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
	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
VOLUME TÉLÉCHARGÉ	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	1900. 99e année. 5e série, tome 5. 1er semestre
Adresse	**Paris : Société d'encouragement pour le développement de l'industrie nationale, 1900**
Collation	**1 vol. (966 p.) : ill. ; 26 cm**
Nombre de vues	**962**
Cote	**BSPI 99**
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.99

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.**

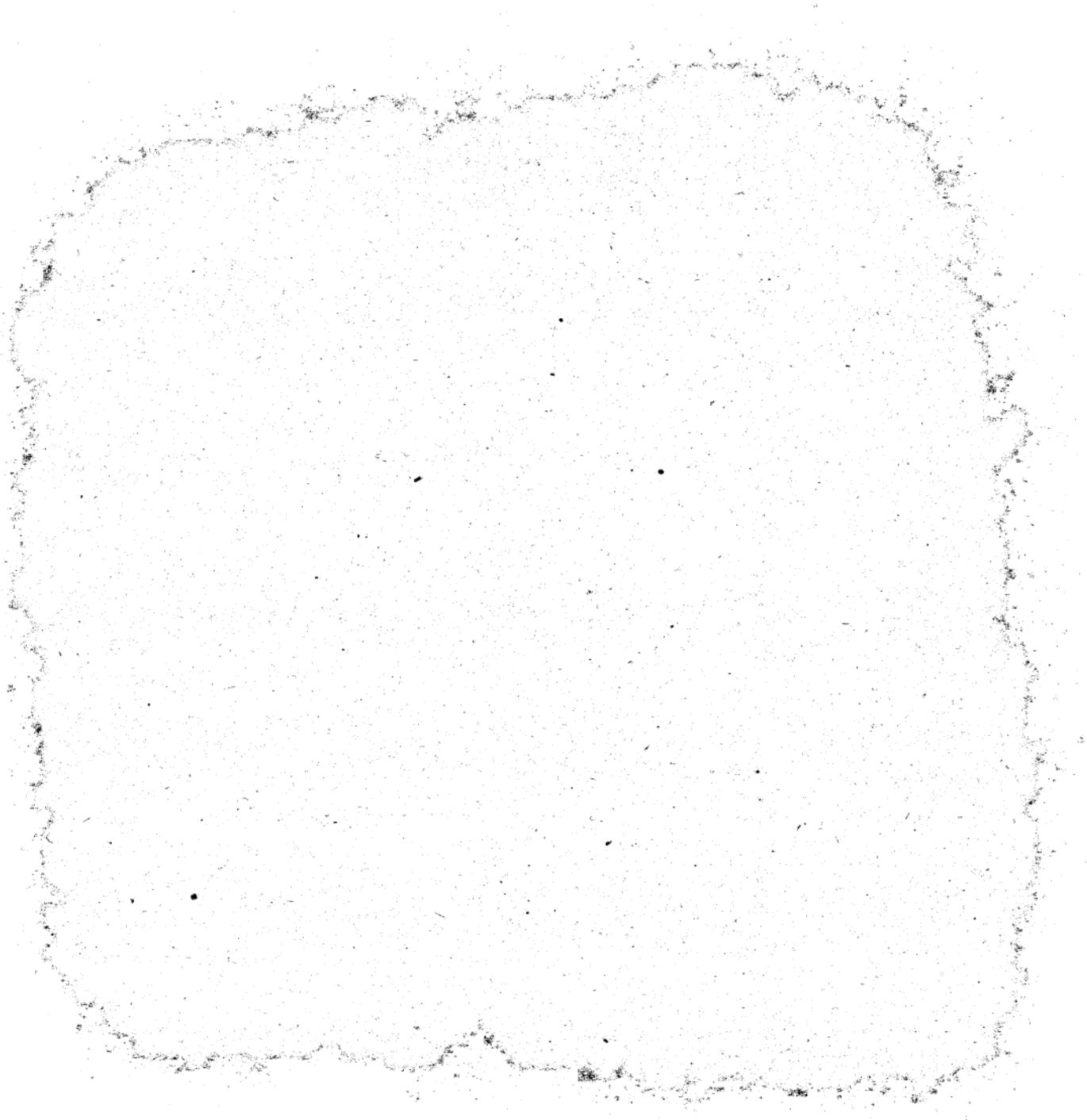
Voir le catalogue et accèder aux volumes numérisés

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. **:**



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

S. E. I. N.
Bibliothèque

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

POUR

L'INDUSTRIE NATIONALE

BSI · 99

PUBLIÉ

SOUS LA DIRECTION DU SECRÉTAIRE DE LA SOCIÉTÉ

M. ED. COLLIGNON

CINQUIÈME SÉRIE. — TOME V. — 1900 (1er Semestre)

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

(*Extrait du Règlement.*)

MDCCCI

PARIS

SIÈGE DE LA SOCIÉTÉ, RUE DE RENNES, 44

—

1900

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

SECRÉTARIAT DE LA SOCIÉTÉ

RÉDACTION DU BULLETIN

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

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

BULLETIN

DE

LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

CONSEIL D'ADMINISTRATION

LISTE DES MEMBRES TITULAIRES, DES MEMBRES HONORAIRES DU CONSEIL ET DES MEMBRES CORRESPONDANTS, ARRÊTÉE DANS LA SÉANCE DES ÉLECTIONS DU 12 JANVIER 1900 POUR L'ANNÉE 1900

BUREAU

Année de l'entrée au Conseil.

Président.

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

Vice-présidents.

1887. — CARPENTIER (O. ✲), ingénieur, ancien élève de l'École polytechnique, 34, rue
1898. du Luxembourg.

1881. — LAVALARD (O. ✲), membre du Conseil supérieur d'agriculture, maître de
1898. conférences à l'Institut national agronomique, 54 *bis*, rue Cardinet.

1898. — LEVASSEUR (C. ✲), membre de l'Institut, 26, rue Monsieur-le-Prince.
1898.

1894. — LINDER (C. ✲), inspecteur général des mines en retraite, 38, rue du Luxem-
1898. bourg.

Secrétaire.

1876. — COLLIGNON (Ed.) (O. ✲), inspecteur général des ponts et chaussées en retraite,
1887. 6, rue de Seine.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Année de l'entrée au Conseil.

Trésorier.

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

Censeurs.

1884. — BORDET, ancien inspecteur des finances, administrateur de la Compagnie des
1888. forges de Châtillon et Commentry, boulevard Saint-Germain, 181.
1881. — SIMON (E.), ingénieur civil, 89, boulevard du Montparnasse.
1896.

Commission des Fonds.

1884. — BORDET, ancien inspecteur des finances, administrateur de la Compagnie des forges de Châtillon et Commentry, boulevard Saint-Germain, 181, *Président.*
1868. — GOUPIL DE PRÉFELN (✻), boulevard Haussmann, 77.
1876. — BISCHOFFSHEIM (R.) (✻), membre de l'Institut, rue Taitbout, 3.
1887. — PEREIRE (Henry), ingénieur des arts et manufactures, boulevard de Courcelles, 33.
1888. — FOURET (✻), examinateur d'admission à l'École polytechnique, rue Washington, 16.
1891. — D'EICHTHAL (Eug.), administrateur de la Compagnie des chemins de fer du Midi, boulevard Malesherbes, 144.
1892. — HEURTEAU (O. ✻), ingénieur en chef des mines, directeur de la Compagnie du chemin de fer d'Orléans, rue de Clichy, 17.
1892. — BILLOTTE (✻), secrétaire général de la Banque de France, rue de la Vrillière, 1.
1893. — DAUBRÉE (Lucien) (O. ✻), directeur général des forêts, 78, rue de Varennes.
1899. — DUMONT (O. ✻), administrateur délégué de la Société des papeteries du Marais et de Sainte-Marie, 3, rue du Pont-de-Lodi.

Comité des Arts mécaniques.

1869. — HATON DE LA GOUPILLIÈRE (C. ✻), membre de l'Institut, directeur de l'École supérieure des mines, boulevard Saint-Michel, 60, *Président.*
1876. — COLLIGNON (Ed.) (O. ✻), inspecteur général des ponts et chaussées, rue de Seine, 6.
1881. — SIMON (Ed.), ingénieur, boulevard du Montparnasse, 89.
1884. — BRÜLL (✻), ingénieur, ancien élève de l'École polytechnique, boulevard Malesherbes, 117.
1886. — HIRSCH (✻), inspecteur général des ponts et chaussées, professeur honoraire au Conservatoire des arts et métiers, rue Castiglione, 1.
1890. — BIENAYMÉ (C. ✻), directeur des constructions navales, en retraite, 14, rue Revel, à Toulon.
1891. — IMBS (✻), professeur au Conservatoire des arts et métiers, rue Greuze, 20.
1891. — SAUVAGE (✻), ingénieur des mines, professeur à l'École des mines, rue Eugène-Flachat, 14.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Année de l'entrée au Conseil.

1893. — FLAMANT (O. ✲), inspecteur général des ponts et chaussées, 1, rue Littré (Alger).
1894. — LINDER (C. ✲), inspecteur général des mines, en retraite, 38, rue du Luxembourg.
1895. — BOURDON (Édouard) (✲), constructeur-mécanicien, rue du Faubourg-du-Temple, 74.
1895. — ROZÉ (✲), répétiteur d'astronomie à l'École polytechnique, 62, rue du Cardinal-Lemoine.
1897. — BARBET, ingénieur, 57, rue de l'Université.
1897. — DILIGEON, constructeur-mécanicien, 54, rue Saint-Maur.
1897. — E. POLONCEAU (O. ✲), ancien ingénieur en chef du Matériel et de la Traction, Conseil de la Cie d'Orléans, 55, rue de Verneuil.
1898. — MASSON (✲), sous-directeur du Conservatoire des arts et métiers, 292, rue Saint-Martin.

Comité des Arts chimiques.

1872. — TROOST (O. ✲), membre de l'Institut, professeur à la Faculté des sciences, rue Bonaparte, 84, *Président*.
1862. — DE LUYNES (Victor) (O. ✲), professeur au Conservatoire des arts et métiers, rue de Bagneux, 16.
1877. — BÉRARD (E.-P.) (O. ✲), secrétaire du Comité consultatif des arts et manufactures, rue Casimir-Delavigne, 2.
1880. — VINCENT (C.) (✲), professeur à l'École centrale des arts et manufactures, boulevard Saint-Germain, 28.
1880. — JUNGFLEISCH (✲), professeur au Conservatoire des arts et métiers et à l'École de pharmacie, rue du Cherche-Midi, 74.
1883. — CARNOT (Adolphe) (O. ✲), membre de l'Institut, inspecteur général des mines, inspecteur de l'École supérieure des mines, boulevard Saint-Michel, 60.
1884. — CAILLETET (O. ✲), membre de l'Institut, boulevard Saint-Michel, 75.
1885. — LE CHATELIER (Henri) (✲), ingénieur en chef des mines, professeur au Collège de France, rue Notre-Dame-des-Champs, 73.
1885. — BIVER (Hector) (✲), administrateur de la Compagnie de Saint-Gobain, rue Meissonier, 8.
1885. — APPERT (Léon) (O. ✲), ingénieur manufacturier, 50, rue de Londres.
1889. — VIEILLE (O. ✲), ingénieur des poudres et salpêtres, quai Bourbon, 19.
1890. — JORDAN (S.) (O. ✲), ingénieur civil, professeur à l'École centrale des arts et manufactures, rue Viète, 5.
1895. — DUCLAUX (C. ✲), membre de l'Institut, 35 *bis*, rue de Fleurus.
1897. — BUQUET (O. ✲), directeur de l'École centrale des arts et manufactures, 1, rue Montgolfier.
1898. — LIVACHE, ingénieur civil des mines, 24, rue de Grenelle.
1898. — MOISSAN (O. ✲), membre de l'Institut, 7, rue Vauquelin.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Année de l'entrée au Conseil.

