

1867-1878. — **Calon**, Paul (Fonds), ✻, consul de Danemark.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1867-1878. — **Devinck** (Fonds), G. O. ✻, député membre du Conseil municipal de Paris, président du tribunal de Commerce.

1867-1887. — **De Fréminville** (Méc.), O. ✻, directeur des constructions navales.

1867-1891. — **Lecœuvre** (Méc.), ✻, ingénieur civil, professeur à l'École centrale des Arts et Manufactures.

1868-1869. — **Avril** (Fonds), C. ✻, *censeur*, inspecteur général des Ponts et Chaussées.

1868-1888. — **Debray** (Chim.), O. ✻, *vice-président*, membre de l'Institut, professeur à la Faculté des sciences et à l'École normale supérieure.

1868-1876. — **Wolowski** (Com.), O. ✻, député, membre de l'Académie des sciences morales et politiques.

1869-1886. — **Bouis**, J. (Chim.), ✻, essayeur à la Monnaie, professeur à l'École de pharmacie.

1869 (en exercice). **Christofle**, Paul (Com.), O. ✻, manufacturier, membre du Conseil municipal de Paris.

1869-1883. — **Cloez** (Chim.), ✻, examinateur à l'École polytechnique.

1869-1876. — **Gobley** (Chim.), ✻, membre de l'Académie de médecine.

1869-1891. — **Hardy** (Agric.), O. ✻, directeur de l'École d'horticulture.

1869-1875. — **Farcot** père (Méc.), ✻, ingénieur mécanicien.

1869 (en exercice). **Haton de la Goupillière** (Méc.), O. ✻, *vice-président, président*, membre de l'Institut, inspecteur général des Mines, directeur de l'École supérieure des Mines.

1869-1876. — **Homberg** (Écon.), O. ✻, inspecteur général des Ponts et Chaussées.

1869-1883. — **De la Gournerie**, J.-A.-R. (Écon.), O. ✻, membre de l'Institut, inspecteur général des Ponts et Chaussées.

1869-1878. — **Lamy**, A. (Chim.), ✻, professeur à l'École centrale des Arts et Manufactures.

1869-1880. — **Paliard** (Écon.), ✻, architecte en chef de la Préfecture de police.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1869-1881. — **Porlier** (Agric.), C. ✵, directeur au ministère de l'Agriculture et du Commerce.

1869 (en exercice). **Roy**, Gustave (Com.), C. ✵, *vice-président*, président de la Chambre de Commerce de Paris, membre du Comité consultatif des Arts et Manufactures.

1871-1888. — Le marquis **de Turenne** (Fonds), ✵, ancien élève de l'École polytechnique.

1872-1883. — **Gruner** (Chim.), O. ✵, inspecteur général des Mines.

1872-1875. — **Michal** (Fonds), C. ✵, inspecteur général des Ponts et Chaussées.

1872-1888. — **Pihet**, A.-E. (Méc.), ✵, ingénieur mécanicien.

1872 (en exercice). **Troost** (Chim.), O. ✵, *vice-président*, membre de l'Institut, professeur à la Faculté des sciences.

1873-1885. — Le vicomte **de Chabannes**, G. O. ✵, *vice-président*, vice-amiral.

1873 (en exercice). **Magnier** (Com.), ✵, négociant.

1873-1892. — **Mengin-Lecreulx** (Fonds), G. O. ✵, *censeur*, général de division.

1875-1879. — Le vicomte **de Grouchy** (Fonds), O. ✵, préfet.

1876-1878. — **Barre**, A. (Constr. et B. A.), ✵, graveur général des Monnaies.

1876 (en exercice). **Bischoffsheim**, R. (Fonds), ✵, membre de l'Institut.

1876-1886. — **Brune** (Constr. et B. A.), O. ✵, architecte, professeur à l'École des Beaux-Arts.

1876 (en exercice). **Bunel**, H. (Constr. et B. A.), ✵, ingénieur, architecte de la Préfecture de police.

1876 (en exercice). **Collignon**, Ed. (Méc.), O. ✵, *secrétaire*, inspecteur général des Ponts et Chaussées, inspecteur de l'École des Ponts et Chaussées.

1876 (en exercice). **Davanne** (Constr. et B. A.), O. ✵, *vice-président*, président du Conseil d'administration de la Société française de photographie.

1876-1881. — **Davioud**, G. (Constr. et B. A.), O. ✵, architecte, inspecteur général des Travaux de Paris.

1876-1889. — **Diéterle**, J. (Constr. et B. A.), O. ✵, administrateur de la Manufacture nationale de Beauvais.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1876 (en exercice). Le comte **Dufresne de Saint-Léon** (Constr. et B.-A.), O. ✻, inspecteur général de l'Université.

1876-1890. — **Dumas**, Ernest (Constr. et B. A.), ✻, essayeur du Bureau de la Garantie.

1876-1882. — **Dutertre** (Agric.), ✻, directeur de l'École d'agriculture de Grignon.

1876 (en exercice). **Fernet**, E. (Écon.), O. ✻, inspecteur général de l'Instruction publique.

1876 (en exercice). **Girard**, Aimé (Chim.), *secrétaire*, O. ✻, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers.

1876 (en exercice). **Guillaume**, Eug. (Constr. et B. A.), C. ✻, membre de l'Institut, directeur de l'Académie de France à Rome.

1876 (en exercice). **Huet**, E. (Constr. et B. A.), O. ✻, inspecteur général des Ponts et Chaussées.

1876-1893. — **Paris**, F.-E. (Écon.), G. C. ✻, vice-amiral, membre de l'Institut et du Bureau des longitudes.

1876 (en exercice). **Pasteur** (Agric.), G. C. ✻, membre de l'Académie française et de l'Académie des Sciences.

1876-1880. — **Personne**, J. (Écon.), membre de l'Académie de médecine, pharmacien en chef de la Pitié.

1876 (en exercice). **Pierre**, A.-C.-P. (Écon.), C. ✻, *vice-président*, colonel d'artillerie.

1876-1892. — **Popelin**, Claudius (Constr. et B. A.), ✻, artiste peintre.

1876 (en exercice). **Rousselle**, H. (Écon.), O. ✻, inspecteur général des Ponts et Chaussées.

1876 (en exercice). Le comte **de Salverte** (Const. et B. A.), ✻, maître des requêtes au Conseil d'État.

1876 (en exercice). **Schützenberger** (Chim.), O. ✻, membre de l'Institut, professeur au Collège de France, membre de l'Académie de médecine.

1876 (en exercice). **Sébert**, H. (Écon.), C. ✻, *vice-président*, général d'artillerie de marine, administrateur de la Société des Forges et Chantiers de la Méditerranée.

1877 (en exercice). **Bérard**, E.-P. (Chim.), ✻, secrétaire du Comité consultatif des Arts et Manufactures.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1877 (en exercice). **Boutillier** (Méc.), ✻, inspecteur général, professeur à l'École des Ponts et Chaussées et à l'École centrale des Arts et Manufactures.

1877-1892. — **Daguin**, J.-B.-E. (Com.), O. ✻, président du Tribunal de commerce, membre du Comité consultatif des Arts et Manufactures.

1877-1891. — **Goulier**, C.-M. (Méc.), C. ✻, colonel du génie.

1877 (en exercice). **De Comberousse** (Méc.), ✻, ingénieur, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers et à l'École centrale des Arts et Manufactures.

1879-1890. — **Fourcade** (Fonds), O. ✻, manufacturier, membre de la Chambre de commerce de Paris.

1879-1892. — **Rédier** (Méc.), O. ✻, horloger mécanicien.

1879 (en exercice). **Risler** (Agric.), C. ✻, directeur de l'Institut national agronomique.

1879 (en exercice). **Rossigneux**, Ch. (Constr. et B. A.), ✻, architecte.

1879 (en exercice). **Schlœsing** (Agric.), O, ✻, membre de l'Institut, directeur de l'École d'application des manufactures de l'État.

1879 (en exercice). **Voisin-bey** (Constr. et B. A.), O. ✻, inspecteur général des Ponts et Chaussées.

1880-1884. — **Bertin** (Écon.), ✻, sous-directeur de l'École normale supérieure.

1880-1885. — **Geoffroy** (Constr. et B. A.), membre du Conseil d'administration de la manufacture de Gien.

1880 (en exercice). **Jungfleisch** (Chim.), ✻, membre de l'Académie de médecine, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers.

1880 (en exercice). **Ronna** (Agric.), C. ✻, ingénieur civil, membre du Conseil supérieur de l'agriculture.

1880-1888. — **Ser**, Z. (Écon.), ✻, ingénieur, professeur à l'École centrale des Arts et Manufactures.

1880-1886. — **Thirion** (Fonds), O. ✻, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

1880 (en exercice). **Vincent**, Camille (Chim.), ✻, ingénieur, professeur à l'École centrale des Arts et Manufactures.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1881 (en exercice). **Lavalard**, Ed. (Agric.), O. ✻, membre du Conseil supérieur de l'Agriculture, maître de conférences à l'Institut national agronomique.

1881 (en exercice). **Simon**, Edouard (Méc.), ingénieur civil.

1882 (en exercice). **Müntz**, Ach. (Agric.), O. ✻, professeur à l'Institut national agronomique.

1882 (en exercice). **Prillieux** (Agric.), O. ✻, inspecteur général de l'enseignement agricole, professeur à l'Institut national agronomique.

1883 (en exercice). **Bardy** (Écon.), O. ✻, directeur du Laboratoire central des contributions indirectes.

1883 (en exercice). **Carnot**, Ad. (Chim.), O. ✻, ingénieur en chef des Mines, inspecteur de l'École supérieure des Mines.

1883 (en exercice). **Laussedat** (Écon.), C. ✻, colonel du génie, directeur du Conservatoire des Arts et Métiers.

1883 (en exercice). **Mascart** (Écon.), C. ✻, *vice-président*, membre de l'Institut, professeur au Collège de France, directeur du Bureau central météorologique.

1884 (en exercice). **Bordet** (Fonds), *censeur*, inspecteur des finances, ancien élève de l'École polytechnique.

1884 (en exercice). **Brüll** (Méc.), ✻, ingénieur, ancien élève de l'École polytechnique.

1884 (en exercice). **Cailletet** (Chim.), O. ✻, membre de l'Institut.

1884 (en exercice). **Lévy**, Maurice (Méc.), O. ✻, membre de l'Institut, professeur au Collège de France et à l'École centrale des Arts et Manufactures.

1884 (en exercice). **Muret** (Agric.), ✻, membre de la Société d'Agriculture de France.

1884-1892. — **Lutscher** (Fonds), banquier.

1884 (en exercice). **Schlemmer** (Constr. et B. A.), O. ✻, inspecteur général des Ponts et Chaussées.

1885 (en exercice). **Appert**, Léon (Constr. et B. A.), O. ✻, ingénieur verrier.

1885 (en exercice). **Armand-Dumaresq** (Constr. et B. A.), O. ✻, artiste peintre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1885 (en exercice). **Biver**, Hector (Chim.), ✻, administrateur de la Compagnie de Saint-Gobain.

1885-1886. — **Blavier** (Écon.), O. ✻, inspecteur général des lignes télégraphiques, directeur de l'École supérieure de télégraphie.

1885 (en exercice). **Le Chatelier**, Henri (Chim.), ✻, ingénieur en chef des Mines, professeur à l'École supérieure des Mines.

1885-1892. — **Poirrier** (Chim.), ✻, sénateur, ancien président de la Chambre de commerce.

1885 (en exercice). **Prunier** (Écon.), membre de l'Académie de médecine, professeur à l'École supérieure de pharmacie.

1885 (en exercice). **De Romilly**, Félix (Constr. et B. A.), ✻, ancien président de la Société française de physique.

1885 (en exercice). Le baron **Thénard**, Arnould (Agric.), ✻, chimiste agriculteur.

1885 (en exercice). **Tresca**, Alfred (Méc.), ✻, professeur à l'École centrale des Arts et Manufactures et à l'Institut national agronomique.

1886 (en exercice). **Becquerel**, Henri (Écon.), ✻, membre de l'Institut, professeur au Muséum d'Histoire naturelle.

1886-1890. — **Farcot**, Joseph (Méc.), O. ✻, constructeur mécanicien.

1886 (en exercice). **Hirsch** (Méc.), ✻, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, professeur à l'École des Ponts et Chaussées et au Conservatoire des Arts et Métiers.

1887 (en exercice). **Carpentier** (Écon.), ✻, ingénieur, ancien élève de l'École polytechnique.

1887 (en exercice). **Cheysson** (Com.). O. ✻, inspecteur général des Ponts et Chaussées.

1887-1890. — **Gauthier-Villars** (Méc.), O. ✻, imprimeur-éditeur, ancien élève de l'École polytechnique.

1887 (en exercice). **Pereire**, Henry (Fonds), ingénieur des Arts et Manufactures.

1887 (en exercice). **Plon** (Constr. et B. A.), ✻, imprimeur-éditeur.

1887 (en exercice). **Roussin**, Z. (Chim.), ✻, professeur à l'École du Val-de-Grâce.

1887 (en exercice). **Vée**, Amédée (Chim.), ✻, président du syndicat des produits chimiques.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1888 (en exercice). **Fouret** (Fonds), examinateur d'admission à l'École polytechnique.

1888 (en exercice). **Liébaut** (Agric.), O. ✻, président honoraire de la Chambre syndicale des ingénieurs constructeurs-mécaniciens.

1888 (en exercice). **Mayer** (Écon.), O. ✻, ingénieur en chef Conseil de la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest.

1888 (en exercice). **Raymond** (Écon.), O. ✻, directeur de l'École supérieure de télégraphie.

1889 (en exercice). **Demontzey** (Agric.), O. ✻, inspecteur général des forêts.

1889 (en exercice). **Krantz** (Agric.), ✻, député.

1889-1891. — **Lavastre** (Constr. et B. A.), O. ✻, peintre en décors de l'Opéra.

1889 (en exercice). **Lemonnier** (Méc.), ✻, ingénieur-constructeur.

1889 (en exercice). **Vieille** (Chim.), O. ✻, ingénieur des poudres et salpêtres.

1890 (en exercice). **Bienaymé** (Méc.), C. ✻, directeur des Constructions navales.

1890 (en exercice). **Gibon** (Com.), ✻, directeur des Usines de Commentry.

1890 (en exercice). **Jordan** (Chim.), O, ✻, ingénieur civil, professeur à l'École centrale des Arts et Manufactures.

1891 (en exercice). **D'Eichtal**, Eug. (Fonds), administrateur de la Compagnie des chemins de fer du Midi.

1891 (en exercice). **Heurteau** (Fonds), O. ✻, ingénieur en chef des Mines, directeur de la Compagnie du chemin de fer d'Orléans.

1891 (en exercice). **Imbs**, Joseph (Méc.), ✻, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers.

1891 (en exercice). **Richard**, Gustave (Méc.), ✻, ingénieur civil des Mines.

1891 (en exercice). **Rouart**, Henri (Écon.), O. ✻, ingénieur constructeur.

1891 (en exercice). **Sauvage** (Méc.), ✻, ingénieur des Mines, professeur à l'École supérieure des Mines.

1892 (en exercice). **Billotte** (Fonds), ✻, secrétaire général de la Banque de France.

1892 (en exercice). **Froment-Meurice** (Constr. et B. A.), ✻, fabricant d'orfèvrerie, membre du Conseil municipal de Paris.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1892 (en exercice). **Gruner**, E. (Com.), ingénieur civil des Mines, secrétaire du Comité central des houillères de France.

1893 (en exercice). **Fontaine**, Hippolyte (Écon.), O. ✻, ingénieur civil.

1893 (en exercice). **Cornu**, Maxime (Agric.), ✻, professeur de Culture au Muséum d'Histoire naturelle.

1893 (en exercice). **Daubrée** (Fonds), O. ✻, directeur général des Forêts.

1893 (en exercice). **Flamant** (Méc.), ✻, inspecteur général des Ponts et Chaussées.

1893 (en exercice). **Violle** (Écon.), ✻, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers.

Le Gerant : J.-H. Ginestou.

Paris. — Typ. Chamerot et Renouard, 19, rue des Saints-Pères. — 36676.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

92e ANNÉE. Quatrième Série, Tome VIII. DÉCEMBRE 1893.

BULLETIN

DE

LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

ARTS CHIMIQUES

ÉTUDES SUR LA FERMENTATION DES MÉLASSES, PAR LE Dr JEAN EFFRONT, DE BRUXELLES.

L'emploi de mélasses, comme matières premières en distillerie, donne lieu fréquemment à de sérieux mécomptes. Certaines mélasses, quoique très riches en sucre, ne fournissent qu'un médiocre rendement en alcool. Leur fermentation n'est pas régulière, dès le début on remarque des phénomènes anormaux, le travail subit rapidement un ralentissement très sensible et au moment où il a complètement cessé, on trouve encore dans le moût des quantités notables de sucre non transformé.

On observe un fait caractéristique dans la fermentation de ces mélasses, on constate presque toujours un rapport normal entre la proportion de sucre disparu et la quantité d'alcool qui s'est formée; le mauvais rendement en alcool provient uniquement de ce qu'une partie du sucre n'a pas été transformée par le ferment.

Dans une mauvaise fermentation, lorsqu'on a fait usage des mélasses ordinaires, ce rapport entre le sucre disparu et l'alcool formé est beaucoup moins régulier. Dans ce dernier cas, on établit toujours une perte d'une partie du sucre et de l'alcool, elle doit être attribuée à la mauvaise qualité de la levure ou à des ferments qui vivent au détriment du sucre et de l'alcool.

Le mauvais rendement avec les mélasses ordinaires doit être considéré comme un accident fortuit provenant de causes extérieures; avec les mélasses spéciales, difficilement fermentescibles, ce mauvais rendement devient une règle et la cause est inhérente au produit.

Si l'on considère que les sucres contenus dans les deux espèces de mélasses

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sont absolument identiques, on se demande quelle est la cause de l'arrêt dans la fermentation de ces mélasses spéciales; la connaître et pouvoir y remédier efficacement est une question qui non seulement présente un intérêt supérieur au point de vue théorique, mais qui aurait une importance capitale pour la pratique.

MM. Dubrunfaut, Maercker, Neale et d'autres chimistes l'ont abordée à diverses reprises, et à l'heure actuelle l'opinion qui prédomine est celle qui considère cet arrêt de fermentation comme provoqué par des acides organiques, volatils et par des produits nitreux que contiennent certaines mélasses à l'état de sels. Cette opinion est basée sur ces faits que ces acides libres manifestent une action très défavorable sur les levures de bières et qu'introduits dans un moût, même à de très petites doses, ils modifient la fermentation alcoolique en la ralentissant d'abord et en l'arrêtant complètement par la suite.

Ces acides se trouvent en effet dans les mélasses dans des proportions très variables et les mélasses difficilement fermentescibles sont celles qui en renferment les plus fortes proportions.

Si l'hypothèse admise est l'expression de la réalité, nous nous trouvons donc en présence d'une cause unique à laquelle il serait facile de remédier. Pour rendre ces mélasses propres au travail de la distillerie, il suffira d'empêcher l'action de ces acides nitrés et organiques et comme ils sont volatils on pourra les éliminer par la chaleur. Comme on a constaté que les sels de ces acides ont une importance bien moindre, on aura soin de neutraliser exactement ces mélasses, en évitant tout excès d'acide.

Les diverses méthodes de travail, avec ces mélasses, qui ont été conseillées sont, en réalité, toutes basées sur l'élimination ou la neutralisation de ces acides ; les manipulations diffèrent, mais le but de tous les procédés conseillés est toujours le même, c'est d'éviter la présence de ces acides libres.

Au lieu de travailler avec des moûts acides, comme on le fait ordinairement, on emploie généralement l'une des trois méthodes suivantes pour rendre les mélasses plus fermentescibles.

1° On neutralise exactement les mélasses avant de les mettre en fermentation et on évite soigneusement tout excès d'acide ;

2° On ajoute à la dissolution des mélasses un excès d'acide sulfurique, et on soumet le mélange à une ébullition prolongée qui doit chasser les acides mis en liberté;

3° On acidifie la dissolution de mélasse, on la fait bouillir et on neutralise les dernières traces d'acide avec du carbonate de calcium.

Il est évident que si, par l'un des moyens indiqués, on arrive réellement, dans tous les cas, à rendre les mélasses plus fermentescibles, le remède lui-même indique l'origine de ces irrégularités et les causes de cette fermentation anormale ne pourront être mises en doute. Malheureusement il n'en est pas tout

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à fait ainsi. J'ai eu l'occasion de constater, à différentes reprises, que les moyens indiqués ne sont pas infaillibles, ils conduisent parfois à de bons résultats, mais aussi, bien souvent, ils ne sont pas suffisants.

Ces insuccès m'ont amené à quelques recherches et expériences ayant pour but une élucidation plus complète de cette question.

A cet effet, je me procurai un certain nombre de mélasses de différentes provenances et je les soumis à la fermentation alcoolique. J'en choisis cinq échantillons qui m'avaient paru offrir de la résistance aux ferments et je fis choix de deux autres échantillons parmi les mélasses dont la fermentation s'était accomplie normalement. Je les ai désignés par les nos 1, 2, 3, 4, 5, 6 et 7. Les cinq premiers sont des mélasses à fermentation difficile; les deux derniers, 6 et 7, au contraire, ont donné lieu à une fermentation dont la marche fut régulière et les résultats excellents; ils devaient servir de témoins.

Avant toutes choses, il me parut intéressant de déterminer les quantités d'acides volatils contenues dans ces diverses mélasses. Cette évaluation se fit de la manière suivante :

100 grammes de mélasse furent dissous dans de l'eau distillée et additionnés d'acide sulfurique pur en grand excès. Le mélange fut soumis à une distillation prolongée pendant six heures; de temps à autre la partie du liquide qui s'était volatilisée, fut remplacée par de l'eau distillée. L'acidité des produits de la distillation fut prise au moyen d'une solution de soude normale, et exprimée comme si elle se rapportait à de l'acide sulfurique.

Ces déterminations furent faites pour les sept échantillons dans les mêmes conditions, elles me fournirent les chiffres ci-après :

Pour 100 parties de mélasse de l'échantillon	On a trouvé une quantité d'acide volatil correspondant à	Pour 100 parties de mélasse de l'échantillon	On a trouvé une quantité d'acide volatil correspondant à
N° 1	0,65 d'acide sulfurique.	N° 5	0,42 d'acide sulfurique.
N° 2	0,74 —	N° 6	0,54 —
N° 3	1,20 —	N° 7	0,73 —
N° 4	0,26 —		

Rappelons, tout d'abord, que les cinq premiers numéros se rapportent à des mélasses fermentant difficilement, et que les deux derniers sont des mélasses ordinaires qui fermentent régulièrement et qui servaient de témoins.

Si nous examinons ces chiffres, nous voyons immédiatement qu'ils ne concordent pas. Un seul des cinq premiers échantillons, le n° 3, a donné une quantité d'acides volatils relativement assez grande : pour les quatre autres la proportion d'acide ne dépasse guère celle qui est fournie par les deux échantillons témoins. Les n° 4 et 5 même ont donné une quantité d'acide beaucoup moins élevée que les témoins 6 et 7. Cette diminution est surtout remarquable pour le n° 4.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les résultats de ces essais tendent à prouver qu'il n'existe pas de rapport direct entre la teneur en acides volatils et la fermentescibilité des mélasses.