Comité des Arts économiques.

1876. — SEBERT (H.) (C. ✲) (général), administrateur de la Société des forges et chantiers de la Méditerranée, rue Brémontier, 14, *Président*.
1861. — LE ROUX (F.-P.) (✲), professeur à l'École de pharmacie, boulevard du Montparnasse, 120.
1866. — BOUILHET (Henri) (O. ✲), ingénieur-manufacturier, rue de Bondy, 56.
1876. — FERNET (E.) (O. ✲), inspecteur général de l'Instruction publique, 23, avenue de l'Observatoire.
1883. — BARDY (O. ✲), directeur honoraire du service scientifique des contributions indirectes, rue du Général-Foy, 32.
1883. — MASCART (C. ✲), membre de l'Institut, professeur au Collège de France, directeur du Bureau central météorologique, rue de l'Université, 176.
1883. — LAUSSEDAT (C. ✲), colonel du génie, membre de l'Institut, directeur du Conservatoire des arts et métiers, rue Saint-Martin, 292.
1885. — PRUNIER (L. ✲), professeur à l'École supérieure de pharmacie, membre de l'Académie de médecine, 47, quai de la Tournelle.
1886. — BECQUEREL (Henri) (✲), membre de l'Institut, 6, rue Dumont-d'Urville.
1887. — CARPENTIER (O. ✲), ingénieur, ancien élève de l'École polytechnique, rue du Luxembourg, 34.
1888. — RAYMOND (O. ✲), directeur de l'École supérieure de télégraphie, boulevard de Courcelles, 87.
1891. — ROUART (Henri) (O. ✲), ingénieur-constructeur, 34, rue de Lisbonne.
1893. — FONTAINE (O. ✲), ingénieur civil, rue Saint-Georges, 52.
1893. — VIOLLE (O. ✲), membre de l'Institut, professeur au Conservatoire des arts et métiers, 89, boulevard Saint-Michel.
1897. — LYON (✲), directeur de la fabrique de pianos Pleyel et Wolf, 22, rue Rochechouart.
N...

Comité d'Agriculture.

1864. — CHATIN (O. ✲), membre de l'Institut, rue de Rennes, 149, *Président*.
1866. — TISSERAND (Eug.) (G. O. ✲), conseiller à la Cour des Comptes, rue du Cirque, 17.
1866. — HEUZÉ (Gustave) (O. ✲), inspecteur général honoraire de l'agriculture, rue Berthier, 27, à Versailles.
1879. — RISLER (O. ✲), directeur de l'Institut agronomique, rue de Rennes, 106 *bis*.
1879. — SCHLŒSING (O. ✲), membre de l'Institut, directeur de l'École d'application des manufactures de l'État, quai d'Orsay, 67.
1880. — RONNA (C. ✲), ingénieur, membre du Conseil supérieur de l'agriculture, 48, boulevard Émile-Augier.
1881. — LAVALARD (Ed.) (O. ✲), membre du Conseil supérieur de l'agriculture, maître de conférences à l'Institut national agronomique, 54 *bis*, rue Cardinet.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Année de l'entrée au Conseil.

1882. — MÜNTZ (Achille) (O. ✲), professeur à l'Institut national agronomique, rue de Condé, 14.
1882. — PRILLIEUX (E.) (O. ✲), inspecteur général de l'enseignement agricole, professeur à l'Institut national agronomique, rue Cambacérès, 14.
1884. — MURET (✲), membre de la Société nationale d'agriculture de France, place du Théâtre-Français, 4.
1885. — Le baron THÉNARD (Arnould) (✲), chimiste-agriculteur, place Saint-Sulpice, 6.
1888. — LIÉBAUT (O. ✲), président honoraire de la Chambre syndicale des ingénieurs-constructeurs-mécaniciens, avenue Marceau, 72.
1893. — CORNU (Maxime) (O. ✲), professeur de culture au Muséum d'histoire naturelle, rue Cuvier, 27.
1896. — LINDET (✲), professeur à l'Institut agronomique, 108, boulevard Saint-Germain.
1897. — GRANDEAU (O. ✲), inspecteur général des Stations agronomiques, 4, avenue de La Bourdonnais.
1899. — BÉNARD, président de la Société d'agriculture de Meaux, à Coupvray, par Esbly (Seine-et-Marne).

Comité des Constructions et des Beaux-Arts.

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

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Année de l'entrée au Conseil.

1895. — BELIN (E.) (✲), éditeur, 52, rue de Vaugirard.
1898. — BONAPARTE (prince Roland), 10, avenue d'Iéna.
1899. — PILLET (G.), professeur au Conservatoire des Arts et Métiers, 18, rue Saint-Sulpice.

Comité du Commerce.

1856. — BLOCK (Maurice) (✲), membre de l'Institut, rue de l'Assomption, 63, à Auteuil, *Président*.
1864. — LAVOLLÉE (Ch.) (✲), ancien préfet, vice-président honoraire de la Société, 79, rue de la Tour.
1869. — ROY (Gustave) (C. ✲), ancien président de la Chambre de commerce de Paris, membre du Comité consultatif des arts et manufactures, rue de Tilsitt, 12.
1887. — CHEYSSON (O. ✲), inspecteur général des ponts et chaussées, 4, rue Adolphe-Yvon.
1892. — GRUNER (E.) (✲), ingénieur civil des mines, secrétaire du Comité central des houillères de France, rue Férou, 6.
1896. — LEVASSEUR (O. ✲), membre de l'Institut, 26, rue Monsieur-le-Prince.
1897. — PAULET (✲), chef de bureau au Ministère du Commerce, 49, rue Vineuse.
1897. — DUPUIS (✲), ingénieur civil des mines, 18, avenue Jules-Janin.
1899. — LALANCE, 195, boulevard Malesherbes.
1899. — LÉVY (Raphaël-Georges), 80, boulevard de Courcelles.

Commission du Bulletin.

MM. COLLIGNON, secrétaire ; DAUBRÉE, FOURET, HATON DE LA GOUPILLIÈRE, IMBS, BÉRARD, LE CHATELIER, SEBERT, BARDY, RONNA, LINDET, HUET, BELIN, BLOCK, LAVOLLÉE.

VICE-PRÉSIDENTS HONORAIRES

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

MEMBRES HONORAIRES

Comité des Arts mécaniques.

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

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Année de l'entrée au Conseil.

Comité des Arts économiques.

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

Comité du Commerce.

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

MEMBRES CORRESPONDANTS

Comité des Arts mécaniques.

Correspondants français.

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 Cie, à Toulon (Var).
CURIÈRES DE CASTELNAU (de), ingénieur en chef des mines, 15, avenue Bosquet.

Correspondants étrangers.

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

Comité des Arts chimiques.

Correspondants français.

GUIMET fils, manufacturier, à Lyon.
PECHINEY, directeur de la Société des produits chimiques d'Alais.
MANHÈS, directeur de la Société métallurgique du cuivre, à Lyon.
KESSLER, fabricant de produits chimiques, à Clermont-Ferrand.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

DARBLAY, manufacturier, à Essonnes (Seine-et-Oise).
BOIRE (Émile), administrateur des sucreries de Bourdon (Puy-de-Dôme).
PETITPONT (Gustave), manufacturier, à Choisy-le-Roi.
BRUSTLEIN, directeur des usines Jacob Holtzer et C^ie^, à Unieux (Loire).
HALLER, professeur à la Sorbonne.

Correspondants étrangers.

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

Comité des Arts économiques.

Correspondants français.

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

Correspondants étrangers.

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

Comité d'Agriculture.

Correspondants français.

LE CLER, ingénieur des polders de la Vendée.
MARÈS (Henri), correspondant de l'Académie des sciences, à Montpellier.
PHILIPPAR, directeur de l'École d'agriculture de Grignon.
RÉMOND, agriculteur à Minpincien, par Guignes-Rabutin (Seine-et-Marne).
GROSJEAN, inspecteur de l'enseignement agricole.
COCHARD, président de la Société d'agriculture de Montmédy.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

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

Correspondants étrangers.

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

Comité du Commerce.

Correspondants français.

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

Correspondants étrangers.

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

Comité des Constructions et des Beaux-Arts.

Correspondant étranger.

CARLOS RELVAS, à Collega (Portugal).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS MÉCANIQUES

NOTE SUR LE MÉTIER A TISSER **Seaton**, par **M. Édouard Simon**, *membre du Conseil.*

Comme le Northrop (1), le métier à tisser breveté sous le nom de Seaton est américain et a pour but de réduire autant que possible l'intervention de l'ouvrier. Les moyens, toutefois, sont absolument différents. Tandis que sur le premier, les canettes, approvisionnées par un barillet, sont transférées automatiquement et successivement à l'intérieur de la navette, de grosses bobines de trame, plantées verticalement au niveau du sol et sur les deux côtés du second, se dévident de bas en haut; le fil, mesuré, puis coupé par longueurs égales à deux duites, est présenté, comme on le verra plus loin, à une navette spécialement construite.

Le sectionnement de la trame par longueurs uniformes a pour but d'éviter les fausses duites et le déchet; la situation des bobines en dehors des parties actives du métier permet de les remplacer aisément pendant le travail. De plus, le tisseur n'est pas limité, ainsi que pour le métier Northrop, à l'emploi d'une sorte de trame; il lui devient possible de placer sur chaque support latéral un assortiment de bobines de couleurs diverses ou de matières différentes, qu'un mécanisme approprié présente dans l'ordre même de la succession des duites.

Nous décrirons tout d'abord un métier fonctionnant avec deux trames identiques, placées l'une à droite, l'autre à gauche.

Dans les diverses figures, les lettres et numéros *1*^{a} désignent le bâti, *1* l'arbre à manivelles du battant, *2* l'arbre de commande du *harnais* ou *équipage*, le tout sans particularités notables. L'arbre *3*, par contre, est muni de cames servant à actionner les dispositifs nouveaux; cet arbre reçoit le mouvement de l'arbre *1* par l'intermédiaire des chaînes *4*, *5* (fig. 1) qui passent sur les roues dentées *4*^{a}, *5*^{a}, calées sur l'arbre *2*. La chaîne *4* est actionnée par le pignon *4*^{b} de l'arbre *1* et la chaîne *5* entraîne le pignon *5*^{b} de l'arbre *3*. Les trois arbres tournent ainsi dans le même sens.

A est le battant du métier, supporté comme d'ordinaire par les bras oscillants

(1) Voir *Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale.* Juin 1896, p. 897; juin 1897, p. 753; novembre 1899, p. 1508.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

a^1 et relié aux manivelles de l'arbre *1* par des leviers articulés; a^2 désigne le peigne. Les appareils destinés à l'alimentation de la trame sont montés symétriquement aux deux bouts du battant; les figures 1 à 15 donnent les détails.