Il est possible que, dans certains cas, la faculté de fermenter soit diminuée ou annihilée, pour certaines mélasses, par suite de la présence de proportions assez considérables de ces acides volatils, mais il est évident que cette acidité n'est pas la seule cause qui entrave la fermentation de ces mélasses spéciales.

Le bien fondé de cette manière de voir a été confirmé, du reste, par les expériences suivantes :

J'ai pris 100 grammes de mélasse de chacun des cinq premiers échantillons et je les ai dissous dans une proportion déterminée d'eau distillée ; à chaque dissolution j'ai ajouté 1 gramme d'acide sulfurique et, après un parfait mélange, elle a été divisée en deux parts bien égales ; j'ai ainsi obtenu deux séries des mêmes échantillons.

La première série fut mise à fermenter directement, la seconde ne le fut qu'après une ébullition préalable assez longuement prolongée.

En comparant les quantités d'alcool obtenues et les proportions de sucre non transformé dans les échantillons similaires des deux séries, je n'ai constaté de différence sensible, en faveur de l'ébullition préalable, que dans un seul cas ; c'était pour la mélasse n° 3, qui contenait, comme nous l'avons vu, une proportion assez considérable d'acides.

Dans une autre série d'expériences, j'ai cherché à déterminer l'influence de l'acidité des mélasses sur le rendement en alcool.

Dans ce but, j'ai prélevé un poids déterminé de mélasse des sept échantillons et après dissolution dans de l'eau distillée j'ai neutralisé exactement la solution.

Celle-ci fut partagée en diverses parts qui reçurent chacune une proportion différente d'acide sulfurique ; elles furent alors amenées à 20° Balling et mises à fermenter, avec 10 grammes de bonne levure par litre, pendant quatre jours à une température de 40° centigrades.

J'avais, au préalable, déterminé la teneur en sucre de chaque mélasse ; le rendement en alcool fut calculé en litres d'alcool pour 100 kilogrammes de sucre contenus dans les mélasses.

Les résultats, consignés dans le tableau suivant (p. 845), permettent de tirer les déductions ci-dessous :

1° *Les solutions de mélasses neutres fermentent beaucoup moins bien que celles des mélasses acides, cette règle s'applique aussi bien aux mélasses ordinaires qu'aux mélasses dont la fermentation est difficile.*

Il suffit de comparer les chiffres de la première colonne avec ceux de la troisième pour qu'il n'y ait pas de doute à cet égard.

2° *Pour les mélasses normales, la quantité d'acide sulfurique la plus favorable est celle qui correspond à une addition de* 0,6 *d'acide sulfurique pour* 100 *de mélasse.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les rendements d'alcool fournis par les mélasses n° 6 et n° 7 sont, sous ce rapport, des plus démonstratifs. En solution neutre, ces mélasses fournirent respectivement 57 et 57,3 litres d'alcool pour 100 kilogr. de sucre; avec 0,6 d'acide pour 100 de mélasse, le rendement s'éleva à 58,1 et 59,4 litres, pour retomber à 57,3 et 57,6 dès qu'on augmentait l'acidité.

Rendement en alcool, en présence des différentes quantités d'acide sulfurique.

N. B. — Les chiffres indiqués expriment le nombre de litres d'alcool en rapport avec 100 kilog. de sucre.

ÉCHANTILLONS.	QUANTITÉS D'ALCOOL OBTENUES APRÈS ADDITION DE				
	0 p. 100 d'ac. sulfurique.	0,1 p. 100 d'ac. sulfurique.	0,6 p. 100 d'ac. sulfurique.	1,5 p. 100 d'ac. sulfurique.	1,8 p. 100 d'ac. sulfurique.
N° 1.	51	»	53,2	55	»
N° 2.	53	»	54	54,9	55
N° 3.	51,8	»	52	51	»
N° 4.	49	»	53	53	54,2
N° 5.	53	»	56	56,2	55,4
N° 6.	57	57,6	58,1	57,8	57,3
N° 7.	57,3	57,5	59,4	58,6	57,6

3° *Les doses de* 1,5 *et* 1,8 *d'acide pour* 100 *de mélasse sont manifestement nocives pour les mélasses normales, tandis que ces mêmes doses ont une influence favorable pour les mélasses à fermentation difficile.*

Les mélasses n° 4 et n° 5, comparées aux mélasses n° 6 et n° 7, ont fourni sous ce rapport des données très justificatives. Pour les premières il y a eu une augmentation réelle d'alcool, pour les secondes la diminution fut très sensible. Cette dernière conclusion doit attirer notre attention d'une façon toute spéciale. Étant donné que les expériences ont été faites pour tous les échantillons de mélasses avec les mêmes levures et dans les mêmes conditions, il est surprenant qu'une quantité déterminée d'acide qui produit en général une action manifestement défavorable sur une levure, ait pu, pour les premiers échantillons, favoriser l'action fermentescible de cette même levure.

Nous sommes d'avis qu'il faut admettre que l'action de l'acide est identique dans les deux cas, il n'y a pas de raisons pour supposer le contraire; la levure dans les n^{os} 1, 2, 4, 5 doit être tout aussi bien affectée par l'acide que dans les n^{os} 6 et 7; mais comme nous devons tenir compte également du rôle antiseptique de l'acide, celui-ci se manifestera tout à la fois sur les levures et sur les autres ferments qui entrent, eux aussi, comme facteurs, dans le résultat final de la fermentation.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Lors des fermentations des mélasses nos 1, 2, 4, 5, la levure serait donc affectée par la grande dose d'acide et il résulterait de ce fait une diminution dans le rendement en alcool ; mais comme l'acide à hautes doses supprime, d'un autre côté, un ferment qui a aussi une influence nuisible sur le rendement, il en résulte que l'un des effets est combattu par l'autre, et que l'avantage reste à la levure. Il y a en somme une augmentation au lieu de diminution.

La cause de la non-fermentescibilité de certaines mélasses résiderait donc dans la présence de ces ferments. Cette opinion ne constituait évidemment qu'une hypothèse au moment où elle me fut suggérée. J'ai cru qu'il était nécessaire, pour que cette opinion puisse être acceptée, de constater la présence de ce ferment, de l'isoler et de le caractériser. Dans ce but, je me suis livré à un ensemble d'investigations que je vais résumer sommairement.

Tout d'abord j'ai rencontré d'assez grandes difficultés dans les recherches bactériologiques entreprises à ce sujet.

Les solutions de mélasses contenaient plusieurs variétés de bactéries et leurs cultures faites sur gélatine m'ont donné des colonies d'espèces qui, introduites dans les mélasses normales, ne les ont pas rendues difficilement fermentescibles. Certaines colonies ont certainement donné lieu à un ralentissement dans la fermentation, mais l'action entravante de ces ferments ne persistait pas, elle était annihilée soit par l'ébullition, soit par une addition de fluorure. Cette dernière indication était une preuve que je ne me trouvais pas en présence du véritable ferment qui dans certaines mélasses fait obstacle à une fermentation régulière.

Toutefois comme au cours de mes expériences j'avais pu observer quelques indications spécieuses, j'ai cru opportun de modifier le mode opératoire de mes recherches. Avant de continuer leur exposé, je crois devoir résumer quelques observations qu'il m'avait été donné de recueillir.

1° Si l'on introduit dans une dissolution de mélasse normale une petite quantité de mélasse difficile à fermenter, le mélange tout entier devient difficilement fermentescible.

2° La résistance à la fermentation que produit un ensemencement d'une culture de bactéries de mélasses difficilement fermentescibles, dans une dissolution de mélasse normale, est la même que l'on ait fait bouillir ou non le mélange.

3° L'effet produit par cet ensemencement est beaucoup plus tangible quand celui-ci se fait au milieu de la fermentation qu'au début.

Ces observations m'avaient amené à conclure que les ferments qui m'occupaient devaient présenter une grande résistance à la chaleur et qu'ils devaient appartenir à la classe des anaérobies. Ce point établi, au lieu de chercher à cultiver ces ferments sur de la gélatine, j'ai fait choix de la méthode suivante :

J'ai pris comme milieu de culture une dissolution de mélasse normale, celle-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ci fut mise à bouillir pendant une heure. L'ensemencement fut fait avec une dissolution de mélasse difficile à fermenter et que l'on avait également fait bouillir pendant une heure. Immédiatement après l'ensemencement on fit passer un courant d'anhydride carbonique dans le flacon à culture, le gaz carbonique avait au préalable traversé un tube chauffé. Lorsqu'on eut prolongé suffisamment le courant carbonique pour être certain que tout l'air fût chassé, on ferma à la lampe le flacon Pasteur et il fut abandonné à une température de 30° C.

Après quelques jours de culture les parois du flacon Pasteur étaient tapissées de petits amas visqueux, on en préleva quelques-uns et ils furent examinés au microscope. Ils se composaient d'une espèce de petite pelote ressemblant au premier abord à une agglomération de matière albuminoïde, mais qu'un examen plus attentif montrait être constituée par des rassemblements de petits bâtonnets qui semblaient plus ou moins soudés entre eux par une substance visqueuse. Si, au moyen d'un mince fil de platine, on pratiquait sur ces amas quelques tractions de déchirure, on arrivait très facilement à les rompre et aussitôt le champ du microscope présentait un fourmillement de bactéries douées d'un mouvement rapide et désordonné.

Avec cette première culture j'ai préparé dans les mêmes conditions une série d'autres cultures qui, introduites dans des dissolutions de mélasses normales, les rendaient toutes difficilement fermentescibles. Ces bactéries semblent appartenir à la classe des bactéries anaérobies (1), leur culture s'opérait plus facilement à l'abri de l'oxygène, elles produisaient dans les solutions de mélasse une destruction des matières azotées avec formation d'ammoniaque. La résistance qu'elles opposaient à la chaleur ainsi qu'aux antiseptiques doit être attribuée à l'enveloppe visqueuse qui les entoure et les protège.

La cause du mauvais rendement en alcool de certaines mélasses est donc un ferment spécial, une bactérie. Connaissant cette cause, je me suis appliqué à rechercher les moyens de la combattre.

J'ai reconnu tout d'abord qu'elle résistait aux doses antiseptiques généralement employées ; pour annihiler son action il aurait fallu introduire dans les dissolutions de mélasses des proportions d'acides ou d'antiseptiques nuisibles aux levures, et dans ces conditions la méthode n'aurait guère été avantageuse.

J'ai donc conduit mes investigations dans une autre voie qui me semblait plus pratique et je me suis servi de matières susceptibles de produire un dépôt dans le liquide ; les bactéries, à cause de leur constitution agglomérée, se déposent

(1) J'ai pu m'assurer par la suite que cette vie anaérobie n'est pas complètement indispensable pour leur reproduction; des cultures anaérobies introduites dans un moût de malt stérilisé ont donné naissance à de nombreuses colonies présentant les mêmes caractères que les premières.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

facilement et le liquide décanté donne lieu à une fermentation complètement normale.

Dans certains cas, même en produisant une bonne coagulation dans le liquide, on n'a pas besoin de décanter, le ferment reste emprisonné dans le coagulum, il reste inerte et son action est nulle.

J'indiquerai quelques moyens qui m'ont donné de bons résultats dans le travail des mélasses difficiles à fermenter.

Ces mélasses sont délayées dans de l'eau et leur dissolution est amenée à 18° Balling, celle-ci est alors acidifiée légèrement et additionnée de tannin dans les rapports de 25 grammes de tannin pour 100 kilogr. de mélasse; on laisse le mélange au repos pendant quelque temps et on décante ensuite la liqueur claire.

On peut même se passer de la décantation si on acidifie la dissolution de mélasse un peu plus fortement et si on élève la dose de tannin à 30 ou 35 grammes. On peut remplacer le tannin par de l'acide picrique à la dose de 25 à 50 grammes par 100 kilogr. de mélasse.

Dans les deux cas j'ai observé qu'il y avait certains avantages à chauffer les dissolutions de mélasses additionnées des réactifs jusqu'à l'ébullition ou jusqu'à une température qui s'en approche. L'emploi de l'acide picrique donne des résultats excellents, mais il présente des inconvénients pour les vinasses, je ne puis pas le conseiller dans la pratique.

Un moyen très simple, qui m'a fourni de bons résultats, consiste dans une addition de blancs d'œufs. Pour 100 kilogr. de mélasse, on prend trois ou quatre blancs d'œufs, on les délaye dans la dissolution de mélasse et on chauffe le mélange jusqu'à amener la coagulation de l'albumine.

Tous ces moyens, comme on le voit, sont basés sur l'entraînement physique des bactéries, on pourra les varier suivant les circonstances ; d'autres, tels que la précipitation par l'hydrate d'alumine, etc., réussissent également.

En tout cas, chaque fois que l'on aura eu recours à un de ces moyens et qu'il se sera formé un précipité très net dans ces dissolutions de mélasses difficiles à fermenter, celles-ci seront débarrassées des ferments qui s'opposent à une fermentation alcoolique régulière et elles présenteront tous les caractères de dissolutions de mélasses normales.

Le rendement en alcool de ces mélasses dépendra alors uniquement de la qualité des levures, des dispositions et de la propreté plus ou moins relative de l'usine ainsi que du temps nécessité pour la fermentation. Toutefois comme on constate généralement dans toutes les fermentations de mélasses des altérations secondaires plus ou moins prononcées, provoquées par des ferments d'une nature toute différente de ceux qui ont fait l'objet de cette étude spéciale et qui sont facilement influencés par les antiseptiques, on pourra les combattre aisément par le procédé à l'acide fluorhydrique qui a fait ses preuves comme antiseptique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

92e ANNÉE. Quatrième Série, Tome VIII. DÉCEMBRE 1893.

BULLETIN

DE

LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

ARTS CHIMIQUES

Études sur la fermentation des mélasses, par le Dr Jean Effront, de Bruxelles.

L'emploi de mélasses, comme matières premières en distillerie, donne lieu fréquemment à de sérieux mécomptes. Certaines mélasses, quoique très riches en sucre, ne fournissent qu'un médiocre rendement en alcool. Leur fermentation n'est pas régulière, dès le début on remarque des phénomènes anormaux, le travail subit rapidement un ralentissement très sensible et au moment où il a complètement cessé, on trouve encore dans le moût des quantités notables de sucre non transformé.

On observe un fait caractéristique dans la fermentation de ces mélasses, on constate presque toujours un rapport normal entre la proportion de sucre disparu et la quantité d'alcool qui s'est formée; le mauvais rendement en alcool provient uniquement de ce qu'une partie du sucre n'a pas été transformée par le ferment.

Dans une mauvaise fermentation, lorsqu'on a fait usage des mélasses ordinaires, ce rapport entre le sucre disparu et l'alcool formé est beaucoup moins régulier. Dans ce dernier cas, on établit toujours une perte d'une partie du sucre et de l'alcool, elle doit être attribuée à la mauvaise qualité de la levure ou à des ferments qui vivent au détriment du sucre et de l'alcool.

Le mauvais rendement avec les mélasses ordinaires doit être considéré comme un accident fortuit provenant de causes extérieures; avec les mélasses spéciales, difficilement fermentescibles, ce mauvais rendement devient une règle et la cause est inhérente au produit.

Si l'on considère que les sucres contenus dans les deux espèces de mélasses

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment, après la séparation du liquide le plus léger, mais elle est erronée dans le cas des matières solides et par suite dans le cas actuel.

Le dépôt ou, ce qui revient au même, la chute de matières solides au sein d'un liquide, se produit suivant les lois de la pesanteur, modifiées par la résistance qu'exerce le milieu au sein duquel se produit la chute ; résistance qui sera d'autant moins grande que le rapport du poids de la molécule à sa section de chute sera plus élevé. La sphère étant le corps géométrique qui présente, quelle que soit sa position, une section constante, nous admettrons pour simplifier, puisque leur forme ne s'en éloigne pas beaucoup, que les grains de fécule sont parfaitement sphériques. Le poids du grain de fécule devient alors, D étant la densité,

la section de chute est $\frac{4}{3}\ \pi\ R^3 \times D = P\ \pi\ R^2 = S$

Le rapport $\frac{P}{S}$, qui est égal à $\frac{4}{3}R$, croît comme le rayon R et indique que les poids de chute correspondant à l'unité de section, sont dans les rapports des rayons des grains de fécule ; par conséquent, la résistance déterminée par le milieu aqueux est d'autant moins considérable que le grain de fécule est plus gros, le classement se produira suivant la grosseur de ceux-ci, et non d'après les densités, la fécule et la cellulose ayant sensiblement la même densité.

De ce qui précède, il est facile de conclure que le dépôt en cuve se produira comme il suit, ainsi que cela a lieu en réalité ; en premier, la majeure partie des gros grains de fécule ;

En second, des grains semblables mélangés de grosse pulpe facile à extraire par tamisage ;

En dernier, la fécule à plus petits grains, mélangée avec toutes les matières floconneuses, pulpe fine, etc., qu'il est très difficile de séparer et dont le travail ultérieur fournit les fécules inférieures.

La production de la fécule seconde est, au contraire, entièrement évitée, par l'emploi de plans courants, tels que J.-B. Taupenot les avait organisés dans sa féculerie de Chalon-sur-Saône, la plus importante de France, tant par sa grande production que par la qualité de ses produits.

Le fonctionnement des plans courants est basé sur ce fait, que les grains de fécule déposés laissent entre eux un interstice suffisamment grand pour permettre à un nouveau grain de fécule de venir s'y interposer, mais beaucoup trop petit pour le logement de la pulpe, qui se trouve entraînée, avec toutes les matières étrangères colorées, par le courant d'eau, dont la vitesse n'est pas inférieure à cinq mètres à la minute.

Les interstices formés par les grains déposés formant crans d'arrêt pour les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

suivants, les grains de fécule gros et petits n'ont plus la tendance à se séparer, comme dans les cuves, le dépôt a lieu au fur et à mesure que le grain trouve son emplacement.

Les plans courants sont construits en maçonnerie, mais préférablement en bois doublé de zinc, ils ont de 35 à 40 mètres de longueur, $1^{m},50$ à 2 mètres de largeur et 35 à 60 centimètres de hauteur.

La fécule des premiers dépôts est délayée, tamisée et envoyée sur le plan; la couche liquide ne dépassant pas 4 à 5 centimètres de hauteur, la fécule se dépose immédiatement et avec une compacité telle, qu'il est indispensable, pour éviter la formation de rigoles, qu'un homme en balaye énergiquement et constamment la surface pour l'égaliser, malgré une vitesse de courant relativement considérable. Le liquide laiteux blanc à l'entrée du plan sort noirâtre à l'extrémité opposée; en quelques minutes il a abandonné la presque totalité de sa fécule.

Un second lavage sur plans, effectué dans les mêmes conditions, donne une fécule irréprochable.

A la suite de ces plans, il est utile d'en ajouter un nouveau, dit plan de sûreté, pour retenir les dernières portions de fécule entraînées, lesquelles rentrent de suite en fabrication. A la sortie les eaux sont noires et ne contiennent plus que des traces de fécule interposées dans les cellules de la pulpe et par conséquent impossibles à récupérer, et une petite quantité de fécule folle ou extra-fine, réfractaire à tout dépôt pratique.

Les avantages des plans courants peuvent se résumer comme il suit :

1° Séparation rapide de la fécule des matières étrangères sans contact prolongé avec l'eau;

2° Production totale obtenue immédiatement sous forme de fécule extra-supérieure sans le concours de produits chimiques, acides ou chlorures;

3° Suppression du travail des secondes et des gras, la fabrication étant terminée quarante-huit heures après la fin du râpage de la pomme de terre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MÉTALLURGIE

Élimination du soufre dans la fabrication du fer, par M. J. E. Stead. (*Fin.*)

Action des silicates basiques de fer. — D'après Parry, l'abaissement de la teneur en soufre de la fonte pendant le puddlage ne porte que sur le tiers environ de la quantité primitive.

M. Snelus, dans son rapport sur le procédé *Dank*, a également indiqué que l'élimination du soufre dépend dans une grande mesure de la quantité de ce métalloïde qui préexiste dans la fonte; enfin, nous avons nous-même confirmé cette opinion en montrant que si le soufre est peu abondant (0,03 p. 100), l'élimination est nulle, tandis que, avec un métal contenant 0,76 p. 100 de soufre, il se sépare environ 90 p. 100 de ce métalloïde.

Autrefois, on soumettait communément au puddlage des fers contenant de 0,50 à 0,70 p. 100 de soufre; après l'opération, la teneur en soufre du métal s'élevait rarement à 0,10 p. 100, la moyenne exacte était plutôt de 0,07 p. 100 : toutefois, une certaine portion du métalloïde se trouvait dans la scorie retenue mécaniquement dans les barres et n'était pas unie au fer à l'état de combinaison.

Un jour, pendant une grève de carriers, le chef des fours, à Witton Park, fut réduit à la nécessité de substituer à la pierre à chaux, des laitiers de hauts fourneaux. Le résultat était prévu : on obtint un métal contenant à peu près la totalité du soufre contenu dans les matières employées, soit 1 et 1,25 p. 100. La cassure de ce fer était d'un beau blanc d'argent. La teneur en silicium demeura constante (1 p. 100) au lieu de s'élever, comme l'on s'y attendait. Quelques-unes de ces barres, traitées très soigneusement au marteau, ne contenaient pas plus de 0,12 p. 100 de soufre, ce qui correspond à une élimination d'environ 90 p. 100.

Procédé Lowthian Bell. — Ce procédé consiste à brasser dans un four convenablement disposé le métal fondu avec des oxydes de fer à l'état fluide. Les chiffres suivants sont relatifs à des analyses faites avant et après ce traitement.

	Avant pour 100.	Après pour 100.
	—	—
Carbone	3,264	1,273
Silicium	1,493	0,009
Soufre	0,113	0,024
Phosphore	1,516	0,065

Soufre éliminé : 78 p. 100.

Procédé Krupp. — Ce procédé est analogue au précédent, il est fondé sur l'action de l'oxyde de fer et du manganèse sur le métal fondu dans un four tournant. Les analyses suivantes ont été données par Holley :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

	Avant pour 100.	Après pour 100.
Carbone	3,30	3,32
Silicium	0,39	0,023
Phosphate	0,74	0,106
Soufre	0,09	0,029
Manganèse	2,32	0,038

Proportion de soufre éliminé, 68 p. 100.

Les oxydes employés s'élevaient à 14 p. 100. Si tout le soufre avait passé dans les scories, elles en auraient contenu environ 0,42 p. 100, tandis que l'analyse n'en indiquait que 0,08 p. 100. On doit probablement attribuer une partie de l'action éliminatrice à la grande quantité de manganèse présent.

Procédé Henderson. — Dans ce procédé, la région inférieure du four porte un revêtement formé de poudre de spath fluor et d'oxyde de fer sur lequel on verse le métal fluide. Ce revêtement est alors fondu et détermine en se mélangeant au fer l'élimination du silicium, du soufre, du phosphore et d'une partie du carbone. D'après les analyses, la proportion du soufre éliminé est variable : nulle, pour un métal très pur, elle atteint 99 p. 100 avec un fer fortement sulfuré. Cela indiquerait que dans ce procédé, c'est à l'oxyde de fer que l'élimination du soufre est due; cependant il est probable que le spath fluor a également quelque action.

En résumé tous ces procédés sont fondés sur l'action d'oxydes de fer, de silicates basiques ou de phosphates fondus, car on peut considérer comme démontré que dans le cas où le fer liquide est au contact d'un revêtement solide, celui-ci est fondu avant d'avoir produit son effet. Les réactions chimiques peuvent donc être considérées comme identiques dans les différents cas. Rappelons cependant que la teneur élevée en manganèse du métal Krupp doit avoir une action considérable et que par suite ce n'est pas uniquement aux oxydes de fer que l'on doit attribuer dans ce procédé l'élimination du soufre.