Alimentation de la trame. — Le fil *x* tiré de l'une des bobines B (fig. 1) passe à travers un tendeur T, garni intérieurement de peluche (voir fig. 14), puis dans le guide tubulaire t^1 monté sur la tête F^4; de là, entre cette tête et les ressorts f, f^1, f^2, f^3, véritables doigts élastiques pivotant autour de la tige f^6. La pièce

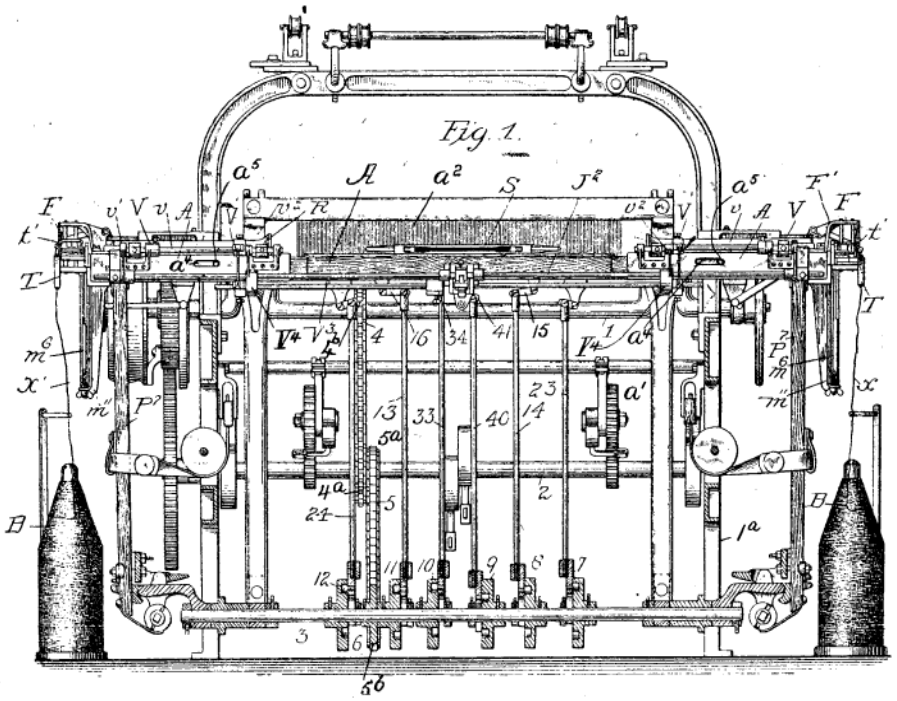


Fig. 1.

F^4 peut monter et descendre sur deux tringles F^2, F^3, que le support F^1 solidarise avec le battant.

L'extrémité libre de la trame *x*, pincée entre les ressorts *f*..., f^3, et la coulisse F^4, pend dans l'une des deux fenêtres f^4, f^5, et est saisie par la navette S (lancée à droite dans la fig. 1); la trame est ensuite entraînée comme d'ordinaire dans le pas ouvert de la chaîne lorsque la navette revient vers le bord opposé. Ladite navette s'arrête contre le taquet P^5 (fig. 3) tenant encore la *duite* à l'intérieur du pas, à 2 centimètres de la lisière, pendant que la chaîne se referme; c'est seulement lorsque le battant, continuant d'avancer d'environ 3 centimètres vers la poitrinière, a terminé son évolution, que la navette se dégage complè-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tement et abandonne dans le tissu l'extrémité de la duite. Auparavant, la quan-

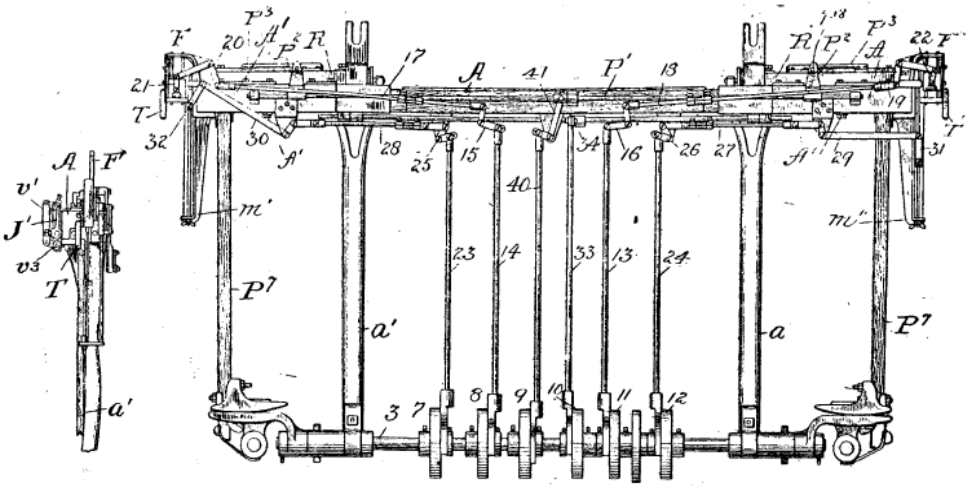


Fig. 2.

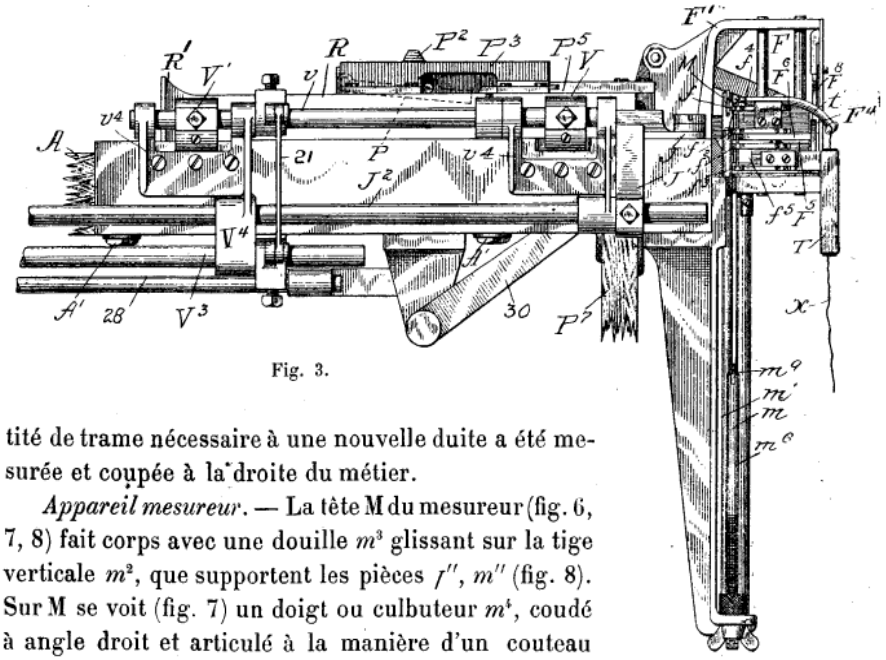


Fig. 3.

tité de trame nécessaire à une nouvelle duite a été mesurée et coupée à la droite du métier.

Appareil mesureur. — La tête M du mesureur (fig. 6, 7, 8) fait corps avec une douille m^3 glissant sur la tige verticale m^2, que supportent les pièces f'', m'' (fig. 8). Sur M se voit (fig. 7) un doigt ou culbuteur m^4, coudé à angle droit et articulé à la manière d'un couteau de poche. Ce culbuteur porte une entaille m^x, où s'engage la trame x dans son parcours du tube t' à la lisière du tissu (voir fig. 6 et 7). Le ressort m^5, appliqué

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

contre le doigt m^4, maintient ce dernier dans l'une des positions indiquées (fig. 7), tandis que le doigt voyage entre les deux guides m, m', creusés intérieurement

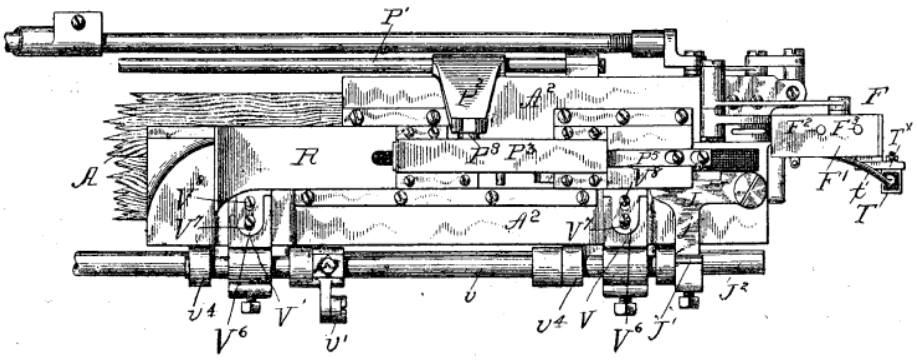


Fig. 4.

pour loger le fil et supportés par la console m''. Sur le chemin de la même pièce m^4, à une distance convenable de l'appareil alimentaire, un arrêt m^9, lors

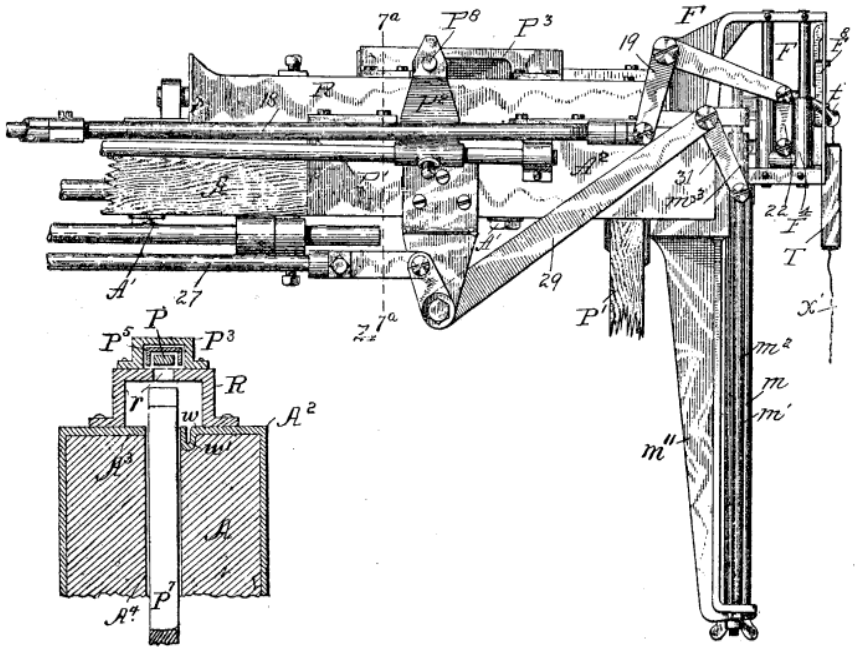


Fig. 5 *bis*.

Fig. 5.

de la descente du culbuteur, le fait basculer en arrière dans la position représentée en traits ponctués au bas de la figure 7; en remontant, le culbuteur se

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

trouve, au contraire, rabattu par le buttoir dans sa situation normale, comme le montre le tracé ponctué au centre de la figure.

Le buttoir m^9 peut être fixé en des points variables pour régler la course du basculeur m^4 et, par conséquent, la longueur du fil mesuré; il est monté, à cet effet, sur une tige filetée m^6, que maintiennent dans le support m'' l'écrou à oreilles m^8 et la bague ou contre-écrou m^7.

Lorsque le mesureur M descend avec le fil passé dans l'encoche m^2 comme il

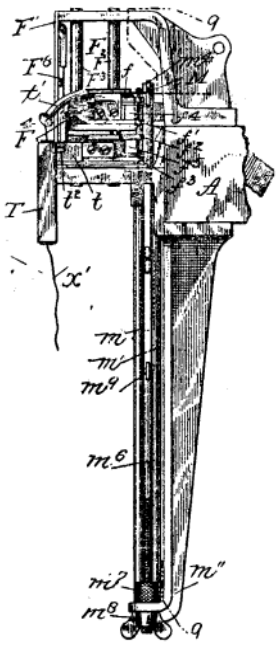


Fig. 6.

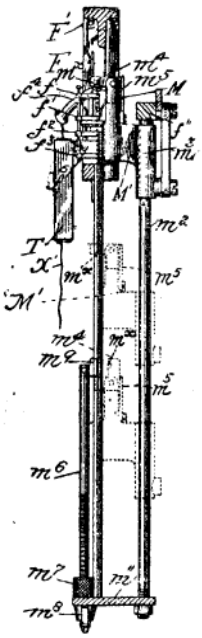


Fig. 7.

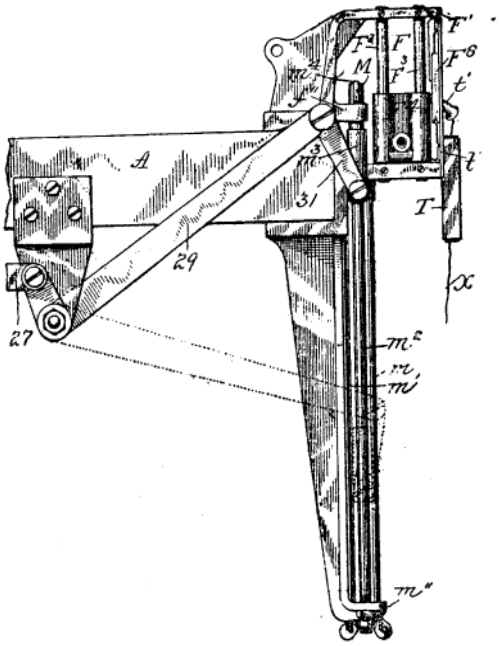


Fig. 8.

a été dit, la bobine B se dévide partiellement jusqu'à la rencontre de l'arrêt m^3; le basculeur, renversé en ce point, abandonne le fil sous forme de boucle. Cependant la tête alimentaire F^4 a achevé son mouvement ascensionnel et la fenêtre f^5 est venue au niveau du *seuillet* du battant; l'extrémité du fil mesuré se trouve entre la pièce F^4 et les ressorts f, f^1, f^2, f^3, en même temps qu'entre les lames F^5, F^6, ouvertes à ce moment mais bientôt refermées pour couper la trame et permettre à la navette d'en saisir l'extrémité.

Ces opérations automatiques s'obtiennent comme suit : sur l'arbre *3* (fig. 2) sont clavetées les cames *7* et *12*, qui commandent les tringles *23*, *24* et, à l'aide des mêmes tringles, les mouvements de sonnette *25*, *26* portés par le battant et reliés, à leur tour, par les tringles *27*, *28* aux équerres *29* et *30;* les der-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nières, également montées sur le battant, forment articulations avec les bras *31*, *32* des douilles m^3.

L'ouverture des lames coupantes F^5F^6 et l'écartement des ressorts $f,..f^3$, pour livrer passage au fil en cours de mesurage, c'est-à-dire pendant l'ascension de la tête F^4 et la descente du doigt m^4, sont dus à l'interposition de la lame F^8 (fig. 10 à 13) jouant le rôle d'une came par rapport à la goupille F^7 qui termine la lame F^6. Le mesurage effectué, la tête F^4 redescend un peu, la

Fig. 9.

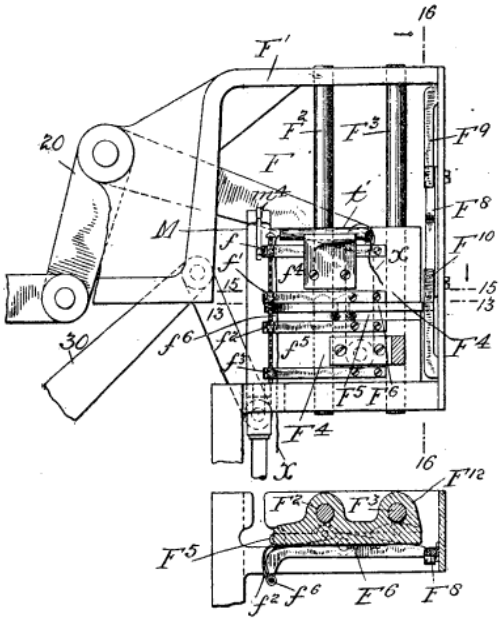


Fig. 10.

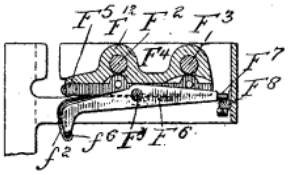
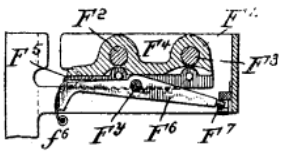


Fig. 12.

Fig. 11.



goupille F^7 passe derrière la came F^8 et ferme les ciseaux progressivement en même temps qu'elle rapproche les ressorts de la pièce F^4; les ciseaux sont complètement fermés lorsque la susdite goupille a rencontré l'épaulement F^x.

Navette. — Le corps de la navette S (fig. 16 à 18) consiste en une boîte métallique rectangulaire, ouverte en dessous; les deux bouts se terminent par des mâchoires ou pinces s, s^1, dont la partie s est fixe et la partie s^1 mobile; cette dernière pivote en s^2 et porte, vers l'extrémité inférieure, un galet s^4, dont le rôle sera expliqué plus loin. Le côté mobile de la pince se rapproche de la partie fixe sous l'action du ressort s^5 qui, riveté en s^6, fait aussi pénétrer la goupille s^7 dans l'évidement s^8. Les épaulements S^1 de la navette sont destinés à recevoir le choc des *sabres*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Au moment où la navette avance vers la tête alimentaire et où la pince saisit l'extrémité de la trame, repliée sur elle-même, la goupille s^7 passe au delà, de sorte que, lors de la réouverture de ladite pince pour abandonner la duite, la goupille s^7, en se retirant, redresse le bout de cette duite.

Comme le galet s^4 dépasse un peu l'évidement qui lui est ménagé à la partie inférieure de la navette, il pourrait rencontrer un obstacle de nature à déterminer l'ouverture de la pince avant le moment opportun. Pour y obvier, l'une des

Fig. 13.

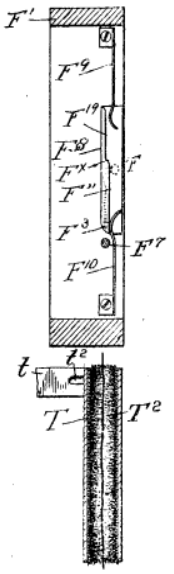


Fig. 14.

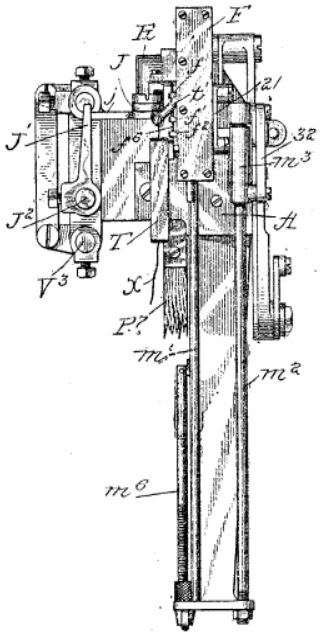


Fig. 15.

parois latérales de la navette est prolongée en dessous et fait saillie en s^{11} (fig. 19).

On a dit que la navette chassée à travers le métier s'arrête un peu avant de terminer sa course, puis que le mouvement s'achève dans des conditions telles que la pince la plus rapprochée puisse saisir une nouvelle trame ; c'est aussi le moment où la pince située à l'autre extrémité de la navette tient encore la duite qui vient d'être lancée, tandis que la chaîne se referme.

Commande de la navette. — Les dispositifs adoptés pour arrêter l'élan de la navette, pour l'amener à fin de course et pour ouvrir ses deux pinces sont visibles dans les figures 3 à 5ª, 24 à 26. Les boîtes à navette R sont des cages ouvertes des deux bouts, avec une partie R¹ recourbée vers l'extérieur. En

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dessus de chaque boîte, une enveloppe P^3, également ouverte des deux bouts, comporte intérieurement une pièce à coulisse P^5, qui dépasse la cage et se termine par une équerre P^6. Le *sabre* P^7 est ajusté de manière à se trouver coincé entre cet arrêt P^6 et l'épaulement S^1 de la navette S (fig. 24). L'équerre P^6 limite ainsi le mouvement du sabre vers l'alimentaire F, à l'instant où la coulisse P^5 doit recevoir une impulsion *positive* dans la même direction. Cette impulsion est donnée par le bras P^2 de la tringle P^1 à mouvement de va-et-vient; le bras P^2 porte, en effet, une goupille P^8 qui, traversant la rainure P^x ménagée dans la

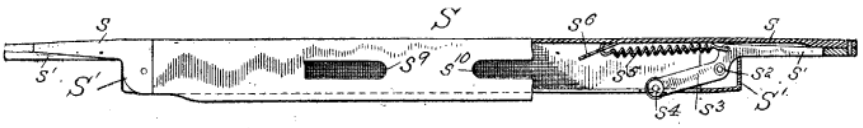


Fig. 16.

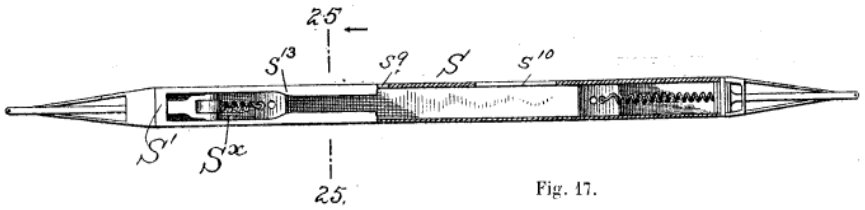


Fig. 17.

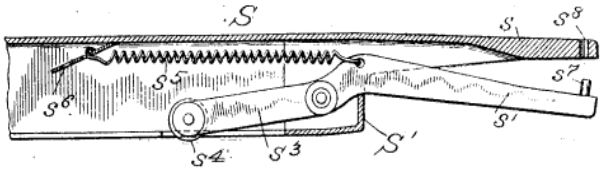


Fig. 18.