Percy a reconnu, en chauffant du sulfure et du peroxyde de fer dans un creuset de terre que tout l'oxygène qui n'a pas été employé à convertir le fer en oxyde magnétique s'est combiné au soufre en produisant un dégagement d'acide sulfureux.

$$FeS + 10\,Fe^2O^3 = 7\,Fe^3O^4 + SO^2$$

L'emploi du creuset de terre peut donner lieu à une objection, car il est probable que l'oxyde employé a dû se combiner à la matière du creuset pour former des silicates.

Il résulterait d'une autre expérience faite également dans le laboratoire de Percy, que si l'on ajoute un excès de sulfure on obtient une masse homogène consistant en silicate de fer tenant en dissolution du sulfure de fer; malheureusement l'analyse n'a pas été faite.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La preuve la plus concluante de la stabilité de la combinaison d'oxydes et de sulfures de fer fut obtenue lors des essais faits sur le procédé Hollway, en injectant de l'air à travers du sulfure de fer fondu contenant un peu de cuivre, en présence de sable ou de silice; la silice étant en défaut, il se produisit une scorie très homogène ayant la composition suivante :

Fer	64,11
Soufre	15,82
Silice	4,65
Oxygène, etc.	15,42 (par différence)
Total	100,00

La scorie ordinaire, quand elle est presque entièrement saturée de silice, consiste essentiellement en protosilicate de fer, elle contient en outre, évidemment à l'état de combinaison, du sulfure de fer en qualité correspondant à une proportion de 3 à 5 p. 100 de soufre. Mais quand cette scorie est oxydée, avec production d'une quantité considérable de peroxyde de fer, le soufre se dégage en entier probablement à l'état d'acide sulfureux.

Scorie produite dans le procédé Hollway.

	Protosilicate p. 100.	Protosilicate p. 100.
Silice	30,05	34,34
Protoxyde de fer	54,62	25,10
Peroxyde de fer	3,71	33,83
Fer	4,27	»
Protoxyde de manganèse	0,37	0,12
Alumine	2,06	1,81
Oxyde de zinc	1,75	0,73
Oxyde de cuivre	0,22	2,39
Oxyde de plomb	0,10	0,03
Chaux	0,37	0,24
Magnésie	0,45	0,30
Soufre	2,55	0,15
Arsenic	trace	»
Acide phosphorique	»	0,031
Oxygène, etc. (non dosé)	»	1,45

Le pouvoir dissolvant des silicates basiques à l'égard du sulfure de fer est également mis en évidence par la composition des scories provenant du puddlage ou d'opérations analogues; presque toutes renferment du sulfure de fer en quantité variant de 0,24 à 3 p. 100. Il a enfin été démontré par les recherches de Parry, de Snelus, par nos propres expériences et par d'autres observateurs que, dans la purification du fer à l'aide des silicates basiques, une certaine portion du soufre primitif reste dans les scories à l'état de sulfure de fer, tandis qu'une autre portion se transforme en acide sulfureux et se dégage.

Il semble par suite qu'il n'y ait que deux explications qui rendent compte de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'élimination du soufre dans le fer en fusion à l'aide des silicates de fer : 1° l'affinité de la scorie pour le sulfure de fer est plus énergique que celle du métal, le sulfure abandonne simplement le fer; il est alors en partie retenu dans les scories et en partie oxydé par l'atmosphère du four ou par la vapeur d'eau provenant des combustibles; 2° le peroxyde de fer des scories agit directement sur le soufre et le transforme en acide sulfureux.

Dans cette seconde explication il faut admettre, soit que le soufre se dégage en entier et alors les scories n'en contiendraient point, soit que sous l'influence d'une réaction encore inconnue le soufre se combine de nouveau et se dissolve ensuite dans les silicates basiques à l'état de sulfure de fer.

Une tentative fut faite dans notre laboratoire pour déterminer la nature de ces réactions, mais on s'aperçut bientôt qu'il était presque impossible d'obtenir des résultats satisfaisants en opérant sur de petites doses dans un creuset, avec de la fonte ordinaire et des scories fondues. Quoi qu'il en soit, il se produisit un composé ne contenant ni silicium ni carbone, mais une quantité de phosphore suffisante pour maintenir la masse liquide à une température relativement basse :

Sulfo-phosphure de fer :	fer.	90,70 p. 100.
—	— phosphore.	7,10 —
—	— soufre.	1,86 —

On prépara encore un silicate basique de fer en fondant ensemble un fragment d'acier de *rod mill* et du sable dans un creuset.

Une petite quantité de phosphure liquide fut agitée avec de la scorie fondue dans un creuset que l'on retira du feu juste avant que l'expérience ne fût terminée. Pendant le brassage des matières aucun gaz ne parut se dégager et aucune odeur sulfureuse ne fut perçue. On laissa le contenu du creuset reposer environ une minute, puis on le versa dans un moule et après refroidissement on procéda à l'analyse de la scorie et de la partie métallique du lingot; cette dernière, composée de sulfophosphure, était en petite quantité relativement au grand excès de scorie. Les résultats furent les suivants :

	SCORIE		MÉTAL	
	avant, p. 100.	après, p. 100.	avant, p. 100.	après, p. 100.
Soufre	0,06	0,27	1,86	0,27

Cette expérience, tout imparfaite qu'elle est, montre cependant qu'il ne s'est pas dégagé d'acide sulfureux en quantité perceptible, quoique l'élimination du soufre ait été considérable dans le métal. La petite proportion de soufre que les scories contenaient à l'origine peut être considérée comme confirmant la théorie indiquée plus haut, dans laquelle le soufre abandonnerait simplement le métal sans oxydation directe. Cette question demande de nouvelles recherches et nous espérons être dans quelque temps en mesure d'exposer des résultats plus concluants.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le soufre dans le procédé acide de fabrication de l'acier. — Wedding a écrit, page 143 dans son ouvrage sur le Bessemer basique : « Il est bien connu que dans la fabrication de l'acier par le procédé Bessemer acide, le soufre se sépare du métal en quantité considérable à l'état d'acide sulfureux, à cause de la transformation en fer silico-carboné et en acide sulfureux, du sulfure de fer, de la silice et du carbone présents. De cette façon l'élimination du soufre peut aller de 92,8 à 97,5 p. 100. » — On trouve, page 423, dans les *Principes de fabrication du fer et de l'acier* de sir Lowthian Bell, des analyses relatives aux réactions qui se passent pendant cette opération; elles indiquent que pratiquement l'élimination du soufre est très petite ou nulle, et nous pensons que d'autres bons observateurs ont pu également s'arrêter à cette conclusion. Dans tous les cas où nous avons pu analyser le métal avant et après le passage de l'air dans le convertisseur, nous avons pu nous apercevoir que la teneur en soufre n'avait pas diminué dans l'acier.

Quand le métal, avant d'être traité au convertisseur, est fondu dans un four à réverbère, le soufre contenu dans les combustibles est absorbé dans la proportion de 0,01 à 0,06 p. 100; cette absorption dépend de la quantité et de la qualité du coke et jusqu'à un certain point de la masse de calcaire employée comme fondant; en sorte qu'on obtient ordinairement ainsi une teneur en soufre plus élevée dans l'acier que dans le métal primitif. Howe rapporte que White, dans l'usine de Bethleem, en Amérique, a trouvé plus de soufre dans l'acier que dans le métal versé dans le convertisseur; cela ne peut être dû qu'à la concentration de la masse et à une absence complète d'élimination du soufre.

Sir L. Bell, en traitant au convertisseur de la fonte du Cleveland à Spennymoor, n'a pas constaté d'élimination de soufre; Snelus, à Dowlais, employa de la fonte contenant 0,014 p. 100 de soufre et ne trouva que des traces de ce métalloïde dans l'acier; mais la fonte ne contenait aussi que des traces de soufre, de sorte qu'on ne peut rien déduire de cette observation. A Sheffield, Baker évalue à 0,107 p. 100 la proportion de soufre de la fonte, et à 0,093 celle de l'acier sortant du convertisseur. A Seraing, un métal contenant 3,75 p. 100 de manganèse et 0,04 de soufre, n'éprouva après le traitement aucune diminution dans sa teneur en soufre. Si l'on tient compte de la concentration qu'occasionne dans le convertisseur la combustion d'une partie de la fonte employée et de ce fait que le soufre reste avant et après l'opération à peu près dans la même proportion, on voit que ce métalloïde a réellement été éliminé dans un rapport égal à celui du poids du métal disparu, qui est d'environ 10 à 11 p. 100. Cette élimination doit être attribuée au manganèse existant naturellement dans le métal, ou à celui qui lui a été ajouté à l'état de spiegel ou de fonte manganésifère.

Quant à la théorie qui attribue à l'action de la silice l'oxydation du soufre pendant la première partie de l'opération, je crains qu'on ne soit obligé de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'abandonner parce qu'en réalité il n'y a pas de silice en liberté pendant l'oxydation du silicium. On sait en effet que l'oxyde magnétique et les autres oxydes qui prennent naissance d'abord près des tuyères sont les agents principaux de l'élimination du silicium, pendant qu'ils se transforment partiellement en fer et en oxyde de fer sans produire de silice libre; de plus, d'après ce qui précède, on voit que, même s'il se produisait de la silice, la température de la première période de l'opération ne serait pas assez élevée, et le temps pendant lequel la réaction s'effectue serait trop court pour qu'on puisse la comparer aux expériences du Dr Percy, dans les conditions où elles ont été faites.

L'élimination du soufre dans le four à foyer ouvert. — Snelus, Hardisty et plusieurs autres observateurs ont remarqué que dans le four à foyer ouvert, en marche acide, il ne se produit pas d'élimination du soufre, mais qu'au contraire il arrive que le soufre des gaz du foyer est absorbé. D'après nos expériences, en opérant avec un métal très pur ne contenant que 0,01 p. 100 de soufre, l'acier produit renferme de 0,025 à 0,040 p. 100 de ce métalloïde. Non seulement le soufre ainsi fixé provient de l'acide sulfureux des gaz du foyer, mais il peut venir encore en partie du minerai employé pour oxyder le bain, et il est par conséquent nécessaire de n'employer, dans ce cas, que des minerais exempts de soufre. Willis a, en effet, trouvé que 30 p. 100 du soufre contenu dans le minerai à l'état de sulfate de baryte, avait passé dans le métal. La scorie siliceuse, qui se trouve en contact avec le bain d'une manière permanente, joue à peu près exactement le même rôle que le résultat de l'oxydation du silicium dans le convertisseur Bessemer. Or, comme cette scorie n'a aucune action sur le soufre uni au métal, on voit que l'on ne saurait attribuer à la silice un rôle analogue dans le convertisseur.

Élimination du soufre dans le procédé Bessemer basique. — M. Massenez et le professeur Finkener en Allemagne, ainsi que presque tous les expérimentateurs, ont admis, comme résultant des analyses publiées, qu'il y avait une notable quantité de soufre éliminée dans le convertisseur Bessemer basique. Le professeur Finkener a montré qu'en traitant ainsi un métal contenant 0,08 p. 100 de soufre et 1,0 p. 100 de manganèse, la teneur se réduisit en deux minutes et demie à 0,047 p. 100, puis remonta à 0,055 p. 100 à la fin de l'injection d'air, et qu'enfin, après l'addition du spiegel et du ferro-manganèse, le soufre tomba à 0,05 p. 100. A Hörde, en traitant du fer sulfuré à la dose de 0,42 p. 100, avec seulement 0,41 p. 100 de manganèse, l'élimination n'eut lieu qu'après l'action de la soufflerie, la proportion de soufre s'abaissa alors à 0,26 p. 100 et même à 0,15, après l'addition de la fonte manganésifère. A Eston, en traitant du fer ordinaire de Cleveland, nous avons trouvé que, lorsque le soufre ne s'élevait primitivement qu'à 0,05 p. 100, cette proportion demeurait constante, mais lorsque la teneur atteignait 0,16 p. 100, il y avait élimination de 0,10 p. 100 de soufre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Kupelwieser a constaté, à Hörde, dans la fabrication de l'acier Bessemer, que le soufre augmentait pendant le cours de la conversion de 0,152 p. 100 à 0,206 p. 100 pour retomber à 0,133 après l'addition de spiegeleisen et de ferro-manganèse. A Witkowitz, ce même observateur trouva dans l'acier une proportion de soufre égale à celle qui se trouvait originairement dans la fonte. D'après Wedding, au Creusot, en continuant l'injection de l'air après l'élimination du phosphore, on fit passer la teneur en soufre du métal traité de 0,2 à 0,03 p. 100. M. C. H. Ridsdale nous a informé qu'après de longues expériences dans les aciéries du Nord-Est, il avait vu qu'en moyenne la quantité de soufre s'était abaissée dans le métal de 0,09 à 0,03 p. 100, le manganèse étant à l'origine de 1,5 p. 100. Sir L. Bell donne le résultat des analyses faites dans son laboratoire sur les produits obtenus à Hörde en traitant de la fonte blanche au convertisseur, elles indiquent une élimination de 73 p. 100 du soufre. Ce fait doit être toutefois regardé comme exceptionnel.

Toutes ces observations, excepté celle de Kupelwieser, montrent que, lorsque la proportion de soufre est élevée, la quantité éliminée est beaucoup plus grande que si elle est basse. Ainsi, si l'on ne tient pas compte de la perte des matières qui s'effectue pendant l'opération dans le convertisseur, on voit qu'avec 0,42 p. 100 de soufre dans la fonte on obtint 0,15 p. 100 dans l'acier, soit 64 p. 100 de moins; avec 0,307 p. 100 dans la fonte, on obtint 0,085, soit 73 p. 100 de moins; avec 0,160 p. 100 dans la fonte, on obtint 0,10 p. 100 dans l'acier, soit 37 p. 100 de moins; avec 0,09 p. 100 dans la fonte, on obtint 0,05 p. 100 dans l'acier, soit 33 p. 100 de moins; avec 0,05 p. 100 dans la fonte, on obtint 0,05 p. 100 dans l'acier, sans aucun changement. Si l'on veut tenir compte de la perte de matière qui a lieu dans le convertisseur, il faut ajouter 15 p. 100 environ aux rapports précédents.

L'élimination du soufre dans le procédé des fours basiques. — M. Harbord, dans la note sur le procédé des fours basiques qu'il a lue devant l'Institut, montre qu'en traitant des matières riches en soufre, la proportion de ce métalloïde que l'opération élimine, varie entre 45 et 50 p. 100 :

	P. 100	P. 100	P. 100
Soufre contenu dans le métal.	0,23	0,18	0,40
Soufre resté dans l'acier.	0,125	0,089	0,200
Soufre éliminé.	45	50	50

M. Hardisty nous a obligeamment communiqué les chiffres suivants, résultats de ses expériences :

	P. 100	P. 100	P. 100	P. 100	P. 100	P. 100
Soufre contenu dans le métal. . .	0,22	0,15	0,10	0,07	0,04	0,025
Soufre resté dans l'acier.	0,15	0,11	0,065	0,050	0,025	0,015
Soufre éliminé.	31	26	34	30	37	40

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'élimination a été en moyenne de 33 p. 100.

Il faut noter, dit Wedding, que dans le procédé des fours basiques, la teneur en soufre est peu abaissée ou ne l'est point, le métal produit contient donc en moyenne plus de soufre que celui qui sort du convertisseur. Wedding donne aussi des résultats qui montrent que, dans une opération faite par le procédé en question, le soufre augmenta vers la fin de 0,067 à 0,087 p. 100 et il ajoute : « Le métal préparé dans les fours doit apparemment être moins affecté par le soufre dans ses qualités physiques que celui que l'on produit par le procédé Bessemer. » Les expériences de M. Saniter confirment les conclusions du Dr Wedding. Elles n'indiquent aucune élimination dans les conditions normales. Les résultats de MM. Harbord et Hardisty doivent donc être considérés comme exceptionnels. Si nous passons en revue les remarques précédentes en prenant pour guide les théories de Wedding et de Finkener, et en ayant égard à ce fait que la chaux seule est capable, ainsi que les scories calcaires, de séparer le soufre du fer, il semble que l'élimination s'effectue par l'un des quatre moyens suivants ou par leurs combinaisons : 1° le manganèse contenu dans le métal peut, en s'en séparant, entraîner le soufre avec lui; 2° le manganèse des scories réduit pendant la déphosphoration effectue l'élimination du soufre; 3° la scorie calcaire, en contact avec la surface supérieure du bain métallique carburé, peut absorber le soufre; 4° une portion du manganèse ajouté avec le ferro-manganèse se sépare sans doute du bain en entraînant avec lui un peu de soufre. Les réactions qui accompagnent le départ du soufre dans le procédé basique n'ont cependant pas été entièrement élucidées, le sujet mérite de fixer encore l'attention.

Élimination du soufre dans le procédé Rollet. — Rollet a fait plusieurs expériences décisives sur la séparation du soufre et du fer. Dans son procédé, la fonte est maintenue liquide à une très haute température en présence d'une scorie composée de calcaire ou de chaux, de minerais de fer, de spath fluor en proportions variables suivant les qualités du métal employé. L'élimination du soufre est alors, d'après ce métallurgiste, de 99 p. 100 et même plus. L'opération se fait dans un four à réverbère muni d'un revêtement basique; le combustible employé est le coke, et la scorie renferme un grand excès de chaux et de 2,5 à 4,8 p. 100 de spath fluor, de sorte que la silice ne s'élève pas à plus de 2 p. 100. Nous n'avons pas été à même d'étudier ce procédé et de nous rendre compte de ses résultats; mais comme nous avons constaté, ainsi que M. Saniter, l'action éliminatrice de la chaux, nous pensons que la séparation du soufre et du fer est due à la scorie très calcaire que Rollet emploie dans son procédé.

Élimination du soufre à l'aide des sels alcalins. Procédé Heaton. — Ce procédé est basé sur l'action oxydante de l'azotate de soude mis en contact avec le fer liquide d'une façon particulière. L'oxygène du sel agit immédiatement et élimine le phosphore, le silicium et presque tout le soufre. Le professeur Miller

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

donne les résultats suivants, relatifs à l'analyse de trois sortes de métaux fabriqués sous ses yeux à Langley Mills :

	Fonte. P. 100	Acier brut. P. 100	Acier fin. P. 100
Carbone	2,830	1,800	0,993
Silicium, avec un peu de Titane	2,950	0,266	0,149
Soufre	0,113	0,018	traces
Phosphore	1,455	0,298	0,292
Arsenic	0,041	0,039	0,024
Manganèse	0,318	0,090	0,088

Ces analyses sont confirmées par les recherches de M. Snelus, qui a trouvé dans les scories une quantité considérable de sulfate de soude, ce sel se forme probablement par l'action de l'azotate sur le soufre contenu dans le fer. Des expériences faites en petit dans notre laboratoire nous ont amené à constater que le soufre est complètement éliminé par l'azotate de soude.

Procédé Warner. — La conduite de l'opération est analogue à celle du procédé précédent, mais au lieu d'azotate de soude, on se sert d'un revêtement formé de calcaire, de cendre sodique et d'autres matières en petites quantités. La réaction est terminée environ 10 minutes après le moment où l'on a versé le métal, on le coule alors dans des moules.

Voici quelques-uns des résultats obtenus :

	1re EXPÉRIENCE		2e EXPÉRIENCE	
	avant, p. 100	après, p. 100	avant, p. 100	après, p. 100
Soufre	0,10	0,04	0,10	0,10
Silicium	1,40	0,70	1,00	0,10
Soufre éliminé		77		90

Procédé Ball et Wingham. — Ces expérimentateurs traitèrent le fer sulfureux fondu par le cyanure de potassium, le carbonate de soude, la soude caustique, le sodium. Les chiffres suivants se rapportent aux meilleures épreuves de chaque série :

En employant :	Le métal contenant p. 100.	Soufre éliminé p. 100.
Du cyanure de potassium	0,72	100
Un mélange de cyanure et de carbonate de soude	0,46	87
Du carbonate de soude seul	1,11	86
Du carbonate de soude et de la soude caustique	0,26	92
De la soude caustique seule	0,72	83
Du sodium	0,18	100

Procédé Massenez. — Ce procédé consiste à faire un mélange convenable de fonte pauvre en manganèse et riche en soufre avec du fer contenant beaucoup

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de manganèse et peu de soufre; le manganèse du second métal agit sur le soufre du premier et se combine avec lui : le sulfure ainsi formé se sépare, et vient surnager à la surface du bain.

Analyses de métaux avant et après le mélange. — Hörde, mars 1882.

	Métaux provenant de trois fours			Après le mélange.
	p. 100	p. 100	p. 100	p. 100
Fer	92,65	93,40	91,18	92,41
Carbone combiné	3,00	2,80	3,05	3,05
Manganèse	1,72	1,30	2,50	1,68
Silicium	0,46	0,20	0,80	0,69
Soufre	0,15	0,20	0,08	0,04
Phosphore	2,02	2,10	2,39	2,13
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00

Composition de la scorie du mélange :

Silice	32,30 p. 100
Fer	5,80 —
Manganèse	33,46 —
Soufre	5,75 —

L'expérience suivante a été faite dans notre laboratoire pour vérifier la théorie sur laquelle repose cette opération. On pulvérisa du ferro-manganèse et du sulfure de fer, puis on les chauffa ensemble dans un creuset de plombagine. Après la fusion de ce mélange, le creuset refroidi fut brisé, et son contenu fut examiné. Le culot métallique était surmonté d'une scorie qui contenait 28 p. 100 de manganèse et 1 p. 100 de soufre. Le métal ne renfermait que 0,02 de soufre, ce qui montre clairement que la réaction peut se traduire par l'équation :

$$FeS + Mn = MnS + Fe.$$

Lorsque l'on coule de la fonte manganésifère dans de grands moules, le métal demeure un temps considérable à l'état liquide avant de se solidifier. Dans ces conditions, le sulfure de manganèse peut se concentrer dans la région la plus élevée du lingot. Ce fait a été, croyons-nous, indiqué pour la première fois par M. Harold Ridsdale, qui nous a adressé les analyses d'échantillons métalliques pris aux deux bouts d'un lingot de forte taille. La proportion de soufre était de 0,75 p. 100 à la partie supérieure, de 0,112 p. 100 à la partie inférieure; le manganèse s'élevait à 1,35 p. 100 à la partie supérieure, à 0,547 p. 100 à la partie inférieure. Il est remarquable que cette grande quantité de soufre et de manganèse ne donne pas un aspect blanc à la cassure de l'échantillon : ce fait permet de supposer que ces deux éléments présents dans le fer, à l'état de combinaison mutuelle, n'exercent pas la même influence sur le carbone pour l'empêcher de prendre l'état graphitique que lorsqu'ils sont l'un et l'autre combinés au fer.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Procédé Saniter. — L'élimination du soufre se fait par ce procédé dans un four basique, en additionnant le métal fondu d'environ 25 kilogrammes de chlorure de calcium par tonne d'acier et en opérant en présence d'un excès de chaux; d'ailleurs, tout se passe suivant la pratique ordinaire. La quantité de calcaire que l'on ajoute avec la fonte et les riblons est plus grande que d'habitude; mais, aussitôt que tout le chlorure de calcium est employé, le métal étant fondu, le mélange de la chaux et du minerai a lieu comme dans le traitement normal.