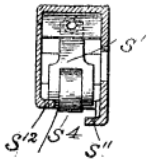


Fig. 19.

paroi de l'enveloppe P^3 (fig. 26), actionne la coulisse P^5. En se déplaçant, P^5 entraîne la navette par l'intermédiaire de la clenche P, ajustée de façon à passer dans l'ouverture *r* de la boîte R (fig. 24 à 26) et sollicitée vers le bas par le ressort p^1, interposé entre ladite clenche et la coulisse P^5. Lorsque la navette arrive dans la boîte R, la coulisse P^5 et la clenche sont dans les positions de la figure 25; l'épaulement S^1 de la navette rencontre le sabre et s'arrête; en même temps la clenche P pénètre, par la rainure *r*, dans la boîte R et dans l'une des perforations 9 ou 10 de la navette de manière à l'empêcher de reculer. Le tout reste en l'état jusqu'à ce que le battant se trouve à 3 centimètres environ du *drap* contre lequel il doit frapper et jusqu'à ce que la chaîne se ferme pour retenir la *trame*. A ce moment, le va-et-vient de la tringle P^1 détermine le glissement de la coulisse P^5 pour pousser la navette et faire avancer la pince vers l'appareil

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

alimentaire; la clenche P se dégage ensuite, grâce à l'intervention de la goupille *p* qui, montée sur P et traversant la paroi de P^5, rencontre la came p^2 ajustée sur l'enveloppe P^3. En soulevant la goupille, cette came relève la clenche P et dégage la navette (fig. 25).

Le mouvement alternatif de la tringle P^1 est déterminé par la came *9* de l'arbre *3* (fig. 2); la came *9* commande une tige *40* qui, par l'équerre *41* (montée

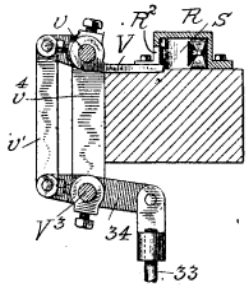


Fig. 20.

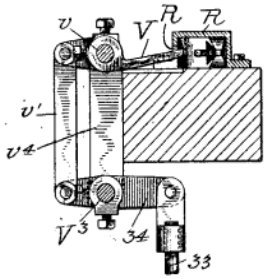


Fig. 21.

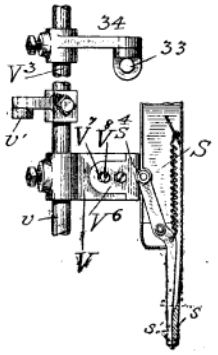


Fig. 22.

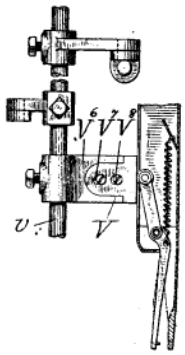


Fig. 23.

sur le battant A) tire de droite à gauche et de gauche à droite la tringle P^1 et, par suite, simultanément mais inversement, les coulisses P^5 des bouts opposés.

Fonctionnement des pinces de la navette. — Pendant que la navette est portée par l'une des pièces à coulisse vers la tête alimentaire F^4 correspondante, les deux pinces doivent s'ouvrir pour lâcher la dernière duite et pour en saisir une nouvelle à travers l'une des fenêtres f^4, f^5. Les bras V, V^1 (fig. 20-23) sont chargés de régler ce mouvement. Dans l'une des parois latérales de chaque boîte R sont pratiqués des évidements R^2 (fig. 20) qui permettent aux ouvreurs V V^1 de se relever ou de s'abaisser pour rencontrer, ou non, les galets s^4 (fig. 19) de la navette. Ces ouvreurs sont fixés à l'aide de vis sur l'arbre oscillant *v*, afin de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pouvoir en faire varier la position ; les supports v^4 de l'arbre v sont ajustés aux deux bouts du battant. Les semelles V^6, réglables à l'aide des coulisses V^7 et des vis V^8 se font, de préférence, en acier trempé. D'autre part, l'arbre oscillant v, relié par le levier articulé v^1 à l'arbre V^3, se trouve actionné, en temps utile,

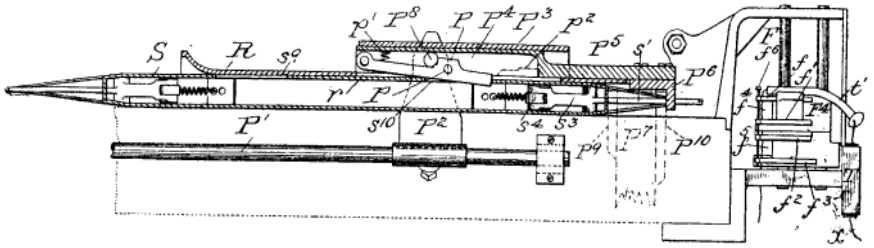


Fig. 24.

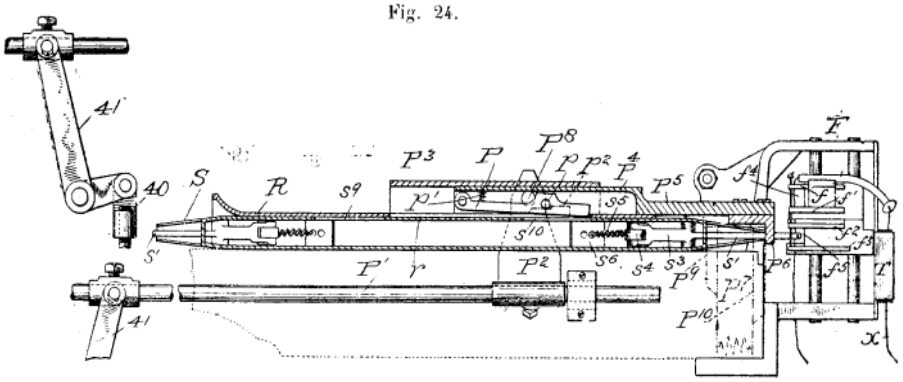


Fig. 25.

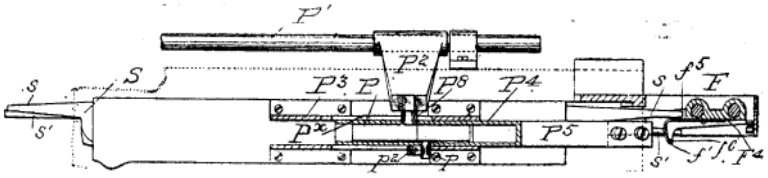


Fig. 26.

par l'intermédiaire dudit arbre V^3, qui reçoit le mouvement du levier 34, articulé avec la tringle *33* de la came *10* montée sur l'arbre *3* (fig. 2).

Lorsque la navette pénètre dans la boîte R et est enclenchée avec le pousseur P^5, les deux ouvreurs V V^1 du même côté se présentent à la rencontre des galets s^4 et, dès que le pousseur P^5 entraîne la navette, les ouvreurs agissent simultanément sur les galets pour faire pivoter les parties mobiles des pinces, puis les galets échappent, et sous l'action des ressorts s^3, les pinces se referment

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

aussitôt. La partie saillante s^{11} de la navette est repliée, comme on le voit en s^{13} (fig. 17) pour engager et retenir les semelles des ouvreurs.

Afin de pouvoir tisser toutes les largeurs utiles, les appareils alimentaires, coupeur et mesureur de chaque bord, sont réunis sur une selle A^2 (fig. 5^{bis}) ouverte en dessous et ajustable en des points variables du battant; au milieu et sur la hauteur de la selle, une fente longitudinale A^3 correspond à l'évidement A^4 du battant pour le passage du sabre chasse-navette P^7, qui saillit dans la boîte R. Parallèlement à la fente médiane de la selle A^2 est ménagée une

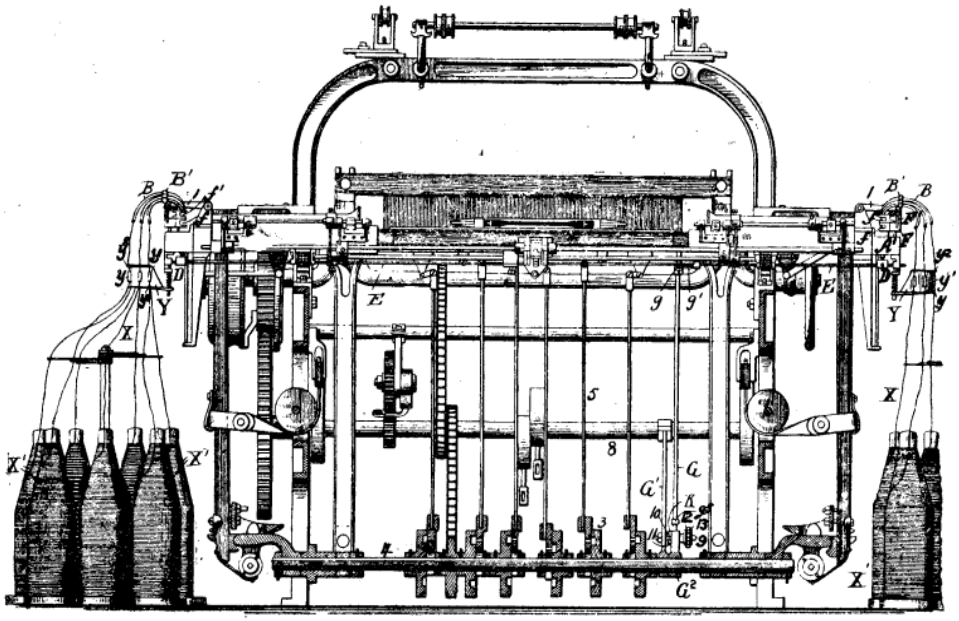


Fig. 27.

gouttière venue de fonte w, qui s'encastre dans l'entaille correspondante w' du battant; cette gouttière est destinée à recevoir le fil de trame à la sortie de la tête alimentaire, à empêcher qu'il ne se prenne dans le chasse-navette.

L'arrêt du métier, dans le cas où la navette n'arrive pas à fin de course, s'obtient par un dispositif analogue aux appareils *casse-trame* déjà connus.

En résumé, le métier Seaton tisse par bouts de trame coupés uniformément à la longueur de deux duites. Lorsqu'une duite a été lancée de gauche à droite, comme dans la description précédente, l'appareil mesureur de gauche entre en action, puis l'opération identique se produit à droite pour la duite lancée de droite à gauche, et ainsi de suite. Il en résulte une succession de trames alternativement et inversement repliées tantôt à la lisière de droite, tantôt à la lisière

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de gauche, chaque boucle contournant l'un des bouts de la double duite adjacente.