Pendant une visite aux aciéries de Wigan, nous avons été témoin du travail de plusieurs charges de fonte par ce procédé, et les analyses ont donné les résultats suivants :

Matières employées.

Minerai.	P. 100	*Chaux.*	P. 100
Peroxyde de fer	71,80	Chaux	93,00
Protoxyde de fer	9,70	Magnésie	1,05
Acide phosphorique	1,50	Alumine	0,55
Matières siliceuses	4,00	Peroxyde de fer	traces
Soufre	0,30	Silice	1,25
		Acide sulfurique	0,10
		Pertes	4,05
			100,00

Chlorure de calcium.

	P. 100
Chlorure de calcium	70,27
Chlorure de magnésium	0,18
Silice et oxyde de fer	0,11
Sulfate de chaux	traces
Eau	29,44
	100,00

	ANALYSE du métal traité.	7,20 après fusion.	8,35 après addition de chlorure de calcium.	10,10	11,30	ACIER.
	p. 100	p. 100	p. 100	p. 100	p. 100	p. 100
Carbone	1,67	0,40	0,33	0,22	0,15	0,15
Silicium	0,15	traces	»	»	»	traces
Soufre	0,37	0,36	0,093	0,082	0,058	0,047
Phosphore	1,67	1,25	1,106	0,340	0,065	0,056
Manganèse	0,46	0,22	»	»	»	0,590

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

SCORIE.	APRÈS FUSION.	APRÈS ADDITION de Ca Cl.	SCORIE de l'acier.
	p. 100	p. 100	p. 100
Chaux	58,6	54,65	48,98
Chlorure de calcium	»	7,70	2,02
Fer	»	2,20	10,20
Protoxyde de manganèse	»	2,80	5,01
Silice	»	10,75	10,20
Acide phosphorique	»	10,81	12,30
Soufre	»	1,25	0,65

Le soufre éliminé s'élevait une demi-heure après l'addition de chlorure de calcium à 73 p. 100. La totalité du soufre éliminé fut de 87 p. 100.

En août 1892, nous avons pu examiner, aux aciéries de Wigan, la marche d'une opération. L'analyse des matières donna les résultats suivants :

	APRÈS FUSION.	UNE HEURE APRÈS addition de chlorure de calcium.	SCORIE à la fin de l'opération.
	p. 100	p. 100	p. 100
Chaux	42,42	44,34	47,86
Chlorure de calcium	traces	6,65	1,66
Magnésie	5,11	4,61	4,03
Protoxyde de manganèse	7,18	3,20	3,37
Peroxyde de fer	2,43	2,28	4,57
Protoxyde de fer	4,63	3,34	10,41
Alumine	2,24	1,65	1,78
Silice	19,45	14,45	11,75
Soufre	0,28	0,53	0,57
Acide phosphorique	15,34	18,60	13,73
Corps non dosés	1,02	0,81	0,55
TOTAL	100,14	100,26	100,28
A retrancher l'oxygène de la chaux après la combinaison du calcium avec le soufre	0,14	0,26	0,28
TOTAL	100,00	100,00	100,00
Métaux.			
Carbone	0,83	0,34	0,120
Manganèse	»	»	0,650
Silicium	traces	»	»
Soufre	0,17	0,082	0,035
Phosphore	1,07	0,65	0,048

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le soufre éliminé s'éleva à 52 p. 100 une heure après l'addition du chlorure de calcium, et à 67 p. 100 à la fin de l'opération. La chaux se trouvait évidemment en défaut, c'est ce qui explique l'imparfaite élimination du soufre.

Les expériences suivantes ont pour but de rendre compte des réactions qui ont lieu lorsque le chlorure de calcium est en présence du fer sulfuré.

1° Du chlorure de calcium, fondu dans un creuset de plombagine avec un excès de soufre, n'en absorba que 0,219 p. 100 ; cela prouve qu'en pratique, ce n'est pas à l'action isolée du chlorure de calcium que l'on doit attribuer l'élimination du soufre ;

2° En fondant ensemble des poids égaux de sulfure de fer et de chlorure de calcium, le chlorure retint 0,429 p. 100 de soufre et 2,90 p. 100 de fer ;

3° On maintint pendant une heure et demie, à l'état fondu dans un creuset, de la fonte sulfureuse et du chlorure de calcium, le métal perdit 31 p. 100 du soufre qu'il contenait, ce qui réduisit sa teneur de 0,40 à 0,274 p. 100.

Dans ces deux dernières expériences, le chlorure de calcium fut partiellement décomposé sous l'action de la chaleur ; il est possible, dès lors, que la chaux ainsi mise en liberté ait été la cause de l'élimination du soufre.

4° Cette opération fut conduite comme la précédente, mais on substitua au chlorure, du fluorure de calcium. La fonte perdit 32 p. 100 du soufre qu'elle contenait.

5° On sait que la chaux seule est capable d'éliminer le soufre : il était donc probable qu'en agitant de la fonte liquide avec des fragments de chaux de manière à renouveler constamment les surfaces en contact, on obtiendrait une rapide élimination du soufre. Pour s'assurer de ce fait, on remplit de morceaux de chaux un grand creuset de plombagine, que l'on chauffa ensuite au-dessus du point de fusion de la fonte. On versa sur la chaux une petite quantité de fonte et l'on secoua le tout pendant cinq minutes pour permettre au métal de gagner le fond du creuset. L'analyse du soufre donna les résultats suivants :

Avant le traitement.	0,51 p. 100
Après —	0,27 —

On voit donc que s'il n'existait pas de procédés plus simples pour obtenir l'élimination du soufre, on pourrait atteindre ce résultat en versant le métal sulfuré liquide sur une colonne composée de fragments de chaux et chauffée à une température suffisante.

Élimination du soufre dans la fonte fluide. — Ce procédé est analogue à celui de Heaton et Warner, mais au lieu de se servir de sels alcalins, on emploie un mélange de chaux et de chlorure de calcium. Nous avons assisté à une opération de cette espèce en août 1892, et nous avons pu analyser le métal avant et après la purification. Au moment de notre visite, la fonte était très pure et presque

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

exempte de soufre, et l'on nous fit observer qu'il n'était pas d'usage de traiter un pareil métal; mais on sait que, quel que soit le procédé adopté, ce sont les dernières traces de soufre dont l'élimination présente le plus de difficultés, de sorte que si l'on constatait une proportion quelconque de soufre éliminé dans une fonte contenant moins de 0,05 p. 100 de ce métalloïde, on pourrait avoir confiance dans le mode d'action du procédé avec des fontes plus sulfurées, c'est pourquoi nous demandâmes de soumettre au traitement le métal tel qu'il se présentait.

On employa dans ce but 32 kilogrammes de chlorure de calcium brut, ayant la composition suivante :

	Chlorure desséché. P. 100	Chlorure brut. P. 100
Chlorure de calcium	97,60	70,27
Chlorure de magnésium	0,25	0,18
Résidus insolubles	0,15	0,11
Sulfate de chaux	traces	traces
Eau	2,00	29,44
	100,00	100,00

Ce chlorure fut broyé et mêlé à 27 kilogrammes de chaux en poudre, le tout fut placé sur le seuil d'une cuiller garnie de briques réfractaires et préalablement chauffée. On jeta quelques morceaux de bois au-dessus du mélange pour empêcher que le métal en coulant ne vînt occuper le fond de la cuiller.

En général, ce n'est pas ainsi qu'on opère. Quand on fait la coulée des hauts fourneaux, la première portion de la fonte est versée directement dans la cuiller que l'on remplit ainsi presque en entier (2 tonnes et demie).

Dès que le métal est dans la cuiller, il se dégage beaucoup de flammes et de fumée, les flammes sont certainement dues en grande partie à l'action de la chaleur sur le bois; cependant l'eau ajoutée dans le chlorure de calcium a dû aussi être décomposée, et l'hydrogène mis en liberté a dû s'enflammer, lors de l'irruption du métal. On observa, en outre, des vapeurs d'acide chlorhydrique. La réaction parut être très énergique, mais ne dura qu'environ trois minutes. La scorie et le métal sous-jacent étaient très fluides, et ce dernier fut coulé dans des moules aussitôt l'opération terminée. On recueillit des échantillons de métal avant et après le traitement, les analyses exécutées dans notre laboratoire donnèrent les résultats suivants :

Soufre avant l'opération	0,036 p. 100
— après l'opération	0,012 —
Soufre éliminé	66 —

La teneur en manganèse était un peu inférieure à 2 p. 100. Il est regrettable que la proportion de soufre n'ait pas été plus forte et celle du manganèse plus petite, car il est impossible de dire, dans les conditions où s'est faite l'expérience,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

si l'élimination du soufre est due au manganèse ou à la garniture employée. Ainsi qu'on le verra plus loin, l'oxychlorure de calcium exerce une action éliminatrice remarquable.

Les expériences suivantes, sur le même procédé, ont été faites dans notre laboratoire avec de la fonte contenant :

Carbone	2,04 p. 100
Silicium	0,14 —
Soufre	0,400 —
Phosphore	2,140 —

1° — 5 grammes de ce métal furent placés dans un creuset brasqué au charbon et recouverts avec de la chaux, et le tout fut porté au rouge blanc pendant une heure. Après l'opération, la teneur en soufre du métal fut trouvée de 0,025 p. 100, correspondant à une élimination de 91 p. 100 ; la chaux contenait du sulfure de calcium ;

2° — 5 grammes de fonte furent placés dans un creuset brasqué à la chaux et recouverts de chaux ; on chauffa au blanc pendant deux heures. La composition du métal était :

Avant l'opération	Carbone	2,04 p. 100
	Soufre	0,40 —
Après l'opération	Carbone	0,23 —
	Soufre	traces

soufre éliminé 100 p. 100. La chaux était mélangée de sulfure de calcium ;

3° — 5 grammes de fonte furent chauffés au blanc pendant une heure dans un creuset brasqué au charbon sous un mélange de chlorure de calcium et de chaux ; l'élimination du soufre dans le métal produit fut de 97 p. 100 ;

4° — 5 grammes de fonte furent chauffés au blanc pendant deux heures sous un excès de chlorure de calcium et de chaux. Avant l'opération, le métal contenait 0,51 p. 100 de soufre, l'élimination fut de 100 p. 100. Le soufre s'était combiné à la scorie ;

5° — 100 grammes de fonte très sulfureuse furent coulés dans un creuset de plombagine contenant un excès d'oxychlorure de calcium fondu (chlorure 80 p. 100, chaux 20 p. 100). Le tout fut brassé doucement pendant une minute, puis versé dans un moule.

Teneur en soufre, avant l'opération	1,86
— — après l'opération	0,04

soufre éliminé 98 p. 100. La scorie renfermait 1,02 p. 100 de soufre.

Nous avons chauffé au rouge vif, dans une capsule de platine, de la fonte sous du chlorure de calcium, pendant des durées de temps variables, et nous avons observé que la surface métallique reste d'abord brillante, tandis que des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

flocons d'oxyde de fer prennent naissance au milieu du chlorure ; lorsque l'action de la chaleur se prolonge, une pellicule d'oxyde se forme sur la surface de la fonte.

Cette expérience prouve que le chlorure de calcium exerce sur le fer une action spéciale lorsque l'on chauffe ce métal à l'air libre de manière que sa surface soit bien recouverte par le chlorure fluide. Dans ces conditions, la présence de flocons d'oxyde de fer semble indiquer qu'il se forme du chlorure de fer et que ce sel est ultérieurement décomposé par la chaux du chlorure de calcium.

Quand on chauffe du chlorure de calcium au contact de l'air humide, il se dégage de l'acide chlorhydrique, avec production de chaux libre. Les chiffres suivants représentent la composition d'un chlorure de calcium chimiquement pur, après une chauffe d'une heure, à l'air humide, dans une capsule de platine.

	Avant, p. 100.	Après, p. 100.
Chlorure de calcium	100,00	85,61
Chaux	»	14,39
	100,00	100,00

A chaud, ce mélange est complètement fluide et transparent, il représente donc soit une solution de chaux dans le chlorure, soit un oxychlorure de calcium. L'action oxydante qu'exerce sur le fer le chlorure de calcium, est fortement accrue si l'on ajoute à ce sel fondu une petite quantité de chaux : le fer se couvre alors presque immédiatement d'une couche d'oxyde. Le sulfure de fer se dissout rapidement dans l'oxychlorure et ne semble avoir aucune tendance à se séparer de cette solution d'apparence homogène. Nous avons d'ailleurs montré que la chaux seule, en contact avec la fonte sulfurée au rouge blanc, est capable de déterminer le départ du soufre, si l'action est suffisamment prolongée.

En résumé, si l'on prend tous ces faits en considération, on voit que, dans ce procédé, l'élimination du soufre se fait d'après l'une des réactions suivantes, ou leurs combinaisons :

1° Le chlorure de calcium en présence de la chaux libre se décompose au contact du fer liquide, et le calcium à l'état naissant se combine au soufre, le chlorure de fer formé est ensuite transformé en chlorure de calcium et oxyde de fer sous l'action de la chaux ;

2° La chaux présente dans la scorie contribue à l'élimination du soufre ;

3° Le sulfure de fer, dissous dans la fonte, se sépare par simple dissolution dans l'oxychlorure.

Ce procédé présente encore un avantage important : lorsque, dans un four à foyer ouvert, les scories contiennent de l'oxychlorure de chaux, le soufre n'a aucune tendance à passer des scories dans le métal ; or, on sait que dans les conditions ordinaires, si l'on emploie des minerais contenant du soufre, ce

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

métalloïde s'unit en partie au fer; ce passage a lieu ordinairement dès que les scories contiennent plus de 0,25 p. 100 de soufre.

(*Iron.*)

PROCÈS-VERBAUX

Séance du 24 novembre 1893.

Présidence de *M. le Colonel Pierre*, vice-président.

M. Dedieu, menuisier, rue Pavée-au-Marais, 12. — Presse pour façonner les petits bois des croisées, portes vitrées, vitrages, etc. (Constructions et Beaux-arts.)

M. Bernard Tignol, directeur-gérant de la *Science pour tous*, demande l'échange de son journal avec le *Bulletin*. (Bulletin.)

M. le Directeur de l'Association des industriels de France contre les accidents du travail demande l'échange de ses publications avec le *Bulletin*. (Bulletin.)

M. Honoré, quai des Célestins, 2. — Nouvelle édition de sa brochure intitulée : *Voici les tambours qui vont faire du bruit dans le monde*. (Bibliothèque.)

M. Chaigneau, ingénieur des arts et manufactures, rue Saint-Placide, 45. — Étude des coefficients nécessaires au calcul d'une machine aérienne, qu'il présente pour le concours. (Arts mécaniques.)

La Chambre de commerce de Dunkerque envoie une notice sur le port de Dunkerque et demande l'échange de ses publications avec le *Bulletin*. (Bulletin.)

M. Bugeaud de Redon, ancien officier de cavalerie, route de Clamart, 14, à Vanves (Seine). — Système dit *tendeur* pour le serrage des bois de lits. (Arts mécaniques.)

M. Jules Garçon, ingénieur-chimiste, fait hommage du tome I[er] de son ouvrage intitulé *Pratique du teinturier*. (Bibliothèque.)

M. Boyer, directeur de l'Institution régionale des sourds-muets et des jeunes aveugles de Dijon, envoie des documents pour concourir au prix d'Aboville. (Commerce.)

M. J. Rousseau, capitaine d'artillerie à Puteaux, envoie pour la bibliothèque de la Société sa brochure intitulée : *Application de l'électricité à la métallurgie. — Fabrication de l'aluminium*. (Bibliothèque.)

MM. Dwelshauvers-Dery, professeur à Liège, et *Julien Weiler*, ingénieur aux charbonnages de Mariemont, adressent un volume intitulé : *Referendum des Ingénieurs. — Enquête sur l'enseignement de la mécanique*. (Arts mécaniques.)

M. Bandsept, ingénieur à Bruxelles, adresse une brochure intitulée : *Production et utilisation rationnelles de la chaleur intensive du gaz. — Combustion sans fumée*. (Bibliothèque.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Société de secours des amis des sciences. — Compte rendu du 33e exercice. — Séance publique annuelle tenue le 17 mai 1893. (Bibliothèque.)

Ministère de l'Agriculture. — Informations et renseignements. — Inde, États-Unis, Allemagne, Norvège, Italie... (Bibliothèque.)

COMMUNICATIONS. — *Forménephone.* — *M. Laussedat*, membre du Conseil, présente une note sur une méthode ainsi que la description d'un appareil, nommé *Forménephone*, destiné à reconnaître et annoncer, même à distance, la présence du grisou dans une galerie de mine et d'en faire connaître la quantité, par *M. E. Hardy*, ingénieur à Dreux. Cet appareil est fondé sur un principe d'analyse absolument nouveau qui permet de déterminer la quantité d'un gaz étranger contenu dans l'air, au moyen du son que produit le mélange gazeux en passant dans des tuyaux sonores.

Lorsqu'on fait parler en même temps deux tuyaux d'orgue donnant le même son, à l'aide de deux souffleries distinctes alimentées d'air pur, on obtient un son unique. Tout étant ainsi réglé, si l'une des souffleries, au lieu d'être alimentée d'air pur, reçoit un mélange d'air et de formène, le son du tuyau d'orgue correspondant est modifié, et les deux tuyaux parlant en même temps donnent des battements plus ou moins fréquents, suivant que le mélange est plus ou moins riche en *formène*.

Ce sont ces battements très nets qui servent à faire connaître la présence du grisou, et leur fréquence indique la plus ou moins grande quantité de formène existant dans la galerie de mine.

Le *Forménephone* se prête à deux types d'appareils qui sont décrits par M. Laussedat. En alimentant l'appareil avec un mélange d'air et de tout autre gaz n'ayant pas la même densité, d'acide carbonique, par exemple, on obtient de même des battements. De sorte que le Forménephone peut servir à indiquer si l'air est vicié dans un endroit quelconque, salle d'hôpital, salle de théâtre. Installé dans une chambre de dimensions ordinaires, il donne des battements provenant de l'air vicié par l'acide carbonique de la respiration, lorsque cette chambre a été habitée pendant quelques heures par une seule personne.

M. le Président remercie *M. Laussedat* de l'intéressante communication qu'il vient de faire au nom de *M. Hardy* et la renvoie au Comité des Arts chimiques.

Greffage des racines. — *M. Geneste*, propriétaire à Vigneu (Isère), fait une communication sur un nouveau procédé de greffage des racines s'appliquant à la reconstitution des vignobles phylloxérés. Le procédé ordinaire consiste à arracher les pieds contaminés et à planter des ceps américains sur lesquels on greffe la vigne française. M. Geneste opère autrement, il ramène vers le sol les sarments du cep phylloxéré et, à leur extrémité inférieure, adapte un greffon américain renversé qui, se développant uniquement en profondeur, ne tarde pas à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pousser de puissantes racines susceptibles de nourrir tout le pied. Quant aux principaux emplois possibles et pour n'envisager que la vigne, on peut signaler :

1° Le remplacement des racines françaises menacées ou malades par des racines américaines résistantes ;

2° Le remplacement des racines américaines mal adaptées par d'autres mieux appropriées.

Mais, en général pour la vigne et les autres plantes greffables, le procédé doit pouvoir offrir une application utile chaque fois qu'il y aura pratiquement avantage au remplacement de racines insuffisantes, malades ou vieillies, par d'autres offrant de meilleures conditions physiologiques.

M. le Président remercie *M. Geneste* de son intéressante communication qui est renvoyée au Comité d'Agriculture.

Explosifs de sûreté. — *M. Daniel*, ingénieur, docteur spécial de l'Université de Bruxelles et directeur de la Compagnie des Explosifs Sécurité, fait une communication sur les points nouveaux développés dans son ouvrage intitulé : *Les Explosifs industriels, le grisou et les poussières de houille*, présenté pour le concours de la Société.

Étant données les conditions de danger toutes particulières dues à la présence du grisou et des poussières de houille dans les milieux souterrains, ainsi qu'à leur température élevée, l'emploi des explosifs a dû fatalement y engendrer de bien nombreux accidents. C'est pour en restreindre le nombre que l'on a conçu les explosifs de sûreté, produits dont la température d'explosion est suffisamment basse pour ne pas provoquer l'inflammation de l'atmosphère ambiante.

La composition de ces substances est fondée sur deux principes bien distincts : une première catégorie comprend ceux dont l'abaissement de température est dû aux réactions mutuelles qui s'opèrent entre les produits de l'explosion. Ce sont les explosifs à base d'azotate d'ammoniaque préconisés par la Commission française ; citons aussi la bellite, la roburite, la sécurité, les explosifs Favier, etc. Dans la seconde catégorie, l'agent actif est additionné d'un sel métallique hydraté, la mise en liberté de l'eau de cristallisation et sa projection à un état très divisé consomment un travail qui abaisse d'autant la température de détonation. Explosif type : la grisoutite ou dynamite à grisou.

L'ingénieur des mines, placé entre plusieurs produits qui lui sont présentés, doit pouvoir se rendre compte de leurs avantages et inconvénients respectifs.

L'examen des explosifs de sûreté doit porter sur leurs qualités générales d'abord, et ensuite sur la sécurité que l'on peut en attendre en présence du grisou et des poussières de houille.

La première des propriétés générales qu'il y a lieu d'examiner, est l'effet

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

utile, le rendement. La puissance de l'explosif en est le facteur principal. Mais ce terme ne peut recevoir de définition précise; dans chaque cas particulier, la puissance se ramène à une question de prix de revient.

Industriellement, on préconise deux dispositifs sommaires à l'effet d'évaluer la puissance : le mortier-éprouvette et l'essai au bloc de plomb. Après avoir indiqué les erreurs inhérentes à l'emploi de ces appareils, M. Daniel a montré combien leur principe est vicieux en lui-même. On n'est nullement autorisé à considérer, dans les blocs de plomb par exemple, les dilatations obtenues comme proportionnelles aux puissances utilisables. Les chiffres que fournissent de tels essais confirment hautement leur manque d'exactitude. D'après M. Daniel, la seule manière d'élucider la question serait d'employer dans un même chantier et pendant des périodes consécutives assez longues les explosifs dont il s'agit. Dans de telles conditions et à la suite d'un nombre très considérable d'expériences exécutées sur les travaux mêmes, contrôlées par des hommes impartiaux et compétents, il pourra être possible de comparer les produits présentés.

Outre la puissance de l'explosif, il convient de considérer sa densité : si elle est élevée, les dimensions du trou de mine sont diminuées d'autant. La conservation, la sécurité du maniement, l'aptitude à la détonation et la nocuité des substances explosibles, envisagée au double point de vue des produits dégagés et du contact avec l'épiderme, entrent aussi en ligne de compte.

En ce qui concerne ces diverses propriétés, des expériences peuvent aisément être faites. Mais il en est tout autrement au point de vue spécial de la sécurité. Il ne peut, en effet, venir à l'esprit de personne de miner dans un endroit effectivement dangereux. Pour apprécier la sécurité, il convient de procéder à des expériences de laboratoire, pratiquées dans des galeries de même section que les galeries de mine, chacun des facteurs susceptibles d'augmenter le danger atteignant le maximum qu'il peut présenter en pratique. Cela étant, on fera varier ces divers facteurs de manière à déterminer les conditions extrêmes dans lesquelles l'explosif proposé cesse de réaliser la sécurité.

M. Daniel a été frappé des contradictions radicales que présentent les résultats de ces essais, suivant qu'ils sont organisés par les partisans de tel ou tel explosif. Il en attribue la cause à l'indétermination qui a présidé à leur conduite. On ne peut évidemment comparer deux objets qu'après avoir précisé les conditions où ils se trouvent placés.

La première des conditions qu'il importe de préciser est la composition qualitative et quantitative de l'explosif. Une indication nominale ne peut être suffisante, car la composition qu'elle couvre peut varier au gré du fabricant.

Après les éléments relatifs au trou de mine, à la charge et au détonateur, il convient de déterminer le bourrage employé. M. Daniel ne préconise pas les expériences avec bourrage en poussière de houille : le danger de tels bourrages

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

étant presque unanimement admis, il importe de les proscrire avec rigueur. Par suite, il n'y a pas lieu de s'en occuper. Restent donc les essais avec bourrage incombustible (argile, sable, etc.) ou bien sans bourrage. Ces deux catégories répondent à des cas susceptibles de se produire en pratique.

La composition de l'atmosphère comporte d'abord la détermination qualitative et quantitative du gaz mélangé à l'air. Les divergences d'opinion relatives à la composition du grisou ne permettent d'admettre qu'avec réserve l'addition de formène pur, moins inflammable que les termes plus élevés de la série. Quant au gaz d'éclairage, il introduit un élément d'indétermination.

Les poussières de houille constituent un second élément de danger. Après avoir rappelé les théories *poussiéristes* et *anti-poussiéristes*, M. Daniel ajoute qu'on ne peut absolument considérer la question comme élucidée. Ce qu'il y a de certain, c'est que les poussières accroissent le danger. Il est donc absolument indispensable d'en introduire en suspension dans l'atmosphère de la galerie d'essai. L'inflammabilité des poussières varie avec leur ténuité, leur siccité, la quantité employée et la nature chimique. En ce qui concerne ce dernier facteur, M. Daniel préconise la détermination de l'inflammabilité spécifique des poussières de houille ou indication de leur degré d'inflammabilité au moyen d'un nombre. Il esquisse le principe de deux procédés propres à atteindre ce résultat.

L'indication de ces différents facteurs d'inflammabilité présente également un grand intérêt au point de vue du classement des houillères poussiéreuses (arrêté ministériel du 1er août 1890). Peut-être pourrait-elle permettre de ne pas devoir recourir à un classement purement empirique. M. Daniel insiste sur la nécessité de ne pas perdre de vue, à côté des mesures préventives qui concernent le grisou, toutes les mesures d'exploitation propres à diminuer le danger dû aux poussières.

A côté des indications relatives aux poussières, la détermination de l'atmosphère doit porter sur la température susceptible d'exercer une influence considérable, ainsi que sur l'état hygrométrique.

M. Daniel regrette que le manque de temps ne lui permette que de signaler seulement les considérations développées dans son ouvrage relativement aux ratés de mine, tirage et commande électriques des perforatrices, gisement, pression et dégagement du grisou, influence des variations barométriques, etc.

M. le Président remercie *M. Daniel* de son intéressante communication qui est renvoyée au Comité des Arts chimiques.

La laiterie en Amérique. — *M. Lezé*, professeur à l'École d'agriculture de Grignon, qui avait été délégué par le ministre de l'Agriculture à l'Exposition de Chicago avec mission d'étudier la section de laiterie, décrit à la Société les nouveaux appareils et nouveaux procédés qu'il a été à même de voir et d'étudier en Amérique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les Américains, tendant à délaisser la culture du blé comme de moins en moins rémunératrice, se sont adonnés à l'industrie des produits du lait et y ont fait des progrès rapides.

Dans la fabrication des beurres et fromages, M. Lezé décrit une nouvelle écrémeuse mécanique à action directe de la vapeur, appareil présentant le grand avantage de refroidir la crème et le lait séparés.

Les Américains pratiquent la maturation de la crème dans un vase unique conservé dans un bain d'eau à température constante; leurs produits sont plus homogènes et plus réguliers que les nôtres.

Ils ont imaginé pour le délaitage du beurre un malaxeur automatique, appelé chez eux le *fargo*. Le fargo relève automatiquement le beurre malaxé, il économise de la main-d'œuvre et remplace, dans les mêmes dimensions et la même force, quatre ou cinq de nos malaxeurs usuels.

Dans la fabrication du fromage, M. Lezé démontre l'intérêt qu'il y aurait pour nous à étudier et à vulgariser la fabrication du *cheddar* qui est le *cantal* perfectionné.

Il décrit ensuite l'organisation de la laiterie de l'Exposition, les expériences faites tous les jours sur les rendements et qualités des diverses races laitières, et il termine sa conférence en montrant l'étendue des soins et des sacrifices que les Canadiens s'imposent dans l'enseignement de la laiterie.

M. Lezé a visité les écoles de Saint-Hyacinthe et de Guelph et fait ressortir les avantages de leur magnifique organisation.

Nous désirons en France conserver dans l'industrie de la laiterie une suprématie que nous détenons sans conteste depuis de longues années; la conférence aura servi à démontrer que, si nous voulons la conserver, nous devons nous hâter d'étudier et d'adopter les méthodes perfectionnées des Américains.

M. le Président remercie *M. Lezé* de son intéressante communication et le prie d'en faire une rédaction pour le Bulletin.

Séance du 8 *décembre* 1893.

Présidence de *M. Tisserand*, président.

M. le Président annonce que le scrutin est ouvert pour l'élection du bureau pour 1894.

M. Denis de Porte, boulevard Saint-Michel, 141. — Système de refroidissement des habitations, hôpitaux, salles de théâtre, etc. (Arts mécaniques.)

M. Henri Satre, ingénieur-constructeur, à Lyon. — Surchauffeur-récupérateur de la vapeur (système Dusert et Epèche), dans le foyer même ou l'arrière-foyer des chaudières. (Arts mécaniques.)

M. Zographakis, maître d'école à Marathon (Grèce). — Mémoire grec sur le mouvement des trapèzes magiques. (Arts économiques.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Griveaux, boulevard Pasteur, 42, à Nantes. — Système de machine devant utiliser la vapeur indéfiniment. (Arts mécaniques.)

M. Albert Fournier, rue Turbigo, 21. — Sourdines pour amortir les bruits causés dans les appartements par le déplacement des meubles. (Constructions et Beaux-Arts.)

M. Jules Guillermet, négociant à Châtillon-de-Michaille (Ain). — Rapport technique sur l'utilisation des chutes de la Valserine au-dessus de Châtillon-de-Michaille pour la production de force motrice. (Arts économiques.)

M. Yayer, avenue du Maine, 163. — Notice sur la propulsion et la direction des bateaux à vapeur, au moyen de l'air comprimé, sans aubes, ni hélices, ni gouvernails. (Arts mécaniques.)

M. Carl Delisle, ingénieur. — Documents divers relatifs à l'unification des filetages. (Commission spéciale.)

M. Haton de la Goupillière fait hommage de l'ouvrage qu'il vient de publier, intitulé : *La géométrie des masses*. (Bibliothèque.)

M. le docteur Effront, à Bruxelles. — Étude sur la fermentation des mélasses. (Arts chimiques).

M. Bondonneau, à Saint-Mandé. — Notice sur des transporteurs hydrauliques à barrages. (Arts chimiques).

M. Fisch, rue des Alouettes, 40, à Belleville. — Ouvrage intitulé : *La photographie au charbon*. (Construction et Beaux-Arts.)

M. Pagnoul, directeur de la station agronomique du Pas-de-Calais. — Brochure intitulée : *Terres arables du Pas-de-Calais*. (Agriculture.)

M. Martinet, directeur du journal *le Jardin*, demande l'échange avec le *Bulletin*. (*Bulletin*.)

M. Félicien Michotte, ingénieur. — *Traité industriel et scientifique des plantes textiles. — La Ramie*, Tome II. (Arts mécaniques.)

M. Durvelle. — Fabrication des essences et parfums. — Fritsch, éditeur. (Arts chimiques.)

M. Fritsch, éditeur, rue du Dragon, 30, fait hommage du tome Ier du *Traité de la fabrication du sucre de betterave et de canne*, par MM. Baudet, H. Pellet, Ch. Saillard. (Agriculture.)

M. Le Chatelier, membre du Conseil, fait hommage d'une brochure qu'il vient de publier, intitulée : *Procédés d'essais des matériaux hydrauliques*. (Bibliothèque.)

M. F. Wallin. — Ouvrage intitulé : *Choix et usage des objectifs photographiques*, 1 vol. in-12. Gauthier-Villars et fils, éditeurs.

Rapport sur le dessin élémentaire (Méthode Othis), par *M. Casalonga*.

Ministère de l'Intérieur. — Service vicinal. — Programme de l'année 1890. — Compte rendu des opérations présenté par M. Ch. Dupuy, président-ministre de l'intérieur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Agriculture du département de la Meuse, par *M. A. Prudhomme*, professeur d'agriculture de la Meuse. — Ouvrage récompensé par la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale.

Ministère des travaux publics. — Statistique des chemins de fer français au 31 décembre 1891. — Documents divers. 2e partie. — France. — Intérêt local. Algérie et Tunisie.

Bibliography of the Chinookan Languages, par James Constantin Philing. — Washington.

Eight annual Report of the Bureau of Ethnology. to the secretary of the Smithsonian Institution, 1886-87, par J.-W. Powell, directeur. — Washington.

COMMUNICATIONS. — *Projecteurs électriques*. — *M. Sciama*, directeur de la maison Bréguet, présente les nouveaux projecteurs à miroirs paraboliques que la maison Bréguet construit depuis deux ans.

L'importance des projecteurs croît de jour en jour dans la tactique navale. C'est le plus efficace moyen de défense que possèdent les cuirassés contre les attaques nocturnes des torpilleurs. Pour la protection des côtes et la défense des passes, les projecteurs sont encore d'un secours extrêmement apprécié. Aussi leur emploi se généralise-t-il de plus en plus, non seulement sur les navires de guerre qui en possèdent maintenant six et même huit, mais encore dans les blockhaus de nos forts et même dans les sections techniques de nos corps d'armée en campagne. Les premiers réflecteurs employés pour les projections électriques étaient métalliques, à section parabolique. Le poli disparaissait rapidement et avec lui les propriétés réfléchissantes du miroir.

Fresnel substitua au miroir des lentilles de verre savamment combinées pour donner au faisceau lumineux un parallélisme suffisant. Son appareil était inaltérable, mais trop coûteux et d'un maniement trop délicat.

Divers constructeurs, en France et à l'étranger, construisirent alors des miroirs en verre, sphériques, argentés sur la face postérieure. La simplicité de construction et la solidité de ces miroirs compensaient les inconvénients dus à la divergence de faisceau et à la longueur de la distance focale.

C'est pour remédier à ces inconvénients qui s'exagéraient dès que le miroir atteint certaines dimensions que M. le colonel Mangin a créé ses miroirs aplanétiques. On sait que le miroir Mangin est formé d'une glace en verre taillée sur ses deux faces suivant deux sphères de rayons inégaux et argentée sur sa face convexe. Les rayons envoyés par la source lumineuse placée du côté de la concavité du miroir traversent le verre, sont réfléchis sur la face argentée et sortent après avoir subi une double réfraction. Le colonel Mangin a déterminé les relations qui doivent exister entre les rayons des deux sphères, l'indice de réfraction du cristal employé, et l'épaisseur minima du miroir pour que les rayons incidents sortent sensiblement parallèles à l'axe optique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Mais le miroir Mangin n'est qu'un moyen extrêmement ingénieux d'obtenir le parallélisme des rayons émis par une source lumineuse. Géométriquement le seul miroir qui résoudrait le problème, si la source était réduite à un point, serait le miroir parabolique. On avait essayé depuis de longues années de construire des miroirs paraboliques en verre, mais on avait toujours été arrêté par les difficultés de la taille. Les Allemands, qui ont entrepris depuis quelques années cette fabrication, avaient commencé par se contenter de bomber une glace de verre à chaud sur un calibre en métal ayant rigoureusement la forme d'un paraboloïde de révolution. Les miroirs obtenus par ce procédé étaient de qualités absolument inégales, quelques-uns tout à fait réussis, tandis que d'autres s'écartaient tellement du profil de la parabole que les faisceaux obtenus ne présentaient plus aucune homogénéité.

Il a fallu, pour avoir une fabrication régulière, arriver à tailler les glaces suivant des méridiens rigoureusement paraboliques, malgré la difficulté que ce travail présente. Cette fabrication est maintenant parfaite, et la maison Schuckert livre des projecteurs dont les qualités optiques sont des plus remarquables. C'est en suivant des méthodes analogues, quoique sans connaître le détail de la fabrication allemande, que la maison Bréguet construit actuellement des miroirs paraboliques.

Les miroirs paraboliques en verre, argentés sur la face convexe, peuvent théoriquement arriver à être parfaits. L'étalement du faisceau lumineux, toujours inévitable, ne provient plus que des dimensions forcément finies de la source lumineuse. Le champ est très limité et l'intensité lumineuse dans ce champ est maxima. Le faisceau est bien homogène, nettement limité à sa périphérie, et exempt de coloration sur les bords. La distance focale est en outre toujours plus réduite que celle des miroirs Mangin de même ouverture. Pour un miroir Mangin de 900 millimètres, celle-ci est en effet de 680 millimètres, tandis que dans le miroir parabolique elle n'est que de 340 millimètres. Or, l'éclairement du miroir étant inversement proportionnel au carré de la distance focale, on conçoit que cette considération ait une grande importance.

A côté de leurs propriétés optiques, les miroirs paraboliques présentent encore certains avantages de légèreté qui entrent en ligne de compte pour leurs applications sur les navires. On a reconnu, en effet, que la protection ne devenait efficace que si les navires pouvaient s'entourer complètement d'une nappe lumineuse qu'un torpilleur ne franchira pas sans être aperçu. De là l'obligation d'employer un grand nombre de projecteurs, 4, 6 ou 8, sur un même navire. L'observation est d'ailleurs beaucoup plus sûre et plus commode si le faisceau lumineux placé très au-dessus de l'observateur laisse à une distance appréciable les nombreux apparaux (cordages, cheminées, mâts, etc.) qui tendent à renvoyer sur le navire une partie de la lumière du faisceau. On a par suite été conduit à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

installer les projecteurs dans les hunes. Aussi devait-on rechercher à réduire le plus possible le poids des projecteurs. Le miroir parabolique, d'épaisseur égale dans toute son étendue, est pour une même ouverture cinq à six fois plus léger que le miroir Mangin. Ceci conduit à une diminution double de poids sur l'ensemble du projecteur, car le cylindre doit forcément être équilibré autour des tourillons pour permettre facilement les mouvements d'inclinaison et d'orientation du faisceau. En fait, un projecteur Mangin complet de 60 millimètres d'ouverture pèse 275 kilos environ, tandis qu'un appareil à miroir parabolique Bréguet n'atteint pas 170 kilos.

M. Sciama regrette qu'un accident survenu à la dynamo de la Société d'Encouragement l'empêche de faire fonctionner sous les yeux du Comité le projecteur apporté à cette intention. Il avait désiré donner une idée des manœuvres de l'appareil et du fonctionnement de la lampe qui sert de source lumineuse, et de la qualité de la lumière émise.

La lampe est à charbons horizontaux et à fonctionnement automatique. En principe, elle comporte deux porte-charbons verticaux, le positif et le négatif, fixés chacun sur un chariot horizontal taillé en crémaillère. Par l'intermédiaire de roues dentées, sur lesquelles appuient un ressort de barillet et un petit moteur électrique, les deux chariots tendent à s'écarter ou à se rapprocher suivant que le premier effort est supérieur au second ou non. Aussitôt que le courant est fermé sur la lampe les charbons viennent en contact, le moteur est automatiquement mis en court circuit, le ressort écarte les charbons et son équilibre s'établit entre les deux efforts antagonistes du ressort et du moteur. Les deux chariots oscillent constamment autour de cette position d'équilibre et les écarts de voltage sont tellement faibles qu'un enregistreur voltamétrique Richard donne des droites horizontales. Un appareil de projection installé à côté de la lampe eût permis aux membres du Comité de se rendre compte de la parfaite régularité de la marche sans l'accident survenu à la dynamo.

M. Sciama termine sa communication en indiquant que les nouveaux projecteurs sont pourvus de mécanismes pour pouvoir être manœuvrés à distance. On conçoit, en effet, l'intérêt que peut avoir l'observateur placé sur le pont à être maître absolu de l'orientation et de l'inclinaison du faisceau lancé par un projecteur installé dans la hune.

Le problème est très simplement résolu à l'aide de deux moteurs électriques installés sous le socle du projecteur, commandant l'un l'orientation, l'autre l'inclinaison. Les circuits de ces moteurs passent par un appareil de commande, composé essentiellement de résistances et de six poussoirs. Il suffit d'appuyer sur l'un quelconque des six boutons pour obtenir immédiatement et seulement pendant le temps qu'on le maintient à fond de course un des six mouvements suivants :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Déplacement	vers le haut.	Déplacement	à droite lentement.
—	vers le bas.	—	à gauche vite.
—	à droite vite.	—	à gauche lentement.

Le manipulateur placé sous les yeux du Comité est, comme on peut en juger, très transportable. Il suit l'officier chargé des manœuvres et se place au poste le plus convenable pour l'observation.

Depuis un an, la maison Bréguet a déjà livré 18 projecteurs paraboliques à la marine française, et 15 à la marine espagnole qui vient de les utiliser avec plein succès dans la lutte contre les Arabes du Riff, devant Melilla.

Sur une observation de M. Mascart, M. Sciama donne quelques détails sur les machines à tailler les miroirs telles que les emploie la maison Bréguet, et sur les diverses opérations de la fabrication.

M. le Président remercie *M. Sciama* de sa très intéressante communication, qui est renvoyée au Comité des Arts économiques.

La mécanique générale à l'Exposition de Chicago. — *M. Gustave Richard* a fait une communication sur la *mécanique générale à l'Exposition de Chicago.*

Un sujet aussi vaste ne saurait être qu'à peine esquissé dans une conférence : aussi M. Richard a-t-il dû se borner à l'indication des principales nouveautés mécaniques de l'Exposition, qu'il se réserve d'étudier ensuite plus en détail dans le *Bulletin* de la Société.

M. le Président remercie *M. G. Richard* de sa très intéressante communication et le prie d'en faire une rédaction pour le *Bulletin.*

Dépouillement du scrutin. — Le dépouillement du scrutin n'ayant pas donné le nombre de votes exigé par les statuts, l'Élection du bureau est renvoyée à la prochaine séance.

Séance du 12 décembre 1893.

Présidence de *M. Tisserand*, président.

M. le Président annonce que le scrutin est ouvert pour l'élection du Bureau pour 1894.

M. le Ministre de l'Instruction publique, des Beaux-Arts et des Cultes annonce que l'ouverture du Congrès des Sociétés savantes aura lieu, à la Sorbonne, le 27 mars prochain, à 2 heures précises. — Les travaux se prolongeront durant les journées des mercredi 28, jeudi 29, et vendredi 30 mars. (*Bulletin.*)

M. Rothschild, éditeur, à Paris, envoie un ouvrage intitulé : *La mécanique pratique, Guide du mécanicien,* par Eugène Dejonc, 3e édition. (Bibliothèque.)

M. Maçonnière, rue Roussin, 22. — Enveloppes de lettres de sûreté. (Commerce.)

M. Justin Jeanneret, rue Saint-Marceau, 58, à Orléans. — Pli cacheté conte-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nant la description de la *Production économique de l'énergie électrique*. (Dépôt accepté.)

M. Berthier, rue du Plat, 16, à Lyon. — Note sur les machines dynamo-électriques. (Arts économiques.)

M. Bentot, rue Sedaine, 38. — Nouveau graisseur automatique. (Arts mécaniques.)

M. Carrière, rue des Envierges, 1. — Système de navire à marche rapide. (Arts mécaniques.)

M. Dunant, rue Beauregard, 1, professeur à Genève, fait hommage à la Société d'un exemplaire des *Souvenirs et mémoires. Autobiographie* de J.-Daniel Colladon, membre correspondant de la Société. (Bibliothèque.)

M. Lasvisse, à Salignac. — Nouveau modèle de boutons. (Commerce.)

M. Muntz annonce l'envoi par MM. Firmin-Didot du tome II de l'ouvrage de M. Lavalard sur *le Cheval*, avec une note qui analyse l'ouvrage et qui est destinée au *Bulletin*. (Bibliothèque.)

M. Ezanno, ostréiculteur, maire de Carnac (Morbiban). — Mémoire sur les établissements d'ostréiculture de Carnac, rédigé par M. le professeur Brocchi. (Agriculture.)

La Société néerlandaise pour le progrès de l'Industrie envoie le programme du prix qu'elle propose pour 1894 pour des moyens propres à obtenir de la force motrice par des moulins à vent. (*Bulletin.*)

MM. Bollings et Lowe, ingénieurs à Londres, adressent un tableau : *Comparaison de poids et prix basés sur la tonne anglaise*. (Bibliothèque.)

M. Dardenne, secrétaire général de la Société des ciments français de Boulogne-sur-Mer, demande à la Société d'accepter le dépôt d'un pli cacheté contenant la description de *Perfectionnements apportés aux fours à ciment*. (Dépôt accepté.)

MM. Herftler et Benard. — Appareils d'extraction méthodique de matières tinctoriales. (Arts chimiques.)

M. Gruner, membre du Conseil, fait hommage de l'ouvrage qu'il vient de publier sous le titre : *Atlas du Comité central des houillères de France. — Bassins houillers de France, Belgique, Allemagne, Grande-Bretagne*. (Comité de Commerce.)

M. le Directeur du *Moniteur industriel* demande l'échange avec le *Bulletin* de la Société. (*Bulletin.*)

La Société d'agriculture et de commerce de Caen annonce qu'elle ouvre une souscription pour ériger le buste de son ancien secrétaire et président, Isidore Pierre. (Bureau.)

M. Davanne, vice-président de la Société, fait don à la bibliothèque de sept années de la *Revue des arts décoratifs* qui complètent la collection.

M. Cheysson, membre du Conseil, fait hommage de la brochure qu'il vient de publier sous le titre de : *La lutte des classes*. (Bibliothèque.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Dépierre, chimiste, lauréat de la Société, fait hommage de son *Traité des apprêts et spécialement des tissus de coton blancs, teints et imprimés.* (Bibliothèque.)

M. Solvay, correspondant de la Société, fait hommage d'une brochure qu'il vient de publier sous le titre de : *Du rôle de l'électricité dans les phénomènes de la vie animale.* (Bibliothèque.)

Les ouvrages suivants, offerts à la Société, sont signalés dans la correspondance imprimée.

Maison Frey, rue de l'Atlas, 23. — *Album des machines-outils* créées et perfectionnées depuis l'Exposition universelle de 1889 pour le travail économique des métaux.

Vente et achat du bétail vivant. — Lois, règlements, usages du marché de la Villette et en province, par Ernest Pion et Paul Godbelle.

Les causes des phénomènes, avec nombreuses figures dans le texte, par Eugène Turpin.

La formation des mondes, avec nombreuses figures dans le texte, par Eugène Turpin.

Office du travail. — Notices et comptes rendus. Fascicules VI et VII.

Application à l'ensimage des laines. — La Néoline soluble.

Smithsonian Miscellaneous collections. — A bibliography of chemistry for year 1887 by H. Carringhton Bolton. — The mechanics of the earth's atmosphere. A collection of transactions of the Anthropological Society of Washington, vol. III.