Dans le métier perfectionné en vue du *tissage à plusieurs couleurs*, l'alimentation de la trame s'effectue, comme précédemment, au moyen d'une tête en deux parties FF¹ (fig. 27 et 28); le bas ne comporte toujours qu'une fenêtre ou bouche *f*, le haut, par contre, présente autant d'ouvertures f^1, f^2, f^3, f^4, f^5,

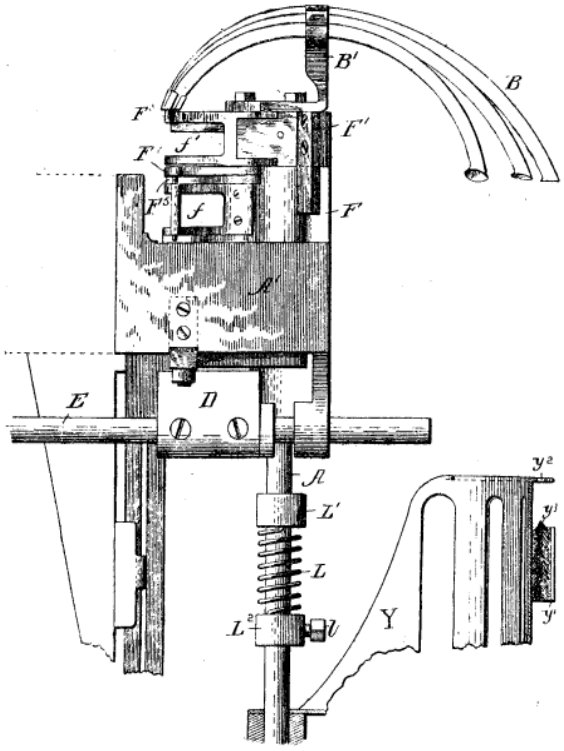


Fig. 28.

f^6, f^7, qu'il convient de tisser de couleurs distinctes, sept avec le métier décrit (voir fig. 29).

Distribution de la trame. — La tête FF¹ est montée sur l'arbre A, qui forme pivot dans le support en fonte A¹, à l'extrémité du battant. Une gaine tubulaire F² traverse la partie inférieure F (fig. 30) pour permettre à cette fraction de l'appareil alimentaire un déplacement vertical alternatif, comme il sera dit plus loin. La tige A², montée à frottement doux dans la gaine F², sert à la fois à maintenir la pièce F et à mettre en œuvre les ciseaux F⁴ F⁵. La partie supérieure F¹ porte sur la précédente et est fixée à l'arbre A, qui traverse librement F. La

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

figure 30 montre comment F et F^1 montent et descendent, de manière à présenter à la navette tantôt la fenêtre *f*, tantôt l'une des sept ouvertures $f^1 \ldots f^7$, l'arbre A se trouvant actionné par le bras articulé *2* et le levier *1*, que des tringles et des mouvements de sonnette analogues à ceux antérieurement indiqués relient à la came *3* de l'arbre *4* (fig. 27).

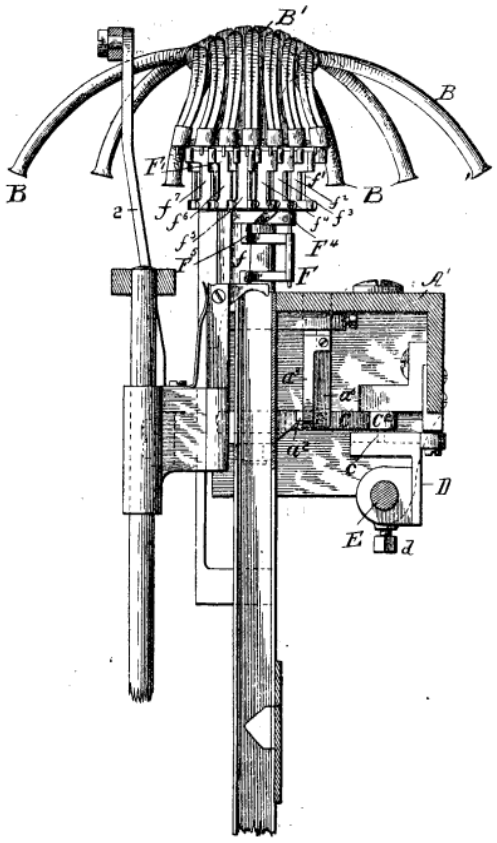


Fig. 29.

Les fils de trame X, fournis par les bobines X^1, sont dirigés à travers les guides ou œils *y* ménagés à la base du porte-fils Y, qui est fixé sur l'arbre A par une vis *a* (fig. 30), puis à travers les tendeurs y^1 intérieurement garnis de peluche, les œils y^2 répartis autour du bord supérieur du porte-fils et enfin à travers les tubes B, qui amènent ces fils X aux orifices de la partie supérieure. La partie inférieure F de la tête d'alimentation est munie de ressorts F^3 qui retiennent le fil contre les pièces B^2 limitant, haut et bas, la bouche *f*. Les sept

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bouches supérieures f^1 ... f^7 comportent autant de doigts F^3 et de ressorts F^2, disposés suivant des rayons autour de l'arbre A (fig. 30 et 31). Ce pivot central évolue, comme il sera dit plus loin, pour présenter suivant besoin l'une des bouches f^1, f^2... exactement au-dessus de la bouche f. L'ensemble des tubes alimentaires B est supporté par la pièce B^1, fixée sur la pièce F^1. Les ciseaux

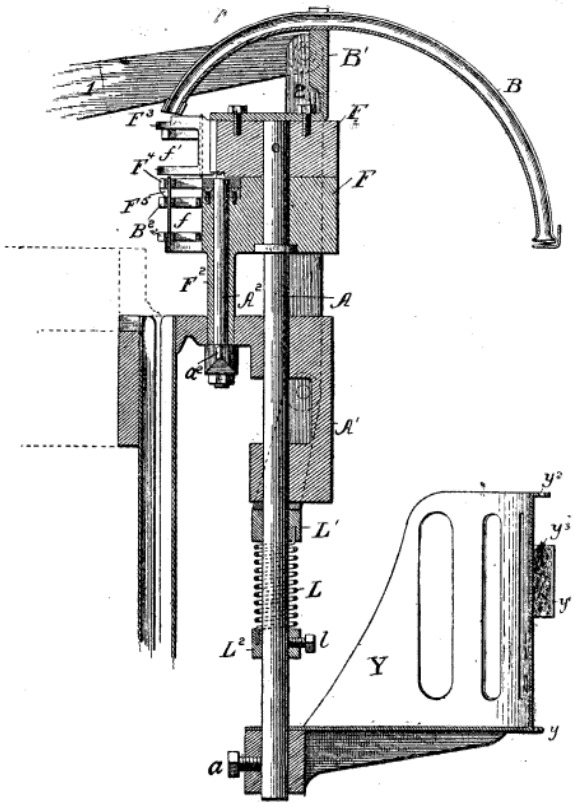


Fig. 30.

F^4 F^5 sont situés comme précédemment entre les deux fractions FF^1 (fig. 28 et 30). La branche F^4 est montée sur la tige A^2, dont l'extrémité inférieure porte un petit bras a^2 (fig. 30); ce bras, lorsque la tête alimentaire monte et baisse, suit un pas de came ménagé dans la pièce A^1 (fig. 32 et 33) et détermine ainsi la fermeture des lames coupantes, c'est-à-dire la section du fil, au moment où la boucle de trame a été mesurée de longueur, ainsi, d'ailleurs, qu'il a été expliqué dans la première partie de cette étude.

Les deux parties FF^1 reçoivent un mouvement vertical alternatif, de manière

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à présenter à la navette la bouche inférieure *f* tout d'abord, l'une des bouches supérieures ensuite, selon la couleur de trame à lancer.

Commande de la tête alimentaire. — L'arbre A, qui porte F, tourne d'avant en arrière et inversement sous l'action d'un levier coudé C, oscillant à l'intérieur du support A^1 (fig. 29, 34 et 35); l'extrémité C^1 de ce levier est dentée et engrène

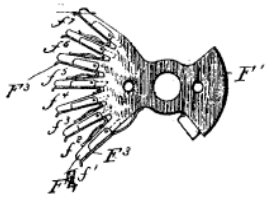


Fig. 31.

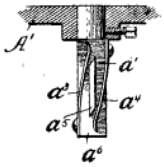


Fig. 32.

Fig. 33.

avec la roue A^3 calée sur l'arbre A. A l'extrémité C^2 de l'autre bras de C est une goupille *c*, qui s'engage dans une série d'échelons ou crans creusés à même les blocs D^1D^2, un de ces degrés correspondant à chacune des bouches f^1, f^2,.. f^7. Deux blocs semblables sont fixés par des vis *d* aux extrémités de la tringle E

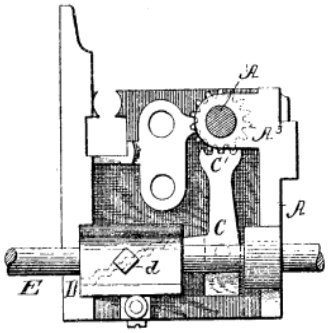


Fig. 34.

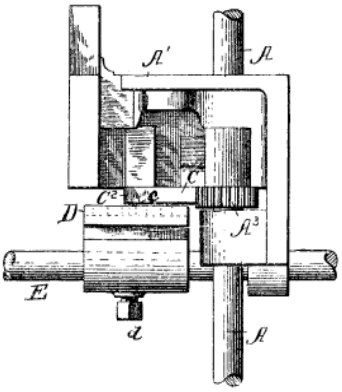


Fig. 35.

Fig. 35 *bis*.

qui court le long du battant et oscille avec lui. Sur l'arbre *4* du métier est montée une douille G^2 qui sert de support à l'arbre G, armé vers le haut, du bras *g* et de l'équerre g^1 (fig. 27 et 36); la dernière se trouve reliée à la tringle E par le moyen d'une douille ajustable, fixée à l'aide d'une vis.

D'autre part, dans le support G^1, monté librement sur l'arbre oscillant *4* et sur l'arbre de commande *8*, passe un prisonnier *9* portant les pignons *10*, *11*, les roues dentées *12* et *13*. Une barre *14* allant du support G^1 à l'arrière du métier s'appuie sur la traverse *15* du bâti et reçoit les roues *16*, *17*. Ces roues

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dentées sont montées de manière à pouvoir avancer ou reculer sur la barre *14* et à être fixées en toute place utile suivant la longueur de la chaîne H, qui engrène avec les diverses roues *16*, *17*, *12* et *13*.

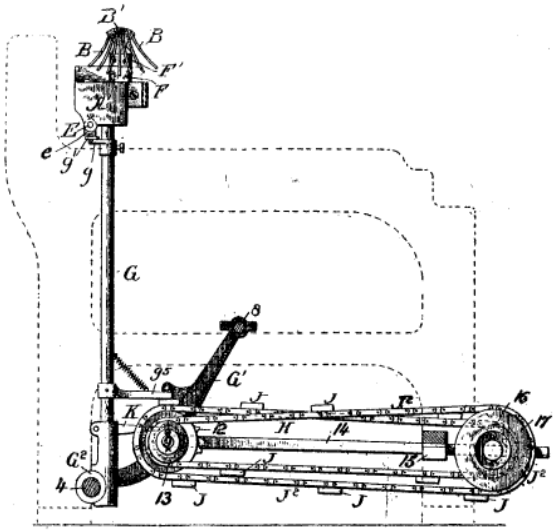


Fig. 36.

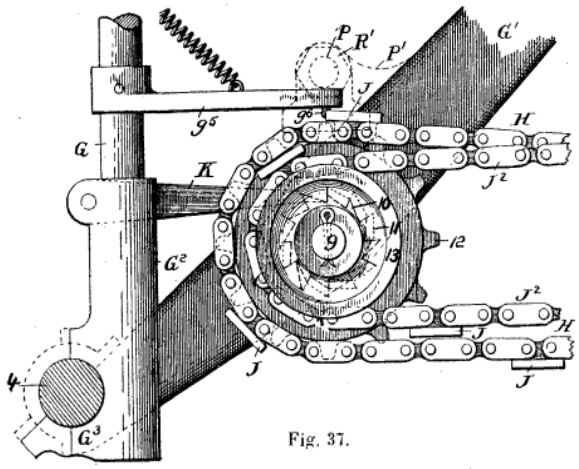


Fig. 37.

En un point déterminé de l'arbre vertical G, un peu au-dessus de la roue *12*, se voit le bras g^5 dirigé vers l'arrière du métier et portant en dessous une goupille g^6 (fig. 37). Cette goupille s'engage dans les *grains* J de la chaîne H, et à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mesure que cette chaîne avance en vertu de la commande décrite plus loin, la goupille g^6 pénètre successivement dans les fentes J^1 ménagées à même les grains J. Lesdites rainures présentent sept tracés différents (fig. 39 à 47), c'est-à-dire autant de variantes qu'il existe d'échelons D ou de bouches dans la fraction supérieure F^1 de la tête alimentaire. En s'engageant dans une des passes J^1, la goupille g^6 déplace le bras g^5 et fait pivoter, en conséquence, l'arbre G. Le

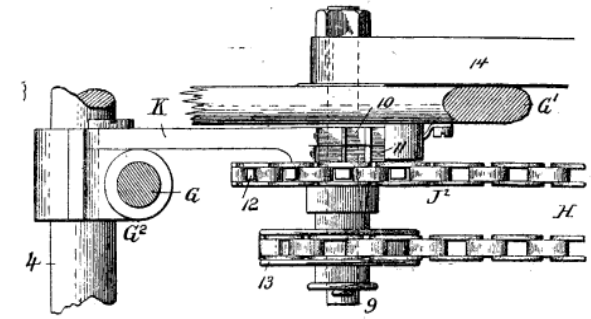


Fig. 38.

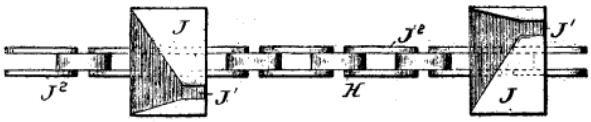


Fig. 39.

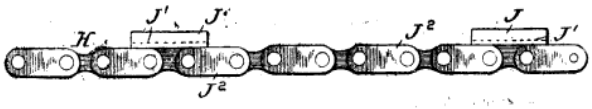


Fig. 40.

dernier reste dans la même situation jusqu'à ce que la goupille ait dépassé le grain en prise et rencontré un autre grain dont la rainure présente une obliquité différente.

Contrôle du duitage. — Les grains J servent encore à compter le nombre de duites de chaque couleur. En effet un chaînon J^2 correspond à quatre duites ou à quatre coups de battant, de sorte que le nombre de chaînons compris entre deux grains J et multiplié par 4 indique le nombre des trames d'une couleur. Voici comment s'obtient cette succession régulière de quatre duites par échelon.

Au-dessus de la douille G^2 de l'arbre G est monté un cliquet K, qui se prolonge vers l'arrière du métier, parallèlement au bras g pour s'engager dans la denture des pignons *10* et *11*, dont l'un (*10*) fait corps avec la roue dentée *12*,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tandis que l'autre tourne fou sur le prisonnier *9*. Les deux pignons ont même nombre de dents, mais la denture de *11* est inégale; une dent sur quatre est plus profonde que les trois suivantes. Il en résulte que le cliquet K, destiné à actionner les deux pignons, n'engrène pendant trois coups de battant qu'avec

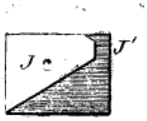


Fig. 41.

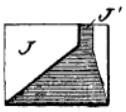


Fig. 42.

Fig. 43.

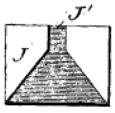


Fig. 44.

Fig. 45.

Fig. 46.

Fig. 47.

trois dents du pignon fou *11*, la hauteur de ces dents empêchant le cliquet de s'engager dans la denture de *10*. Par contre, au quatrième coup de battant, le

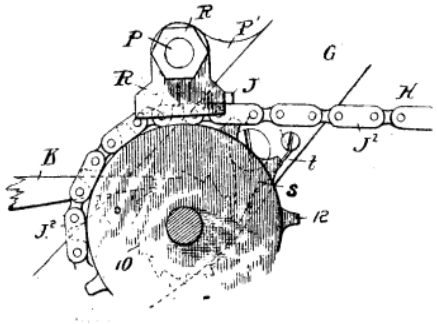


Fig. 48.

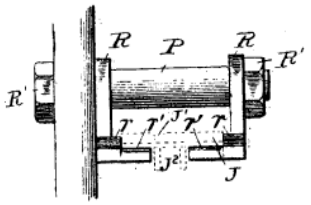


Fig. 49.

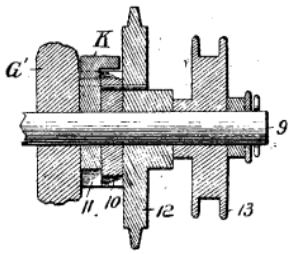


Fig. 50.

cliquet tombe dans la dent profonde du pignon *11* et simultanément dans une dent du pignon *10*. Par suite la roue *12*, solidaire du dernier, entraîne la chaîne H

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et la fait cheminer de la longueur d'un chaînon J^2, tous les quatre coups de battant. Il suffit donc, pour tisser un nombre donné de duites d'une couleur déterminée, d'intercaler entre deux grains J un nombre de chaînons J^2 correspondant à celui des répétitions de quatre trames identiques. La succession des couleurs peut être quelconque et varie suivant l'ordre adopté dans la fixation des grains.

Afin d'empêcher les déviations latérales de la chaîne H tandis que la goupille g^6 suit les rainures J^1 des grains J, des guides RR sont montés sur le prisonnier P du support G^1 (fig. 48 à 50). Ces guides, coudés d'équerre, laissent entre eux un passage de section appropriée à la forme de la chaîne H.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS CHIMIQUES

NOTE SUR LA MESURE DES VARIATIONS DE VOLUME DES LIANTS HYDRAULIQUES, par **M. Deval**. *Travail exécuté sous les auspices du Comité des Arts chimiques.*

La variation de volume, dans les liants hydrauliques, est, comme on le sait, redoutable pour la stabilité des travaux. Elle est attribuée aux expansifs et se révèle quelquefois longtemps après l'exécution des travaux.

Dans les essais de matériaux, on la provoque par une immersion dans l'eau chaude de 80° à 100° qui détermine, au bout de quelques heures, l'hydratation de ces expansifs, et produit une augmentation de volume plus ou moins considérable.

Différentes méthodes ont été proposées pour mesurer cette augmentation de volume.

Les unes sont d'une grande précision et exigent des appareils spéciaux, qu'on ne rencontre en général que dans les grands laboratoires. Les autres ne nécessitent qu'un très petit matériel et peuvent être appliquées sur tous les chantiers de construction.

Les premières comprennent les procédés de MM. Durand-Claye et Debray et de M. Bauschinger.

MM. Durand-Claye et Debray mesurent, au moyen d'aiguilles amplificatrices, les variations de longueur de baguettes de ciment de $0^m,80$ de longueur maintenues dans des tubes de verre. Ces baguettes sont d'une confection difficile et exigent une certaine habileté de la part de l'opérateur. Le procédé nécessite un agencement spécial.

M. Bauschinger mesure les variations de longueur d'une barette de ciment de $0^m,10$ de longueur. Comme ces variations sont en général très petites, il se sert d'un appareil permettant d'apprécier, au moyen d'une disposition analogue à celle des palmers, une variation de un centième de millimètre.

Les autres méthodes sont d'un emploi plus facile ; on peut les appliquer sur tous les chantiers parce qu'elles ne demandent qu'un très petit matériel, que l'on peut se procurer aisément.

Ce sont : la méthode des moules fendus à aiguilles de M. Le Chatelier ; celle

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des épingles de M. Klebe et celle des pâtes sèches comprimées de MM. Prussing et Le Chatelier (1).

Nous croyons devoir rappeler brièvement en quoi consistent ces dernières méthodes, et nous comparerons ensuite les résultats que leur application nous a donnés.

Les moules fendus à aiguilles de M. Le Chatelier, très connus et admis par la Commission des méthodes d'essais, sont, comme on le sait, des cylindres creux en laiton de 30 millimètres de diamètre sur 30 millimètres de hauteur. Dans les uns, le laiton a un demi-millimètre d'épaisseur et dans les autres un millimètre. Ils sont fendus suivant une génératrice et munis de deux aiguilles de 15 centimètres de longueur soudées de chaque côté de la fente dans le prolongement des rayons.

On remplit ces moules de ciment gâché à la consistance normale, on laisse la prise s'opérer, et au bout de vingt-quatre heures pour les ciments, et de quarante-huit heures ou davantage pour les chaux hydrauliques, on place le moule et son contenu dans l'eau bouillante.

Si le ciment ou la chaux contiennent des expansifs, une augmentation de volume se produit et fait écarter les aiguilles. De l'écartement des pointes on déduit l'augmentation de volume.

L'extrémité des aiguilles étant à 165 millimètres du centre du moule, les pointes se déplacent sur une circonférence de 1 mètre environ, et un écart de 1 centimètre correspondrait à un allongement de la circonférence de 1 p. 100; mais, par suite de la résistance des moules et de l'adhérence du ciment, l'écart des pointes n'est que les deux tiers de l'allongement réel et on a admis approximativement qu'un écart de 6 millimètres correspondait à un allongement de 1 p. 100.

Les épingles de M. Klebe sont un autre procédé de mesure du gonflement des ciments.

Il consiste à planter deux épingles, distantes de 45 millimètres environ, dans une briquette de ciment un peu avant la prise. On en mesure exactement l'écartement avant de placer la briquette dans l'eau chaude. Si l'eau chaude a déterminé le gonflement du ciment, la distance des épingles a varié et on la mesure de nouveau. La différence entre ces deux mesures sert à calculer le gonflement.

L'écartement des épingles est mesuré avec une règle plate taillée en forme de coin, que l'on introduit entre les deux épingles jusqu'à ce qu'il y ait contact et sans forcer. Les côtés du coin, divisés en millimètres, sont inclinés l'un sur l'autre de façon qu'il s'enfonce de 1 millimètre pour une augmentation de l'écartement des épingles de un dixième de millimètre.

(1) *Bulletin* de novembre 1898, p. 1522.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le demi-millimètre s'appréciant très facilement; l'écartement des épingles peut être mesuré à un demi-dixième de millimètre près.

Avec les méthodes de MM. Le Chatelier et Klebe, on doit attendre que la pâte de ciment ait fait prise et que l'eau chaude ait exercé son action.

Un troisième procédé, proposé par M. Prussing et modifié par M. Le Chatelier, permet d'obtenir des résultats plus prompts.

Il consiste à mêler le ciment à une petite proportion d'eau, de 10 à 15 p. 100 environ, de façon qu'on puisse l'agglomérer par pression, et on le comprime sous forme de disque de 50 millimètres de diamètre dans un moule métallique suffisamment résistant.

Le démoulage peut s'opérer immédiatement et le disque est aussitôt exposé à la vapeur d'eau dans une étuve à 100°. S'il doit y avoir gonflement, il se produit au bout de quelques heures. L'expérience peut, par suite, être faite très rapidement.

Le diamètre du disque est mesuré avec le pied à coulisse avant et après l'exposition à la vapeur d'eau.