Memoranda of the origin, plan, and results of the field and other experiments conducted on the Farm and in the laboratory, by Cleveland Abbe. — Transactions of sir John Bennet Lawes, Bart, at Rothamsted, Hertz, 1893.

COMMUNICATIONS. — *Photographie.* — *M. L. Lumière* présente des épreuves photographiques reproduisant les couleurs naturelles, d'après la méthode de M. Lippmann.

Il rappelle d'abord que la nouvelle méthode photographique, permettant d'obtenir d'une manière stable les couleurs de la nature, est due aux belles recherches de M. Lippmann. Cette méthode repose sur la loi des interférences; mais la savante théorie de M. Lippmann eut à lutter au début contre de grandes difficultés pratiques; un temps de pose, même très prolongé, demandant une heure et demie, deux heures même d'exposition, rendait encore difficilement l'effet des couleurs tel que l'apprécient nos yeux, et il était presque impossible d'obtenir le blanc, qui est la résultante du concours harmonieux de tous les rayons colorés.

En effet, les plaques sensibles à la lumière ne sont pas influencées avec la même rapidité par les divers rayons colorés; tandis que le bleu et le violet impressionnent les préparations usuelles en un temps très court, les rayons rouges

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ont une action si lente que le photographe peut travailler avec cette lumière rouge sans que les surfaces sensibles soient altérées.

C'est en modifiant la texture et la nature de la couche sensible par la recherche de préparations absolument transparentes, sans traces de grain, en l'additionnant de substances colorantes pouvant en assurer l'orthochromatisme, que MM. Lumière sont arrivés à donner à la surface photographique une sensibilité à peu près identique à celle de la rétine, et qu'ils ont obtenu une rapidité qui pourra s'accroître encore, mais qui ne demande plus que cinq minutes d'exposition, alors qu'au début il fallait une heure et demie ou deux heures.

Dans ces conditions ils ont obtenu des reproductions d'images chromographiques, des paysages d'après nature, même des portraits, avec les mêmes teintes que les originaux; les blancs et les gris y sont représentés avec leur valeur réelle.

M. L. Lumière a projeté successivement sur un écran des agrandissements de lithographies, des épreuves faites d'après des vitraux polychromes, des paysages d'après nature, tels qu'un jardin avec maison, une église et son entourage d'arbres verts se découpant sur le ciel bleu, et enfin trois portraits également d'après nature. Les modèles ont dû, il est vrai, poser cinq minutes, le même temps que Daguerre demandait autrefois pour obtenir en plein soleil une image monochrome sur plaqué d'argent!

L'obtention des couleurs naturelles nous ramène en quelque sorte à ce point de départ de la plaque daguerrienne; l'épreuve obtenue reste unique, il faut répéter toutes les opérations pour en obtenir une seconde. On ne peut la voir convenablement que sous un angle déterminé; mais, au lieu de l'image monochrome, celle-ci montre toutes les couleurs du modèle et, si l'on considère les progrès accomplis entre la méthode primitive de Daguerre et celle de M. Lippmann, déjà très améliorée, on peut espérer que les difficultés qui sont encore inhérentes au procédé ne tarderont pas à disparaître.

M. le Président remercie *M. Lumière* de sa très intéressante communication, qui est renvoyée au Comité des Beaux-Arts.

Chauffage des trains. — *M. Lancrenon* prend la parole pour traiter la question du chauffage des voitures de chemins de fer. Après un exposé rapide de l'historique de cette question, il fait connaître quelle est la situation actuelle en France et à l'étranger.

En France, l'emploi de la bouillotte simple à eau chaude est à peu près général. On trouve bien, sur divers points, des bouillottes à acétate de soude, des thermo-siphons, des poêles, le chauffage par briquettes et même le chauffage à la vapeur; mais aucun de ces systèmes ne s'est largement développé. L'emploi des bouillottes présente cependant de graves inconvénients, surtout sur les points où l'exploitation est un peu intense. Ce sont ces inconvénients dont la Compagnie de l'Est a cherché à s'affranchir en étudiant un nouveau système de chauf-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fage, fondé sur l'emploi de la vapeur et de l'air comprimé combinés, dont elle tend à développer l'emploi.

A l'étranger, on ne trouve les bouillottes qu'à titre de rare exception. Le chauffage à la vapeur tend maintenant à remplacer les poêles et calorifères à air chaud, autrefois presque universellement employés.

M. Lancrenon indique ensuite quelles sont les qualités que doit remplir un bon système de chauffage; puis il passe à l'examen des différents systèmes en usage. Ces systèmes peuvent être divisés en trois groupes, suivant la nature de la source à laquelle la chaleur est empruntée.

Le premier groupe comprend les appareils fondés sur l'emploi des accumulateurs de chaleur, réchauffés au moyen de sources fixes placées en dehors du train et restituant ensuite cette chaleur pendant le trajet. Telles sont les bouillottes à eau simples, les bouillottes à acétate de soude et les chaufferettes Radelet. Ces appareils ont deux défauts capitaux : l'absence de modérabilité et les manutentions gênantes qu'ils nécessitent. Ils ont, par contre, l'avantage d'être simples, d'un fonctionnement certain, de pouvoir s'appliquer plus ou moins commodément à toutes les voitures, de supprimer tout danger d'incendie; enfin, ils réduisent au minimum le poids mort à transporter. Ils constitueront toujours une ressource précieuse, tout au moins à titre de chauffage de secours.

Le deuxième groupe comprend les appareils qui comportent au moins un foyer isolé par voiture. Ces appareils ont tous un défaut plus ou moins accentué, celui de créer un danger d'incendie qui tient à la présence même des foyers dans les voitures. Ils ont un avantage, celui de réaliser l'indépendance des voitures les unes par rapport aux autres. Ils sont en général difficilement modérables dans les limites où cela serait nécessaire.

Ce groupe se subdivise en deux catégories. La première est celle des appareils à circulation d'air, tels que les appareils à briquettes, les poêles, les calorifères à air chaud. Tous ces systèmes, qui produisent une chaleur irrégulière et donnent souvent lieu à des dégagements de gaz délétères, ou tout au moins d'odeurs, tendent à disparaître à peu près partout. La seconde est celle des appareils à circulation d'eau chaude, dits thermo-siphons. Ces appareils, bien préférables aux précédents, donnent une chaleur douce et régulière; mais ils ne sont modérables que dans des limites restreintes, ils sont longs à échauffer au début et demandent des précautions spéciales pour éviter les congélations.

Le troisième groupe comprend les appareils où la chaleur est prise à une source unique, généralement la chaudière de la machine, et distribuée au moyen d'une conduite sur toute la longueur du train. Ces appareils ont l'inconvénient grave d'exiger une conduite continue d'un bout à l'autre du train; par contre, ils évitent tout danger d'incendie et paraissent, au moins en théorie, répondre à la plupart des conditions à réaliser dans un bon système de chauffage. Il semble

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

notamment possible de les rendre modérables dans des limites très étendues. En pratique, il n'en est pas tout à fait ainsi.

Le premier système examiné est le système Belleroche, employé sur le Grand Central belge. Il est fondé sur l'emploi de l'eau réchauffée au moyen d'un injecteur alimenté par la chaudière de la machine, envoyée au moyen d'une conduite dans les voitures du train et ramenée ensuite au tender par une deuxième conduite. Ce système n'est applicable qu'aux trains de faible longueur et a l'inconvénient d'exiger une double conduite.

Viennent ensuite les divers systèmes de chauffage à la vapeur seule. Tels qu'ils sont pratiqués dans le centre de l'Europe, ils présentent de nombreux inconvénients qui les rendraient difficilement admissibles en France. On peut chauffer des trains de dix ou douze voitures; le chauffage initial est très long; les moyens de réglage sont insuffisants; enfin, l'air seul des compartiments est échauffé, à l'exclusion des pieds des voyageurs. Diverses dispositions ont été essayées pour atténuer tantôt l'un, tantôt l'autre de ces inconvénients, mais sans succès bien marqué.

La Compagnie de l'Est a cherché à résoudre le problème en essayant un système tout à fait différent, fondé sur l'emploi de la vapeur et de l'air comprimé combinés; elle est arrivée à des appareils vraiment pratiques. L'addition d'air comprimé à la vapeur a pour effet de balayer continuellement les conduites, d'entraîner l'eau condensée, d'éviter les congélations aux orifices d'évacuation, lorsque le chauffage fonctionne, et dans les conduites elles-mêmes, lorsque le chauffage cesse, enfin de régulariser la pression et la distribution de la vapeur.

Les appareils adoptés comprennent essentiellement une conduite générale, partant de la machine, où le mécanicien envoie le mélange d'air et de vapeur en proportions convenables, régnant sur toute la longueur du train et terminée par un purgeur automatique qui laisse échapper l'eau condensée et l'air refroidi correspondant.

A chaque voiture sont branchés des tuyaux de chauffage, commandés à leur origine par des robinets d'admission, et se réunissant à leur extrémité pour aboutir à un purgeur unique par voiture. Ces tuyaux passent dans les compartiments, sur le plancher et sous les pieds des voyageurs. Ils sont recouverts par une tôle striée, qui s'échauffe à une température convenable et forme ainsi chaufferette. Cette tôle isole complètement les tuyaux de l'air des compartiments et permet d'éviter toute température exagérée, toute mauvaise odeur due aux poussières qui pourraient venir au contact des tuyaux. Le réglage se fait en mettant un plus ou moins grand nombre de tuyaux en service.

Les résultats obtenus ont été satisfaisants, surtout au point de vue de la faible dépense et de la grande modérabilité obtenue, et la Compagnie n'a pas hésité à développer l'emploi de ce système. Les appareils de chauffage par la vapeur et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'air comprimé sont montés ou en montage sur 148 machines et plus de 300 voitures ou fourgons. Il est probable que d'autres applications seront encore ultérieurement décidées.

M. le Président remercie *M. Lancrenon* de sa très intéressante communication, qui est renvoyée à la Commission du Bulletin.

Dépouillement du scrutin. — M. le Président, assisté de *MM. Collignon* et *Aimé Girard*, secrétaires, et de M. *le colonel Pierre*, vice-président, procède au dépouillement du scrutin pour l'élection du Bureau pour 1894 et la ratification des nominations des membres du Conseil faites pendant l'année 1893.

M. le Président annonce le résultat du scrutin et proclame la composition suivante du Bureau pour 1894 :

Président. — *M. Tisserand.*
Vice-présidents. — *MM. le colonel Pierre, Davanne, Mascart* et *G. Roy.*
Secrétaires. — *MM. Collignon* et *Aimé Girard.*
Censeurs. — *MM. Legrand* et *Bordet.*
Trésorier. — *M. Goupil de Préfeln.*
Commission des Fonds. — *M. Daubrée.*
Comité des Arts mécaniques. — *M. Flamant.*
Comité des Arts économiques. — *MM. Fontaine* et *Violle.*
Comité d'Agriculture. — *M. Maxime Cornu.*

BIBLIOGRAPHIE

OUVRAGES REÇUS

LAVALARD. — Le Cheval dans ses rapports avec l'Économie rurale et les industries de transport (2e volume). Bibliothèque de l'Enseignement agricole, publiée sous la direction de M. Muntz. Librairie Firmin-Didot et Cie, 56, rue Jacob, Paris.

Le deuxième volume de cet ouvrage, qui vient de paraître, complète bien ce que nous a donné le premier volume. Ils forment à eux deux un enseignement très précieux pour l'exploitation du cheval dans les meilleures conditions comme machine industrielle. Après avoir traité dans le premier volume, comme nous l'avons déjà dit, l'alimentation, les soins à donner et la maréchalerie, nous trouvons dans le second l'étude de sujets très importants : le choix et l'achat du cheval, l'extérieur de l'animal, les signalements, l'âge, la taille, les vices rédhibitoires et les maladies contagieuses. Viennent ensuite l'utilisation du cheval, les chevaux de selle, de trait, le harnachement, la traction des voitures, la mesure du travail, etc. Enfin, dans la dernière partie de son ouvrage, l'auteur passe en revue les différentes races de chevaux de trait françaises et étrangères et il termine par un coup d'œil sur la production mulassière.

Dans le premier chapitre, qui traite du choix et de l'achat du cheval, M. Lavalard a voulu présenter sous une forme brève, mais très claire, la description de toutes les parties de l'extérieur du cheval qui peuvent permettre aux amateurs et aux connais-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

seurs de se rendre compte de la valeur et des services de l'animal. C'est un résumé des connaissances actuelles sur cette partie de l'hippologie qui comprend en même temps certains détails sur l'anatomie, la physiologie, et les rapports mécaniques existant entre les différents organes de la locomotion. Le poids des chevaux fait l'objet d'un chapitre particulier qui n'avait pas encore été traité dans ces ouvrages spéciaux. M. Lavalard insiste sur les renseignements qu'on peut obtenir en pesant avec soin les chevaux. Ce moyen de contrôle n'avait été utilisé jusqu'à ce jour que pour les animaux à l'engraissement.

La cinquième partie de l'ouvrage s'occupe de l'utilisation du cheval, en nous faisant passer sous les yeux les différents modes d'utilisation et les aptitudes de cet animal. Après avoir démontré toutes les difficultés qu'on éprouve pour se rendre compte du travail du cheval de selle, l'auteur décrit les principes généraux du harnachement du cheval de trait, en ayant soin d'y ajouter les perfectionnements réalisés dans ces dernières années. Il fait connaître les essais faits avec le collier américain en tôle d'acier et les économies considérables que réalise l'emploi de ce nouveau harnais. La traction des voitures est étudiée dans toutes ses parties, c'est-à-dire sous l'influence de la nature des routes, de la forme des véhicules, du diamètre des roues, etc. Avec le dynamomètre de MM. Morin et Poncelet, modifié fort intelligemment par M. Clais, ingénieur mécanicien, toutes les résistances peuvent être mesurées, et c'est là certainement une des parties les plus intéressantes de l'ouvrage. M. Lavalard insiste avec raison sur ce que les renseignements donnés par le dynanomètre permettent bien de se rendre compte des résistances que présentent les véhicules pour être mis en mouvement, mais ils ne précisent pas l'effort que doit faire l'animal. Cet effort peut varier du simple au double, et même plus, suivant les sujets. Cette démonstration est appuyée par un grand nombre d'expériences dynamométriques qui permettent de bien saisir la pensée de l'auteur.

C'est ici aussi que M. Lavalard fait remarquer que les mécaniciens ne se trouvent pas d'accord pour estimer la force physique déployée par les chevaux, surtout quand on la compare au cheval-vapeur, unité de travail créée par Watt pour les machines à vapeur, c'est-à-dire la force développée par une machine pour élever à 1 mètre de hauteur en une seconde un poids de 75 kilogrammes. Il y a là des données qui permettront aux intéressés d'étudier et de chercher à mesurer le travail déployé par les chevaux, travail qui est souvent plus considérable qu'on ne le croit.

La sixième partie passe en revue la situation actuelle des races de chevaux de trait françaises et étrangères. Cette étude est appuyée de statistiques officielles et officieuses qui renseignent sur les progrès de l'élevage et sur les conditions dans lesquelles ils se produisent. Cette partie intéressera particulièrement les éleveurs, car ils trouveront réunis, non seulement pour la France, mais aussi pour les pays étrangers qui produisent le cheval de trait, des documents qui leur indiqueront dans quel sens ils doivent diriger leur élevage pour le rendre rémunérateur. C'est ainsi que M. Lavalard décrit les races belges, danoises et allemandes.

Les progrès de la production chevaline en Amérique font l'objet d'un chapitre spécial, plein d'intérêt pour les lecteurs français. Enfin l'ouvrage se termine par un coup d'œil rapide sur la production ovine et mulassière dans le monde entier. Ce renseignement est intéressant en ce que le Ministère de l'Agriculture français a cru devoir, dans ces derniers temps, rattacher à la Direction de l'Agriculture l'élevage du mulet, la Direction des haras ne s'en occupant en aucune façon.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En résumé, l'ouvrage que vient de faire paraître M. Lavalard est rempli de choses nouvelles qui intéressent certainement tous ceux qui aiment ou qui se servent du cheval.

Cl. DE LAHARPE. — Notes et formules de l'ingénieur-mécanicien, 9e édition, revue, corrigée et augmentée par *L.-A. Barré*, *Ch. Vigneux* et *R.-P. Bouquet*. Paris, E. Bernard, 1893, 1 vol. in-12, percal.

La première édition de cet ouvrage était une traduction d'un formulaire allemand de W. Ulhand. M. de Laharpe fut conduit à combler les lacunes de ce premier tirage, à insister sur certains sujets et surtout à rendre lucides les formules de technique allemande dont on lui reprochait l'emploi trop exclusif dans un livre s'adressant à des ingénieurs français. Peu à peu, dans les nombreuses éditions qui se sont succédé, l'ouvrage changea totalement, au point de n'avoir plus rien de commun avec la traduction première. L'auteur se proposait de faire dans les éditions à venir un certain nombre de modifications que les conditions particulières d'établissement de cet ouvrage et la rapidité des tirages n'avaient pas permis de faire aussi radicales qu'il l'eût désiré. La mort l'a empêché d'exécuter ces changements, et les éditeurs ont confié ce travail à MM. Barré, Ch. Vigneux et Bouquet.

L'ouvrage a été ainsi débarrassé d'un grand nombre de formules très employées à l'étranger, mais nécessitant de la part de lecteurs français un certain travail d'assimilation. Un grand nombre d'additions ont été faites; les principales sont relatives au calcul graphique, à la résistance des matériaux, à la mécanique pratique, machines hydrauliques, pompes, moteurs à gaz; enfin, le chapitre sur l'électricité a été refait complètement; il donne toutes les formules essentielles et d'un emploi courant dans la pratique.

Cette 9e édition ainsi remaniée et mise à jour est un aide-mémoire général et complet qui sera utilement consulté par tous ceux qui s'occupent de l'art de l'ingénieur et du constructeur.

Annuaire pour l'an 1894 publié par le Bureau des Longitudes.

(Paris, Gauthier-Villars et fils.)

Outre les renseignements pratiques qu'il contient chaque année, l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* pour 1894 renferme des articles dus aux savants les plus illustres sur les Monnaies, la Statistique, la Géographie, la Minéralogie, etc., enfin les Notices suivantes : *La Lumière et l'Électricité, d'après Maxwell et Hertz;* par M. POINCARÉ. — *L'Origine et l'emploi de la boussole marine appelée aujourd'hui compas;* par le contre-amiral FLEURIAIS. — *Quatre jours d'observation au sommet Mont-Blanc;* par M. J. JANSSEN. — *Discours prononcés aux funérailles de l'amiral Pâris;* par MM. FAYE, BOUQUET DE LA GRYE et le contre-amiral FLEURIAIS. — *Discours prononcés à l'inauguration de la statue d'Arago;* par MM. TISSERAND, CORNU, MOUCHEZ. In-18 de v-886 pages, avec 2 cartes magnétiques. (Paris, Gauthier-Villars et fils, 1 fr. 50.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LISTE DES NOUVEAUX MEMBRES

ADMIS EN 1893

A FAIRE PARTIE DE LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

MM.

André Pillon et Jules Velter, ingénieurs des arts et manufactures, à Paris.

Émile Lombard, directeur de la Société des produits chimiques de Marseille-Lestaque.

Fourcy, constructeur à Corbehem (Pas-de-Calais).

Jourde et Jocquet, fabricants de matières premières pour la chapellerie, à Paris.

Léon Lavergne, ingénieur civil des mines, à Nîmes (Gard).

Lindet, professeur à l'Institut agronomique.

MM.

Louis Holtzer, maître de forges à Unieux.

Maxime Cornu, professeur au Muséum d'histoire naturelle.

Peyrusson, professeur, à Limoges.

Simon, constructeur-mécanicien, à Cherbourg.

Sorel, ancien ingénieur des manufactures de l'État, à Paris.

Violle, professeur au Conservatoire des arts et métiers.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLE ALPHABÉTIQUE

DES

NOMS DES AUTEURS MENTIONNÉS

DANS LA QUATRE-VINGT-DOUZIÈME ANNÉE DU BULLETIN

(*Quatrième série. — Tome VIII*)

(La lettre (**P**) à la suite d'un article indique qu'il ne s'agit que d'une présentation.)

A

Allain. Réchaud à alcool; rapport de M. Bardy (b), 319.
— Méd. bronze, 530.
Allard. Féculomètre (P), 106.
Alem (François). Ouvrier (méd. br.), 536.
Allen (W. A.). Appareil pour mesurer la consommation d'eau dans les moteurs à vapeur (b.), 364.
Ambayrac. Enveloppe de sûreté (P), 105, 283.
Anonyme (C.-G.). Moyen d'arrêter le mouvement de la terre (P), 165.
— Prix des arts économiques; rapport de M. Cheysson, 508.
Arnaud. Extraction de la gutta-percha des feuilles (P), 106.

B

Bancillon (Joseph). Contremaître (méd. br.), 536.
Barbier (Léon). Écurie rationnelle (P), 374.
— Attelage pour chevaux (P), 430.
Bardy (Ch). Rapport sur le réchaud à alcool de M. Allain (b), 319.
— Rapport sur le prix relatif à l'utilisation du pétrole, 498.
Barès. Panier à salade (P), 546.
Basin (Alfred). Suppression du roulis et du tangage (P), 109.
— Éclairage en mer (P), 165.
— Éclairage des bouées en mer (P). 546.
Baudit (Marius). Machine à dérompre et à polir les tissus (P), 799.
Bazergue. Reconstruction d'un atelier (P), 627.
Bazin. Obturateur photographique (P), 106.
Belmont. Machine à huile lourde (P), 546.
Benard. (Voy. Heftler.)
Bentot. Graisseur automatique (P), 879.
Berrens. Les mines de mercure d'Almaden (P), 373.
Berthélemy. Appareil pour la transformation des coordonnées; rapport de M. Sebert (b), 558.
Berthelier (Joseph). Contremaître (méd. br.), 536.
Berthelot. Traité de calorimétrie chimique, 380.
Berthier. Note sur les machines dynamo-électriques (P), 879.
— Moteur au gaz, locomotive, photosculpture (P), 627.
Bertrand. (Voy. Rochefort-Luçay.)
Bibas. Traité de la fabrication de la cellulose (P), 371.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Bienaymé. Rapport sur le graisseur Dorian (b), 22.
— Rapport sur la communication de M. Mallet sur le plan incliné pour bateaux établi par M. J. Fournier à Beauval, 633.
Blanchet (Paul). Fermetures de sûreté; rapport de M. Rouart (b), 560.
Blum de Lamothe. Éclairage des mines par l'électricité (P), 167.
Bohin (Benjamin). Copeau de 50 mètres de long (P), 434.
Bondonneau. Fabrication de la fécule de pommes de terre, par plans courants, 849.
— Sur les transporteurs hydrauliques à barrages (P), 874.
Bonnet. Réflecteur solaire, 108.
Bonneville (R. de). Réponse à M. Emilio Damour au sujet de sa communication sur les fours Siemens, 288.
Bordet (L.). Rapport sur l'examen des comptes de l'exercice 1891, 20.
— Rapport sur les comptes de 1892, 395.
Borodine (de). Rapport de la Commission sur l'essai des locomotives compound à grandes vitesses (P), 109.
Borzecki. Fermeture de portières de wagons (P), 430.
Boudeville. Utilisation des flots (P), 371.
Bougourd (Alain). Enveloppe de sûreté pour lettres (P), 546.
Bovet (de). Touage électro-magnétique, 549.
Boyer, directeur de l'Institution régionale des sourds-muets et des jeunes aveugles de Dijon; documents pour le concours (P), 868.
Brenot. Zoocautère, 108.
Brochocki (de). Ponts démontables (b), 136; rapport de M. Schlemmer, 127.
Brull. Rapport sur le réchauffeur-épurateur d'eau de M. Chevalet (b), 146.
— Rapport sur le générateur de vapeur de M. H. Martin (pl), 553.
Budenberg (C.-F.) et Heyr. Dangers de l'emploi des gaz à haute pression, 53.
Bugeaud de Redon. Tendeur pour le serrage des bois de lit (P), 868.
Buisine (J.). Épuration des eaux d'égout, 308, rapport de M. Roussin, 307.
Buisson (Mme Louise). Surveillante d'atelier (méd. br.), 536.

C

Cabrie-Gardien. Carburateur « Le Coq » (P), 759.
Camagni (Joseph). Étude sur le Creuzot (P), 106.
Candolle (Alphonse de). Nécrologie, 434.
Carl (François). Contremaître (méd. br.), 536.
Carpentier. Rapport sur l'orgue celesta de M. Mustel (extr), 436.
Carrière. Navire à marche rapide (P), 879.
Cellier (Jean-Baptiste). Contremaître (méd. br.), 537.
Chabaille (Fidèle). Ouvrier (méd. br.). 537.
Chaigneau. Coefficients d'une machine aérienne (P), 868.
Chambre syndicale des fabricants de porcelaine de Limoges. Demande d'étude, 627.
Chaneray (Georges). Perfectionnement des torpilles (P), 373.
Charray (Augustin). Machine électrique pour l'éclairage (P), 284.
Charton (Édouard). Robinet (P), 626.
Chatelain (Urbain). Contremaître (méd. br.), 537.
Chatiliez. Éclairage électrique de la station de Montmédy (P), 546.
— Installation électrique de Montmédy, 776.
Chavanon. Prix des constructions et beaux-arts; rapport de M. Davanne, 514.
Chevalet (F.). Réchauffeur-épurateur d'eau; rapport de M. Brull (b), 146.
— Méd. argent, 528.
Cheysson (E.). Machine électrique à recensement (b), 263.
— Rapport sur le prix du commerce, 508

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Clément (Louis). Ouvrier (méd. br.). 537.
Clermont. (Voy. Néel.)
Clowes (Franz). Recherche des vapeurs inflammables répandues dans l'air, 93.
Collins (W.-S.). Utilisation des pétroles comme combustible (b), 423.
Common (A). Sur la construction d'un télescope équatorial à réflexion de cinq pieds; mode d'essai du miroir (b), 695.
Constantin. Machine motrice (P), 627.
Corbie (Auguste). Conservation des cadavres (P), 547.
Cordari. Force motrice (P), 627.

D

Daelen. Emploi des presses hydrauliques dans les forges (b), 405.
Damour (Emilio). Méd. com. 531.
— (Voy. de Bonneville).
Dangeard. Les maladies du pommier et du poirier (P), 105.
Danger (Auguste). Contremaître (méd. br.), 537).
Daniel. Explosifs de sûreté, 870.
Dardenne. Pli cacheté : Perfectionnement des fours à ciment, 879.
Davanne. Rapport sur le prix des constructions et beaux-arts, 514.
Davey (Henry). Expériences sur les enveloppes de vapeur, 743.
Decaux. Obturateur photographique (P), 106.
— Prix des constructions et beaux-arts; rapport de M. Davanne, 514.
Dedieu. Presse pour façonner les bois des croisées (P), 868.
Deiss. Pli cacheté sur l'extraction des principes, par le sulfure de carbone, 109.
Delaurier (E). Appareil d'épuration des eaux (P), 285.
Delettrez (Ferdinand). Betterave à sucre et électricité (P), 105.
Delisle (Carl). Documents sur l'unification des filetages (P), 874.
Demosée (Théophile). Ouvrier (méd. br.), 538.
Denis de Porte. Système de refroidissement des habitations (P), 873.
Denizot (Jean). Ouvrier (méd. br.), 538.
Desmarchix (Alexandre). Spécimens de travail sur bois (P), 759.
Dexheimer. (Voy. Girod.)
Dia. (Voy. Germain.)
Dondaine. Projet de vélocipède (P), 284.
Dorian (G.). Graisseur; rapport de M. Bienaymé (b). 22.
— Méd. argent, 529.
Dresch (Antoine). Ouvrier (méd. br.), 538.
Drot-Gourville. Appareil pour arrêter les chevaux emportés (P), 434.
Dubois (G.). Méd. argent, 529.
Duchesne. Obturateur photographique (P), 282.
Dulac (G.). Méd. platine, 528.
Dulché. (Voy. Legat.)
Dupuy-Montbrun. Monographie sur les Basses-Alpes (P), 106.
Durston (A.-J). Expériences de transmission de la chaleur au travers des plaques tubulaires de chaudières (b), 322.
Durvelle. Fabrication des parfums (P), 874.
Dusert et Epèche. (Voy. Satre.)
Dutertre (Victor). Ouvrier (méd. br.), 538.
Duthil. Documents sur la jonction de l'Océan et de la Méditerranée par voie ferrée (P), 759.
Duval (Ed.). Moteur à eau (P), 626.
Duverger. Propulseur pour ballons (P), 434.
Dwelshauvers-Déry. Referendum pour les ingénieurs (P), 868.
Dybowski (Jean). Conférence sur les produits de l'Afrique centrale, 77.
— Méd. com. 531.

E

Effront (Dr Jean). Études sur la fermentation des mélasses, 841.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

EKERMERS. Fabrication et applications de la fonte trempée système Gruson, 684.
EZANNO. Sur l'établissement d'ostréiculture de Carnac (P), 879.

F

FAYER. Propulsion des bateaux (P), 874.
FÉRAUD (L.). Mode de suspension des véhicules; rapport de M. ED. SAUVAGE (b), 293.
FÉRON. Machine à remplir les bouteilles (P), 759.
FÉRY (Ch.). (Voy. PELLIN.)
FIGUIER (Louis). Méd. or, 520.
FISCH. La photographie au charbon (P), 799, 874.
FLORIS (Mlle Marie-Joseph). Prix Fourcade; rapport de M. AIMÉ GIRARD, 493.
FONTENAY (Henri). Contremaître (méd. br.), 538.
FOUQUE. Serrurerie et fontes d'art (P), 109.
FOURCROY (Pierre). Ouvrier (méd. br.), 538.
FOURET (G.). Rapport sur les comptes de l'exercice 1891, 12.
— Rapport sur les comptes de l'exercice 1892, 385.
FOURNIER (Jules). Plan incliné pour bateaux établi à Beauval (pl), 634; rapport de M. BIENAYMÉ, 633.
— Méd. or. 521.
FOURNIER (Albert). Sourdine pour amortir les bruits (P), 874.
FOUSSARD. Bandage pneumatique pour vélocipèdes (P), 284.
FRIBOURG. Le chlore liquide, 706.
FUCHS. (Voy. HATON.)

G

GAGÉ. Fabrication des sandwichs (P), 109.
GALLA (Julias). Succédané de la gutta-percha (P), 165.
GARNAULT (Émile). Le commerce rochelais au XVIIIe siècle (P), 799.
GARNIER (E). Essoreuse (P). 165.
GAUCHARD (Edmond). Ouvrier (méd. br.), 539.
GAVRELLE. Procédé cryptographique (P), 373.
GAY. Pratique viticole (P), 430.
GENESTE. Greffage des racines de la vigne, 869.
GERMAIN (Victor) et DIA. Moyen d'éviter les catastrophes par explosions (P), 105, 283.
GERVAIS (Joseph). (Voy. PETITPONT.)
GILLES (Henri). Ouvrier (méd. br.), 539.
GIRARD (Aimé). Recherches sur la culture de la pomme de terre industrielle, 448.
— Rapport sur le prix Fourcade, 493.
GIRARD (A.-Ch.). Emploi des feuilles pour l'alimentation du bétail (P), 106.
— Prix d'agriculture, rapport de M. MUNTZ, 506.
GIROD et DEXHEIMER. Imitation de marbre (P), 434.
GONON. Évaluation de l'isolement d'une installation électrique (P), 106.
GOUGÉ (J). (Voy. JEANSON.)
GOUILLY (Al.). Transmission de la force motrice par l'air comprimé ou raréfié, 806.
GOULIER (colonel). Rapport sur la règle à calcul de M. PÉRAUX (b. pl.), 64.
GOUZIEN. Serrure de sûreté, 373.
GRIFFITHS (E.-H.). Sur la valeur de l'équivalent mécanique de la chaleur, 749.
GRIVEAUX. Système d'utilisation de la vapeur (P), 874.
GRUNER (E.). Rapport sur la question des règlements d'ateliers, 561.
GRUSON. Attelage des wagons (P), 430.
GRUSON. Fabrication et applications de la fonte trempée, par M. EKERMERS, 684.
GUILLAUME (Ed.). Unités et étalons, 714.
GUILLEMOT (Charles). Pli cacheté : moteur magnétique, 430.
GUILLERMET (Jules). Utilisation des chutes de la Valserine (P), 874.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

H

HARDOUIN (Pierre). Ouvrier (méd. br.), 539.
HARDY (E.). (Voy. LAUSSEDAT.)
HATON DE LA GOUPILLIÈRE. Rapport sur le prix relatif à l'aérage des mines, 496.
— Présentation de l'ouvrage de MM. FUCHS et DE LAUNAY. Traité des gîtes minéraux, 547.
HÉBERT (A.). Examen sommaire des boissons falsifiées, 715.
HEFTLER et BENARD. Appareil d'extraction des matières tinctoriales (P), 879.
HÉLOUIS. Pli cacheté : fabrication du phosphate ammoniaco-magnésien, 430.
— Emploi de phosphate ammoniaco-magnésien comme engrais (P), 434.
HENNEVIN (Charles). Ouvrier (méd. br.), 539.
HENRIVAUX (J.). Fabrication du cidre (P), 374.
HENRY. Ponts mobilisables en acier (P), 109.
HERTFORD. Machine à faire les anneaux (P), 759.
HERVIER. Niveau d'eau dans les chaudières, 378.
HEU (Eugène). Vélocipède (P), 627.
— Moteur (P), 759.
HEUZÉ (Gustave). Rapport sur les titres de M. LECOUTEUX à la médaille de Thénard, 489.
HEYR (W.-E.). (Voy. BUDENBERG.)
HIRSCH (J.). Rapport sur le concours relatif à une étude sur une machine aérienne, 497.
HŒRNER et Cie. Couleur métallique (P), 285.
HOGBEN (Walter). Fabrication du celluloïd, 100.
HONORÉ. Opuscules divers (P), 109.
— Tambours moteurs (P), 760, 868.
HOUBERTIE. Chauffage (P), 434.
HUCHON (Auguste). Bicyclette démontable (P), 430.
HUGONARD (Joseph). Ouvrier (méd. br.), 539.
HUGUET (Charles). Contremaître (méd. br.), 539.

I

IMBS (Joseph). Rapport sur la traduction de M. A. SIMON du Traité de la fabrication de la bonneterie de FRANZ REH, 640.
— Rapport sur les travaux de M. SCHLŒSING fils, relatifs à l'hygroscopicité des matières textiles, 717.

J

JACCOTTEY (Paul) et MABYRE. Album des services postaux, publié sous la direction de M. LEVASSEUR, 446.
JARRE. Allumage des lampes électriques à distance (P), 759.
JEANNERET (Julien). Pli cacheté : Production économique de l'énergie électrique, 878.
JEANSON (Ch.). Annuaire des mines, 716.
JEULIN (Prosper). Contremaître (méd. br.), 540.
JOLLET. Fermeture de coffre-fort (P), 759.
JOURDE, TOCQUET et LUSSIGNY. Procédé de secretage sans mercure (P), 285.

K

KAYSER. Prix d'agriculture, rapport de M. MUNTZ, 504.
KESSLER (L.). Concentration de l'acide sulfurique, 168.
KESTIER (Paul). Élévateur de liquides (P), 105.
KNUSLY (Yvan). Ferrure pour les chevaux (P), 546.

L

LACHAUD. Locomotive automotrice (P), 627.
LACHAUME. Bandage de vélocipède (P), 759.
LACROIX. Appareil électrique (P), 546.
LAFFARGUE. Manuel du monteur-électricien (P), 430.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LAHARPE (Cl. de). Notes et formules de l'ingénieur mécanicien, 886.
LANCRENON. Chauffage des trains, 881.
LANGLASSÉ (Charles). Serrure à avertisseur électrique ; rapport de M. PIERRE (b), 396.
— Méd. bronze, 530.
LARSONNIER. Perfectionnement à la machine à vapeur (P), 546.
LASVISSE. Modèle de boutons (P), 879.
LAUNAY (de). (Voy. HATON.)
LAURENT (H.). Théorie des jeux de hasard, 767.
LAUSSEDAT (colonel). Le formènophone de M. HARDY, 869.
LAVALARD. Le cheval dans ses rapports avec l'économie rurale et les industries de transport, 884.
LAVERGNE (Gérard). Les turbines, 804.
LEBRETON. Transmission sinusoïdale (P), 759.
LE CHATELIER (Henri). Application du pyromètre, par M. C. LOWTHIAN BELL (b), 617.
— Rapport sur les travaux de M. ROBERTS AUSTEN, 769.
LECLERCQ (F.). Système de limes ; rapport de M. TRESCA (b), 150.
— Méd. argent, 529.
LECOUTEUX. Grande médaille de Thénard ; rapport de M. HEUZÉ, 489.
LE DANTEC (abbé). Prix des arts mécaniques ; rapport de M. HIRSCH, 497.
LEDEBUR (A.). Sur la dénomination des différentes formes du carbone dans les fers carburés, traduit par M. OSMOND, 665.
— Nouvelles recherches sur la teneur en carbone des fers carburés, traduit par M. OSMOND, 673.
LEGAT. Clapets mécaniques de M. DULCHÉ (P), 109.
LE GUEN (Yves). Appareil de transmission des signaux Morse (P), 799.
LEFÈVRE (Alexandre). Contremaître (méd. br.), 540.
LEPAPE. Moteur de 50 kil. par cheval (P), 106.
LEPERDRIEUX. Nouveau système de compas (P), 430.
LÉPINE (Pierre). Contremaître (méd. br.), 540.
LESCASSE. Rapport sur les industries d'origine étrangère au Japon, par M. le MINISTRE D'ANGLETERRE AU JAPON, 335.
LEVASSEUR (E.). (Voy. JACCOTTEY.)
LEZÉ. La laiterie en Amérique, 872.
— (Voy. MARIX.)
LINDET. Conférence sur l'exploitation des craies et sables phosphatés (pl). 26.
— Méd. com., 531.
LORILLEUX (Charles). Nécrologie, 284.
LOWTHIAN BELL (C.). Application du pyromètre LE CHATELIER aux hauts fourneaux (b), 617.
LUMIÈRE (L.). La photographie des couleurs, 880.
LUND (Otto). Obturateur photographique (P), 106.
LUSSIGNY. (Voy. JOURDE.)
LUYNES (Victor de). Impressions photographiques sur tissus, de M. A. VILLAIN, 286.
— Rapport sur les couleurs vitrifiables au grand feu, de M. PEYRUSSON, 317.

M

MABYRE (Maxime). (Voy. JACCOTTEY.)
MACONNIÈRE. Enveloppes de lettres de sûreté (P), 878.
MADAMET (A.). Distribution de la vapeur, 380, 448.
MAGNIN (Célestin). Progrès dans les arts industriels (P), 371.
MAIGNEN. Filtre pour épuration des eaux (P), 285.
MALLET (J.-A.). Communication sur le plan incliné pour bateaux établi par M. J. FOURNIER à Beauval (pl), 634.
MAMY (Henri). Compte rendu du concours ouvert sur les lunettes d'atelier (b), 275.
MANCEAU. Ustensiles de cuisine (P), 434.
MANGIN. Appareil pour préserver la vigne des gelées (P), 165, 431.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MANUEL-PÉRIER. Pyrodiamant et saturateur à surfaces multiples, 287.
— Pyromarqueurs et pyrosoudeurs, 802.
MARIX (Paul). Procédé pour mélanger les liquides; rapport de M. PRUNIER (b), 398.
— Méd. platine, 528.
MARNAY (Louis). Ouvrier (méd. br.), 540.
MARQUET. Système de changement de marche (P), 627.
MARRE. Exécution des vis à filets triangulaires (b), 243.
MARTIN (Henri). Générateur de vapeur; rapport de M. BRULL (pl.), 553.
MASCART. Rapport sur diverses inventions de M. TROUVÉ, 117.
MATHIEU (André). Ouvrier (méd. br.), 540.
MATRAT. Système de couteau (P), 759.
MAYET (Pierre). Ouvrier (méd. br.), 541.
MESTRE. Effet des menottes de ressorts de suspension des véhicules (pl.), 301.
MICHARD (Pierre). Ouvrier (méd. br.), 541.
MICHAUD (Alphonse). Ouvrier (méd. br.), 541.
MICHOTTE (Félicien). Communication sur la ramie, 432.
— La ramie (P.), 874.
MILLIAU (Ernest). Recherche des falsifications des huiles de coprah et de palmiste, 103.
MINEL (P). Introduction à l'électricité industrielle, 446, 447.
MINISTRE D'ANGLETERRE AU JAPON. Rapport sur les industries d'origine étrangère au Japon, traduit par M. LESCASSE, 335.
MINISTRE DE L'AGRICULTURE. Instruction sur les moyens d'atténuer les effets de la sécheresse sur les fourrages, 368.
MOIZARD (Bernard). Utilisation de la chaleur de l'eau des puits artésiens (P), 282.
MOND (Ludwig). Les carbonyles métalliques (b), 161.
MONTAIS (de). Chaudière chauffée au pétrole (P), 627.
MORGAN. Machine véloce-parc (P), 627.
MOSIN. Appareil supprimant le cordon des concierges (P), 546.
MUNTZ (A.). Rapports sur les prix d'agriculture, 504, 506.
MURGUE (D.). Mémoire sur l'aérage des mines (P), 106.
— Prix des arts mécaniques; rapport de M. HATON DE LA GOUPILLIÈRE, 496.
— Perte de charge dans les parcours d'air souterrains (pl), 575.
MUSTEL. Orgue celesta, rapport de M. CARPENTIER (extr), 436.
— Méd. or, 522.

N

NAGLER. Pince démontable (P), 373.
NEEL et CLERMONT. Méd. argent, 529.
NOLOT (Mme Antoinette). Ouvrière (méd. br.), 541.
NOUEL et Cie. Sable enduit (P), 373.
NOURRY. Porte-drapeau (P), 284.

O

OSMOND (F.). Traduction d'un mémoire de M. LEDEBUR sur la dénomination des différentes formes de carbone dans les fers carburés, 665.
— Traduction des nouvelles recherches de M. LEDEBUR sur la teneur en carbone des fers carburés, 673.

P

PAGNOUL. Terres arables du Pas-de-Calais (P), 874.
PAILLON. Essoreuses à effet continu (P), 106.
— Hausse de pointage (P), 430.
PAQUELIN (Dr). Pli cacheté, 109.
— Prix des arts économiques; rapport de M. BARDY, 498.
PARIS (Auguste). Ouvrier (méd. br.), 541.
PELLET. Traitement de la betterave (P), 106.
PELLIN. Réfractomètre de M. CH. FÉRY, 551.
PÉRAUX. Règle à calcul à double réglette; rapport de M. GOULIER (b, pl), 64.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PETIT (Paul). Ouvrier (méd. br.), 541.
PETITPONT. Services rendus par M. GERVAIS (P), 282.
PEYRUSSON (Édouard). Couleurs sur porcelaine au grand feu, 286; rapport de M. DE LUYNES, 317.
— Méd. or, 522.
PICHARD. Titres pour le concours (P), 106.
PICHOLLET (Gaspard). Moyen de coucher les animaux pour les ferrer (P), 430.
PIERRE (colonel). Notice nécrologique sur M. REDIER, 154.
— Rapport sur la serrure à avertisseur électrique de M. LANGLASSÉ (b), 396.
PIET et Cie. Machines à laver et à repasser le linge; rapport de M. ROUART, 642.
PINCHARD. Moyen d'empêcher les inondations; rapport de M. RONNA, 61.
PIOT (Jules). Blanchisserie et désinfection (P), 109.
PONSARDIN (Jérôme). Ouvrier (méd. br.), 542.
PRUNIER. Rapport sur le procédé de M. MARIX pour mélanger les liquides (b), 398.

R

REDIER. Notice nécrologique par M. PIERRE, 154.
REH (Franz). Traité de la fabrication de la bonneterie, traduit par M. A. SIMON; rapport de M. IMBS, 640.
RÉMOND (Jules). Ouvrier (méd. br.), 542.
REVEL. Autographie à l'usage des aveugles (P), 371.
RICHARD (Gustave). Installation du patinage artificiel, le « Pôle Nord » (b), 157.
— Rapport sur l'unification des filetages, 173.
— Note sur l'unification des jauges (b), 251.
— Les moteurs à gaz et à pétrole, 805.
— La mécanique générale à l'Exposition de Chicago (P), 878.
RINGELMANN. Dynamique de la vis, 436.
— Méd. com., 531.
— Conférence sur les machines agricoles au Palais de l'Industrie (b), 606.
RINGELMANN. L'agriculture en Amérique, 800.
RIVAGE. Sur les phénomènes de la lumière (P), 759.
RIVAUD. Galvanoplastie de l'or, 629.
ROBERTS AUSTEN (W.-C.). Études diverses (P), 109.
— Les alliages (b), 644.
— Ses travaux; rapport de M. LE CHATELIER, 769.
ROCHE (Claude). Ouvrier (méd. br.), 542.
ROCHEFORT-LUÇAY (Octave de). Émaillage du fer, procédés Bertrand, 375.
RONNA. Rapport sur le moyen d'empêcher les inondations proposé par M. PINCHARD, 61.
ROUART (Henri). Rapport sur les appareils de fermeture de sûreté de M. P. BLANCHET (b), 560.
— Rapport sur les machines à laver et à repasser le linge de MM. PIET et Cie, 642.
ROUSSIN (Z.). Rapport sur le mode d'épuration des eaux d'égout de M. BRUISINE, 307.

S

SABATOU. Bûches allume-feux (P), 105, 109.
SAILLARD (René). Ouvrier (méd. br.), 542.
SAMIER (Adolphe). Ouvrier (méd. br.), 542.
SATRE (Henri). Surchauffeur-récupérateur, système DUSERT et EPÈCHE (P), 873.
SAUVAGE (Ed.). Mémoire sur l'unification des filetages (b), 179.
— Rapport sur le mode de suspension des véhicules de M. FÉRAUD (b), 293.
— La question des filetages en Allemagne, 704.
SCIAMA. Projecteurs électriques, 875.
SCHILTZ (Auguste). Ouvrier (méd. br.) 543.
SCHLEMMER. Rapport sur les ponts démontables de M. BROCHOCKI, 127.
SCHLŒSING fils. Propriétés hygroscopiques des matières textiles, 373, (b) 718; rapport de M. IMBS, 717.
SCHMIDT. Chronographe; rapport de M. SEBERT (b), 402.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Schribaux. Falsification des graines, 629.
Sebert (général). Rapport sur le chronographe de M. Schmidt (b), 402.
— Rapport sur les titres de M. G. Trouvé au prix Melsens, 494.
— Rapport sur l'appareil pour la transformation des coordonnées de M. Berthélemy (b), 558.
Sérullas. Travaux sur la gutta-percha (P), 106.
Sinigaglia (Francesco). Accidents de chaudières, 768.
Simon (André). Traduction du Traité de la fabrication de la bonneterie de Franz Reh; rapport de M. Imbs, 640.
Simon (Ed). Présentation de l'ouvrage sur la fabrication de la bonneterie de Franz Reh, traduit par M. André Simon, 432.
Simon et fils. Presse continue (P). 106.
Sizeranne (Maurice de la). Établissement des brossières aveugles de Tracy-le-Mont (P), 105.
Sorieul. Pompes et souffleries (P), 759.
Soudre (Jean). Ouvrier (méd. br.), 543.
Stanwood (James B). Calcul de la résistance des volants (b), 417.
Stead (J.-E.). Élimination du soufre dans la fabrication du fer, 781, 852.