Nous avons déterminé, au moyen des trois dernières méthodes que nous venons de décrire, les variations de volume de divers ciments.

Afin d'éviter tout malentendu, nous ferons remarquer que la plupart de ces ciments ne sont pas des produits marchands, ce sont des échantillons spéciaux, demandés aux usines en vue d'obtenir un gonflement quelconque.

Avec chacun des ciments à expérimenter, on a fait dans la même opération :

Trois éprouvettes avec les moules à aiguilles de $0^{mm},5$.

Trois éprouvettes avec les moules à aiguilles de 1 millimètre.

Trois briquettes à épingles de M. Klebe.

Un disque comprimé.

Les variations de volume sont indiquées dans le tableau ci-après, où le millimètre a été pris pour unité.

Les quatre premières colonnes de ce tableau comprennent les résultats fournis par les moules cylindriques de M. Le Chatelier. La cinquième colonne comprend ceux qui ont été obtenus avec la méthode des épingles de M. Klebe.

La sixième et la septième colonne contiennent les variations de longueur et d'épaisseur des briquettes mesurées avec le pied à coulisse ou le palmer.

Les deux dernières colonnes sont réservées aux essais de pâtes sèches comprimées.

Les allongements sont rapportés à 100; ils sont, à l'exception des pâtes comprimées, la moyenne de trois éprouvettes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU DES VARIATIONS DE VOLUME

Le millimètre est pris pour unité.

NUMÉROS	DÉSIGNATION des CIMENTS.	AUGMENTATION du diamètre extérieur. Moules de		ÉCARTEMENT des aiguilles. Moules de		BRIQUETTES.			DISQUES comprimés. Augmentation du diamètre.	
						Écartement des épingles.	AUGMENTATION DE			
		0mm,5.	1 mill.	0mm,5.	1 mill.		Longueur.	Épaisseur.	Eau 10 °/₀.	Eau 15 °/₀.
		millim.	millim.	millim	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.
1	Ciment de Mantes	0,6	0,2	14	10	0,5	»	»	»	»
	Gâchage normal	0,7	0,3	12	9,5	0,5	»	»	»	»
		0,5	0,2	15	7,5	0,4	»	»	4,3	2,95
	Allongement p. 100. .	1,97	0,72	2,24	1,50	1,06	»	»	8,40	5,76
2	Ciment de Mantes avec	0,2	0,4	4,8	5,5	0,45	»	»	»	Eau 20 °/₀
	0,5 p. 100 de chaux de	0,4	0,2	9	5	0,50	»	»	»	»
	l'azotate	0,4	0,3	10	5,5	0,55	»	»	»	3,7
	Allongement p. 100. .	1,08	0,93	1,31	0,89	1,08	»	»	»	7,21
3	Ciment de Mantes avec	1	0,7	27	16	1,60	»	»	»	Eau 20 °/₀
	1 p. 100 de chaux de	1	0,6	26,5	16,5	1,65	»	»	»	»
	l'azotate	1	0,6	»	16	1,65	»	»	»	4,6
	Allongement p. 100. .	3,26	1,93	4,45	2,66	3,56	»	»	»	8,95
4	Ciment de Mantes avec	1,6	0,8	32	20	2,55	»	1,85	réduit en	»
	2 p. 100 de chaux de	1,4	0,8	33,5	21	2,55	»	1,90	poussière	»
	l'azotate	1,4	0,8	34,5	19,5	2,85	»	2,05	11,6	»
	Allongement p. 100. .	4,68	2,46	5,55	3,36	5,74	»	8,33	22,74	»
5	Porte de France à prise	1,6	1	32,5	20	1,70	2	0,65	»	Eau 20 °/₀
	prompte	1,7	0,8	37	17	1,10	2	0,60	»	»
		1,4	0,9	33,5	19	1,20	1,7	0,65	10,6	8,1
	Allongement p. 100. .	5,09	2,78	5,72	3,10	2,98	2,49	2,68	21	16
6	Porte de France, 2 parties.	1	0,5	24,5	10,5	0,80	1,40	0,50	»	»
	Portland D, 1 —	1,1	0,5	21	14	0,65	1,20	0,75	»	»
		1	0,7	20,5	13,5	0,35	0,80	0,60	4,25	1,20
	Allongement p. 100. .	3,29	1,75	3,66	2,11	1,31	1,48	2,64	8,30	2,34
7	Porte de France. } Parties	0,1	0	1	1	0	»	0,05	»	Eau 20 °/₀
	Portland D . . . } égales.	0,1	0,1	4	1	0,05	»	0,10	»	»
		0,1	0,1	2,5	1,5	0 »	»	0,05	1,7	0,7
	Allongement p. 100. .	0,32	0,31	0,41	0,19	0,03	»	0,28	3,36	1,39

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

NUMÉROS.	DÉSIGNATION des CIMENTS.	AUGMENTATION du diamètre extérieur. Moules de		ÉCARTEMENT des aiguilles. Moules de		BRIQUETTES.			DISQUES comprimés. Augmentation du diamètre.	
						Écartement des épingles.	AUGMENTATION DE			
		0mm,5.	1 mill.	0mm,5.	1 mill.		Longueur.	Épaisseur.	Eau 10 °/₀.	Eau 15 °/₀.
		millim.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.
8	Porte de France à prise lente.	0	0	1	1,5	0	0	0,05	»	Eau 20 °/₀
		0,1	0,2	7,5	1,5	0	0	0	»	»
		0,3	»	»	»	0	0,1	0,05	0,7	0,1
	Allongement p. 100.	0,41	0,30	0,70	0,25	»	0,04	0,14	1,34	0,20
9	Porte de France avec 0,5 p. 100 de chaux de l'azotate	0	0	1,5	1	0	0	0	»	»
		0,1	0	1	0,5	0	0	0	»	»
		0,1	0	1,5	0,5	0	0	0	0,1	»
	Allongement p. 100.	0,21	»	0,22	0,10	0	0	0	0,20	»
10	Porte de France avec 1 p. 100 de chaux de l'azotate	0	0	1	1	0	0	0,10	»	»
		0,1	0	0,5	1,5	0	0	0,05	»	»
		0	0,1	2	1,5	0	0	0,10	1,1	»
	Allongement p. 100.	0,10	0,10	0,19	0,22	0	0	0,36	2,1	»
11	Porte de France avec 2 p. 100 de chaux de l'azotate	»	0	»	1	0,05	0	0	»	»
		»	0,1	»	1,5	0	0	0,1	»	»
		»	»	»	»	»	»	»	»	»
	Allongement p. 100.	»	0,16	»	0,21	0,05	0	0,21	»	»
12	Portland D, avec 0,5 p. 100 de chaux de l'azotate.	0,1	0,1	1,5	0,5	0	0,10	0,10	»	»
		0,1	0	1,5	0,5	0,05	1	0	»	»
		0	0,4	1,5	0,5	0	0	0	0	0
	Allongement p. 100.	0,21	0,30	0,25	0,08	0,03	0,47	0,14	0	0
13	Portland D, avec 1 p. 100 de chaux de l'azotate.	0	0	1	0,5	0	0	0	»	»
		0	0	0,5	0,5	0,05	0	0	»	»
		0	0	1,5	1	0,05	0	0,05	0,1	0,1
	Allongement p. 100.	0	0	0,10	0,10	0,06	0	0,07	0,19	0,19
14	Portland D, avec 2 p. 100 de chaux de l'azotate.	0,1	0,2	3,5	4	0	0,3	0,15	»	»
		0,2	0	3,5	1,5	0	0	0,10	»	»
		0,1	0	4,5	2,5	0	0,1	0,20	0,4	0,4
	Allongement p. 100.	0,41	0,20	0,75	0,42	0	0,26	0,65	0,78	0,78
15	Chaux du Teil incomplètement éteinte.	1,6	1	36,5	23	6,6	10,7	»	»	»
		2,1	1,5	45,5	22,5	crevassées, pas mesurables.			»	»
		3	1,1	22,6	25,5	»	»	»	2,9	»
	Allongement p. 100.	7,17	3,72	5,41	3,94	14,16	13,5	»	5,80	»

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

NUMÉROS.	DÉSIGNATION des CIMENTS.	AUGMENTATION du diamètre extérieur. Moules de		ÉCARTEMENT des aiguilles. Moules de		BRIQUETTES.			DISQUES comprimés. Augmentation du diamètre.	
						Écartement des	AUGMENTATION DE			
		0mm,5.	1 mill.	0mm,5.	1 mill.	épingles.	Longueur.	Épaisseur.	Eau 10 °/₀.	Eau 15 °/₀.
		millim.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.
16	Chaux du Teil. } Parties Portland D . . . } égales.	0,7	0,5	17,5	11,5	1,8	2,8	1	»	»
		0,7	0,4	15,5	12	1	2	0,95	»	»
		0,5	0,5	17	11,5	0,9	2,3	0,85	1,5	0,6
	Allongement p. 100. .	2	1,46	2,81	1,94	2,75	2,95	3,98	2,93	1,10
17	Chaux du Teil, 1 partie. .	0	0,1	3,5	1,5	0,05	0	»	»	»
	Portland D, 3 — . .	0	0	2	1	0,05	0	»	»	»
		0,2	0,1	3	2	0,05	0,1	»	0,5	»
	Allongement p. 100. .	0,21	0,20	0,47	0,24	0,10	0,04	»	0,98	»
18	Portland D, avec 2 p. 100	0	0	2,5	0,5	0,05 } retrait.	0,2	0,40	»	»
	de chaux de l'azotate. .	0,1	0	2	2	0,05 }	0,5	0,50	»	»
		0,1	0	2,5	2,5	0,05 }	1,3	0,40	7,5	»
	Allongement p. 100. .	0,22	0	0,38	0,27	»	0,86	1,89	15	»
		NOTA. — Des retraits ont eu lieu avant la mise à l'eau chaude. Le gonflement mesuré avec les moules cylindriques est par suite un peu faible. Les briquettes très fendillées et arquées ont rapproché les épingles au lieu de les écarter. Le gonflement s'est produit surtout dans l'épaisseur de la briquette.								
19	Portland D avec 5 p. 100 de	0	0	0	0	0	0,2	0,05	»	»
	magnésie.	0	0	1	0	0	détériorée	0,15	»	»
		0	0	0,5	0	0	»	0,15	1,10	»
	Allongement p. 100. .	0	0	0,5	0	0	0,25	0,52	2,20	»
20	Portland D avec 10 p. 100	0,2	0,1	0,5	2	0	(1)	(1)	»	»
	de magnésie	0,1	0	2	1	(— 0,3)	»	»	»	»
		0	0	0,5	0	(— 0,4)	»	»	0	»
	Allongement p. 100. .	0,32	0,10	0,16	0,16	»	»	»	0	»
		(1) Les briquettes se sont fortement arquées et se sont en partie désagrégées dans l'eau chaude. Par suite de leur torsion les épingles se sont rapprochées et ne mesurent plus le gonflement. Des retraits dans le ciment avant la mise à l'eau chaude rendent inexacts les gonflements indiqués par les moules cylindriques.								
21	Poussières lourdes n° 1. .	0,1	0,2	0	0	0,05	»	»	»	»
		0,1	0	0	0	»	»	0,5	»	»
		0,1	0	0	0	»	»	0,