T

Tanwiay. Titres pour le concours (P), 106.
Tellier (Théodore). Contremaître (méd. br.), 543.
Thiollier (Lucien). Prix des arts économiques; rapport de M. Cheysson, 508.
Thoriel (Alexandre). Ouvrier (méd. br.), 543.
Thom (Joseph). Ouvrier (méd. br.), 543.
Thwaite (B.-H.). Sur la rupture des cylindres trempés, 733.
Tiffereau (Théodore). Travaux sur la production des métaux (P), 167.
Tissandier (Gaston). Méd. or, 522.
Tisserand (Président). Discours prononcé à la séance générale du 9 juin 1893, 482.
Tissier. Invention concernant les vélocipèdes (P), 284.
Tocquet. (Voy. Jourde.)
Tournay (Prosper). Ouvrier (méd. br.), 544.
Tresca (Alfred). Rapport sur le système de limes de M. Leclercq (b), 150.
Trouvé (Gustave). Inventions diverses (b), 118; rapport de M. Mascart, 117.
— Prix Melsens; rapport de M. Sebert, 494.
Turenne (marquis de). Nécrologie, 799.

V

Vachon (Marius). L'exposition industrielle de Saint-Étienne (P), 371.
Vermand (P.). Les moteurs à gaz et à pétrole, 804.
Vernet. Machine motrice pneumatique (P), 759.
Viaris (Mis de). L'art de chiffrer et de déchiffrer les dépêches secrètes, 381.
Villain (Auguste). Impressions photographiques sur tissus, 286.
Voirin (J.). Manuel pratique de phototypie, 716.
Voirot (Édouard). Contremaître (méd. br.), 544.

W

Washbubn (A.-H.). Culture de la betterave en Allemagne, 41.

X

X. (*Fortuna juvat audaces.*) Isolement des diverses parties d'une installation électrique (P), 105.
X. (*La pêche a poussé les hommes à devenir industrieux.*) L'industrie sardinière, 106.
X. Utilisation des résidus de fabrique (P), 434.

Z

Zographakis. Mouvement des trapèzes magiques (P), 873.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLE ALPHABÉTIQUE

ET

ANALYTIQUE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LA QUATRE-VINGT-DOUZIÈME ANNÉE DU BULLETIN

(*Quatrième série. — Tome VIII*)

(La lettre (**P**) à la suite d'un article indique qu'il ne s'agit que d'une présentation.)

A

Acide sulfurique. Concentration de l'—, par M. KESSLER, 168.

Afrique centrale. Conférence sur les produits de l'—, par M. J. DYBOWSKI, 77.

Agriculture. Instructions de M. le MINISTRE DE L'AGRICULTURE sur les moyens d'atténuer les effets de la sécheresse sur les fourrages, 368.

— en Amérique, par M. RINGELMANN, 800.

Air. Perte de charge dans les parcours d'— souterrains, par M. MURGUE (pl), 575.

Alliages, par M. ROBERTS AUSTEN (b), 644.

Appareil pour la transformation des coordonnées. (Voy. **Coordonnées**.)

— de fermetures de sûreté. (Voy. **Fermetures**.)

— pour mesurer la consommation d'eau dans les moteurs à vapeur, par M. ALLEN (b), 364.

B

Baguette fulgurante de M. TROUVÉ (b), 126; rapport de M. MASCART, 117.

Bateaux. Plan incliné établi par M. J. FOURNIER pour le transbordement des —; rapport de M. BIENAYMÉ, 633; communication de M. MALLET (pl), 634.

Benzoline. (Voy. **Vapeurs inflammables**.)

Betterave. La culture de la — en Allemagne, par A. H. WASHBURN, 41.

Bibliographie. Annuaire du Bureau des longitudes pour l'an 1893, 55.

— Journaux et revues, 56, 112, 170, 291, 382, 440, 708, 763.

— Sur les filetages, 242.

— Distribution de vapeur, par M. MADAMET, 380, 448.

— Traité de calorimétrique chimique, par M. BERTHELOT, 380.

— L'art de chiffrer et de déchiffrer les dépêches secrètes, par le marquis DE VIARIS, 381.

— Album des services maritimes postaux, par MM. JACCOTTEY et M. MABYRE, sous la direction de M. E. LEVASSEUR, 446.

— Introduction à l'électricité industrielle, par M. MINEL, 446, 447.

— Recherches sur la culture de la pomme de terre industrielle, par M. A. GIRARD, 448.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Bibliographie. Unités et étalons, par M. Ed. Guillaume, 714.
— Examen sommaire des boissons falsifiées, par M. Hébert, 715.
— Manuel pratique de phototypie, par M. J. Voirin, 716.
— Annuaire des mines, de la métallurgie, de la construction mécanique et de l'électricité, par M. Ch. Jeanson, 716.
— Théorie des jeux de hasard, par M. H. Laurent, 767.
— Accidents de chaudières, par M. Fr. Sinigalia, 768.
— Les turbines, par M. Gérard Lavergne, 804.
— Les moteurs à gaz et à pétrole, par M. Vermand, 804.
— Les moteurs à gaz et à pétrole, par M. G. Richard, 805.
— Transmission de la force motrice par l'air comprimé ou raréfié, par M. Gouilly, 806.
— Le cheval dans ses rapports avec l'économie rurale et les industries de transport, par M. Lavalard, 884.
— Notes et formules de l'ingénieur mécanicien, par M. Cl. de Laharpe, 886.
— Annuaire du Bureau des longitudes pour l'an 1894, 886.
Bonneterie. La fabrication de la —, par Franz Reh, traduction par M. André Simon, présentation de M. Ed. Simon, 432; rapport de M. J. Imbs, 640.

C

Carbone. (Voy. **Fers carburés**.)
Carbonyles métalliques par L. Mond (b), 161.
Cartons Jacquart. Leur préparation mécanique, 52.
Celluloïd. Fabrication du —, par W. Hogben, 100.
Chaudières à vapeur. Expériences de transmission de la chaleur au travers des plaques tubulaires, par Durston (b), 322.
Chauffage des trains, par M. Lancrenon, 881.
Chlore liquide, par M. Fribourg, 706.
Chronographe de M. Schmidt; rapport de M. Sebert (b), 402.
Commerce. Conférence sur les produits de l'Afrique centrale, par M. J. Dybowski, 77.
Conseil d'administration. Liste des membres titulaires et honoraires et des correspondants du Conseil d'administration de la Société, 3.
— Liste des membres du Bureau et du — depuis la fondation de la Société, 807, 813.
Coordonnées. Appareil pour la transformation des —, par M. Berthélemy, rapport de M. Sebert (b), 558.
Couleurs vitrifiables au grand feu, par M. Ed. Peyrusson, 286; rapport de M. de Luynes, 317.
Craies et sables phosphatés. Leur exploitation, par M. Lindet (pl), 26.
Cuivre trempé, 366.
Cylindres trempés. Rupture des —, par M. Thwaite. 733.

D

Détartreur. (Voy. **Réchauffeur**.)
Discours du Président, 482.
Dynamique de la vis, par M. Ringelmann, 436.

E

Eau. Appareil pour mesurer la consommation d'eau dans les moteurs à vapeur, par M. Allen (b), 364.
Eaux d'égout. Leur épuration, par M. Buisine, 308; rapport de M. Roussin, 307.
Électricité. Machine électrique à recensement, par M. E. Cheysson (b), 263.
— Serrure à avertisseur électrique, par M. Langlassé; rapport de M. Pierre (b), 396.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Électricité. Installation électrique de Montmédy, par M. CHATILIEZ, 776.
Émaillage du fer, procédé Bertrand, par M. DE ROCHEFORT-LUÇAY, 375.
Enveloppes de vapeur. Expériences sur les —, par M. H. DAVEY, 743.
Épurateur. (Voy. **Réchauffeur.**)
Épuration des eaux d'égout par M. BUISINE, 308; rapport de M. ROUSSIN, 307.
Équivalent mécanique de la chaleur, par M. GRIFFITHS, 749.
État financier. Rapport de M. FOURET sur les comptes de l'exercice 1891, 12.
— Rapport de M. BORDET sur l'examen des comptes de l'année 1891, 20.
— Rapport de M. FOURET sur les comptes de l'exercice 1892, 385.
— Rapport de M. BORDET sur les comptes de 1892, 395.
Explosifs de sûreté, par M. DANIEL, 870.
Exposition universelle de Lyon en 1894, 625.

F

Fabrication de la bonneterie de FRANZ REH, traduit par M. A. SIMON, rapport de M. J. IMBS, 640.
Fécule de pommes de terre. Note sur leur fabrication, par M. BONDONNEAU, 849.
Fer. Élimination du soufre dans la fabrication du fer, par M. STEAD, 781.
Fermentation. Études sur la — des mélasses, par le Dr J. EFFRONT, 841.
Fermetures de sûreté de M. P. BLANCHET; rapport de M. ROUART (b), 560.
Fers carburés. Sur la dénomination des différentes formes du carbone dans les —, par A. LEDEBUR, traduction de M. OSMOND, 665.
— Recherches sur la teneur en carbone des —, par A. LEDEBUR, traduction de M. OSMOND, 673.
Filetages. Leur unification; rapport de M. G. RICHARD, 173.
— Mémoire sur l'unification des —, par M. ED. SAUVAGE (b), 179.
Filetages. La question des — en Allemagne, par M. ED. SAUVAGE, 704.
Fontaines lumineuses de M. TROUVÉ (b), 118; rapport de M. MASCART, 117.
Fonte trempée. Fabrication et application de la —, système GRUSON, par M. EKERMERS, 684.
Formènophone de M. HARDY, par M. LAUSSEDAT, 869.
Fours Siemens. Réponse de M. DE BONNEVILLE à la communication de M. EMILIO DAMOUR, 288,

G

Galvanoplastie de l'or, par M. RIVAUD, 629.
Gaz. Application de la chaleur du gaz à la modification superficielle des métaux (b), 794.
— Danger de l'emploi des — à haute pression, par BUDENBERG et HEYR, 53.
Générateur à vapeur de M. H. MARTIN; rapport de M. BRULL (pl), 553.
Graines. Leurs falsifications, par M. SCHRIBAUX, 629.
Graisseur de M. G. DORIAN; rapport de M. BIENAYMÉ (b), 22.
Greffage des racines de la vigne, par M. GENESTE, 869.

H

Huiles de coprah et de palmiste, moyen de reconnaître leur pureté par M. E. MILLIAU, 103.

I

Impressions photographiques sur tissus, par M. A. VILLAIN, 286.
Industries d'origine étrangère au Japon, par M. le MINISTRE D'ANGLETERRE AU JAPON, trad. par M. LESCASSE, 335.
Inondations. Moyen d'empêcher les — de se produire, par M. PINCHARD; rapport de M. RONNA, 61.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Instructions de M. le MINISTRE DE L'AGRICULTURE sur les moyens d'atténuer les effets de la sécheresse sur les fourrages, 368.

J

Jauges. Sur leur unification, par M. G. RICHARD, 251.

L

Laiterie en Amérique, par M. LÉZÉ, 872.
Limes. Système de —, par M. LECLERCQ; rapport de M. TRESCA (b), 150.
Linge. (Voy. **Machines** à laver.)
Liquides. Procédé de M. MARIX pour mélanger les —; rapport de M. PRUNIER (b), 398.
Liste des membres du Bureau depuis la fondation de la Société, 807.
— Des membres du Conseil depuis la fondation de la Société, 813.
— des nouveaux membres de la Société admis en 1893, 887.
Lunettes d'atelier. Compte rendu du concours ouvert par l'Association des industriels de France contre les accidents du travail, par M. MAMY (b), 275.

M

Machines agricoles au Palais de l'industrie, par M. RINGELMANN (b), 606.
— à laver et à repasser le linge de M. PIET et Cie, rapport de M. ROUART, 642.
— à vapeur. Appareil pour mesurer leur consommation d'eau, par M. ALLEN (b), 364.
— électrique à recensement, par M. E. CHEYSSON (b), 263.
Médaille (grande) d'agriculture; rapport de M. HEUZÉ sur les titres de M. LECOUTEUX, 489.
Médailles. Liste des médailles décernées aux inventeurs, 519.
— Commémoratives, 531.
Médailles. Liste des médailles décernées aux contremaîtres et ouvriers, 532.
Mélasses. Études sur la fermentation des —, par le Dr J. EFFRONT, 841.
Menottes des ressorts de suspension des véhicules, par M. FÉRAUD, rapport de M. ED. SAUVAGE (b), 293.
— Calcul de leur effet, par M. MESTRE (pl), 301.
Métaux. Application de la chaleur du gaz à la modification superficielle des métaux (b), 794.
Miroir de télescope à réflexion, procédé pour donner la courbure, par M. A. COMMON (b), 695.

N

Nécrologie. Notice sur M. REDIER, par M. PIERRE, 154.
— M. CHARLES LORILLEUX, 284.
— M. ALPHONSE DE CANDOLLE, 434.
— M. le marquis DE TURENNE, 799.
Niveau d'eau dans les chaudières, par M. HERVIER, 378.

O

Or. Galvanoplastie de l'or, par M. RIVAUD, 629.
Orgue celesta, par M. MUSTEL, rapport de M. CARPENTIER (extr), 436.

P

Palmiste. (Voy. **Huile de coprah**.)
Parabolographe de M. TROUVÉ (b), 125; rapport de M. MASCART, 117.
Patinage artificiel. Installation du — le « Pôle Nord », par M. RICHARD (b), 157.
Perte de charge dans les parcours d'air souterrains, par M. MURGUE (pl), 575.
Pétrole. Son utilisation comme combustible, par M. COLLINS (b), 423.
Photographie. Impressions photographiques sur tissus, par M. A. VILLAIN, 286

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Photographie des couleurs, par M. L. LUMIÈRE, 880.
Plan incliné pour le transbordement des bateaux établi par M. J. FOURNIER; rapport de M. BIENAYMÉ, 633; communication de M. MALLET (pl), 634.
Pli cacheté. M. DEISS, modification à l'appareil d'extraction pour le sulfure de carbone, 109.
— Dr PAQUELIN, travaux divers, 109.
— M. CHARLES GUILLEMOT, moteur magnétique, 430.
— M. HÉLOUIS, fabrication de phosphate ammoniaco-magnésien, 430.
— M. JUSTIN JEANNERET, production de l'énergie électrique, 878.
— M. DARDENNE, fours à ciment, 879.
Pôle Nord. (Voy. **Patinage artificiel**.)
Ponts démontables de M. BROCHOCKI (b), 136; rapport de M. SCHLEMMER, 127.
Porcelaine. Couleurs au grand feu, par M. ED. PEYRUSSON, 286; rapport de M. DE LUYNES, 317.
Presses hydrauliques pour forger, par M. DAELEN (b), 405.
Prix Fourcade; rapport de M. AIMÉ GIRARD, 493.
— Melsens; rapport de M. SEBERT sur les titres de M. TROUVÉ, 494.
— des arts mécaniques; rapport de M. HATON DE LA GOUPILLIÈRE sur le prix relatif à l'aérage des mines, 496.
— des arts mécaniques; rapport de M. HIRSCH sur le concours relatif à une étude sur une machine aérienne, 497.
— des arts économiques; rapport de M. BARDY sur l'utilisation du pétrole, 498.
— d'agriculture; rapport de M. MUNTZ sur l'étude des ferments alcooliques, 504.
— d'agriculture; rapport de M. MUNTZ sur les expériences d'alimentation du bétail, 506.
— du commerce; rapport de M. CHEYSSON sur l'étude économique d'un centre industriel, 508.
Prix des constructions et beaux-arts; rapport de M. DAVANNE sur un obturateur photographique, 514.
Procès-verbaux. Séance du 13 janvier 1893, 105. — Séance du 27 janvier, 109. — Séance du 10 février, 165. — Séance du 24 février, 167. — Séance du 10 mars, 282. — Séance du 24 mars, 284. — Séance du 14 avril, 430. — Séance du 28 avril, 434. — Séance du 12 mai, 368. — Séance du 26 mai, 373. — Séance générale du 9 juin, 544. — Séance du 23 juin, 546. — Séance du 28 juillet, 626. — Séance du 27 octobre, 759. — Séance du 10 novembre, 799. — Séance du 24 novembre, 868. — Séance du 8 décembre, 873. — Séance du 22 décembre, 878.
Programme des prix proposés par la Société à décerner de 1894 à 1896, 450.
Projecteurs électriques, par M. SCIAMA, 875.
Pyrodiamant, par M. MANUEL-PÉRIER, 287.
Pyromarqueurs et pyrosoudeurs, par M. MANUEL-PÉRIER. 802.
Pyromètre Lechatelier; son application aux hauts fourneaux, par M. C. LOWTHIAN-BELL (b), 617.

R

Ramie. Communication sur la —, par M. MICHOTTE, 432.
Recensement. Machine électrique à —, par M. E. CHEYSSON (b), 263.
Réchaud à alcool de M. ALLAIN; rapport de M. BARDY (b), 319.
Réchauffeur-épurateur d'eau de M. CHEVALET; rapport de M. BRULL (b), 146.
Réflecteur solaire, par M. BONNET, 108.
Réfractomètre de M. FÉRY, par M. PELLIN, 551.
Règle à calcul à deux réglettes de M. PÉRAUX; rapport de M. GOULIER (b. pl), 64.
Règlements d'ateliers; rapport de M. GRUNER, 561.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Résistance des volants; leur calcul, par M. Stanwood (b), 417.

S

Sables phosphatés. (Voy. **Craies**.)
Saturateur à surface multiple pour le pyrodiamant, par M. Manuel-Périer, 287.
Scrutin. Dépouillement du —, 884.
Séance générale du 9 juin 1893, 481; procès-verbal, 544.
Séances du Conseil d'administration. (Voy. **Procès-Verbaux**.)
Serrure à avertisseur électrique, par M. Langlassé; rapport de M. Pierre (b), 396.
Sirène de M. Trouvé (b), 126; rapport de M. Mascart, 117.
Soufre. Élimination du — dans la fabrication du fer, par M. Stead, 781, 852.
Suspension de véhicules, par M. Féraud; rapport de Ed. Sauvage (b), 293.

T

Télescope. Sur la construction d'un — équatorial à réflexion de cinq pieds, par M. A. Common (b), 695.
Textiles. Propriétés hygroscopiques des matières textiles, par M. Schlœsing fils (b), 718; rapport de M. Imbs, 717.
Tissus. Impressions photographiques, par M. A. Villain, 286.
Touage électro-magnétique, par M. de Bovet, 549.
Transformation des coordonnées. (Voy. **Coordonnées**.)
Travaux du professeur Roberts Austen; rapport de M. Le Chatelier, 769.

U

Unification des filetages; rapport de M. G. Richard, 173.
— Mémoire de M. Ed. Sauvage (b), 179.
— **des jauges**, par M. G. Richard, 251.

V

Vapeurs inflammables. Recherche des — répandues dans l'air, par M. Fr. Clowes, 93.
Vis à filet triangulaire, leur exécution, par M. Marre (b), 243.
— Dynamique de la —, par M. Ringelmann, 436.
Volants. Calcul de leur résistance, par M. Stanwood (b), 417.

Y

Yacht « Mignon » (b), 90.

Z

Zoo-cautère, par M. Brenot, 108.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLE DES PLANCHES ET DES DESSINS

PLANCHES

Pl. 83, *simple*. Carrière de craie phosphatée à Hardivilliers-Breteuil 28
Pl. 84, *simple*. Carrière de sable phosphaté à Hargicourt 31
Pl. 85, *simple*. Carrière de sable phosphaté à Beauval 30
Pl. 86, *simple*. Carrières épuisées à Beauval. 30
Pl. 87, *simple*. Règle à calcul de M. Péraux. 73
Pl. 88, *double*. Échelles des sinus et des tangentes. 73
Pl. 89, *double*. Effet des menottes de ressorts de suspension 303
Pl. 90, *triple*. Installation pour la mesure de la perte de charge dans les parcours d'air souterrains 581
Pl. 91, *triple*. Courbes d'égales vitesses dans les parcours d'air souterrains. . . 590
Pl. 92, *triple*. — — — — 596
Pl. 93, *triple*. Chaudière système Henri Martin. 557
Pl. 94, *triple*. Plan incliné pour le transbordement des bateaux. 636
Pl. 95, *double*. — — — — 636

DESSINS

Graisseur G. Dorian. — 4 figures 22
Règle à calcul de M. Péraux. — 3 figures 71
Fontaines lumineuses de M. Trouvé. — 6 figures. 119
Parabolographe de M. Trouvé. — 1 figure. 125
Baguette fulgurante et jeu de sirènes de M. Trouvé. — 2 figures. 126
Ponts démontables de M. de Brochocki. — 16 figures. 139
Réchauffeur-épurateur de M. Chevalet. — 2 figures. 147
Limes Leclercq. — 2 figures. 152
Patinage artificiel, le « Pôle Nord ». — 4 figures 158
Appareil proposé pour l'extraction du nickel. — 1 figure 163
Unification des filetages. — 55 figures. 181
Vis à filets triangulaires. — 3 figures 246
Machine électrique à recensement. — 1 figure. 271

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Lunettes d'atelier. — 2 figures 278
Menottes de suspension des véhicules. — 11 figures 294
Réchaud à alcool de M. Allain. — 3 figures 320
Transmission de la chaleur au travers des plaques tubulaires. — 23 figures. . . 323
Appareil pour mesurer la consommation d'eau dans les machines à vapeur. — 1 figure 365
Serrure à avertisseur électrique. — 2 figures 397
Procédé Marix pour le mélange des liquides. — 3 figures. 399
Chronographe Schmidt. — 2 figures 402
Presses hydrauliques à forger. — 24 figures. 406
Calcul des volants. — 4 figures. 419
Utilisation du pétrole comme combustible. — 2 figures. 425
Appareil pour la transformation des coordonnées, par M. Berthélemy. — 1 figure. 559
Machines agricoles au Palais de l'Industrie. — 10 figures 610
Pyromètre Le Châtelier; diagrammes. — 5 figures. 618
Appareils et diagrammes pour l'étude des alliages. — 22 figures. 647
Courbures du miroir d'un télescope équatorial. — 2 figures. 697
Courbes d'hygroscopicité des matières textiles. — 2 figures. 730
Application de la chaleur du gaz à la modification superficielle des métaux. — 2 figures. 797

Le Gérant : J.-H. GINESTOU.

Paris. — Typ. Chamerot et Renouard, 19, rue des Saints-Pères. — 30710.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires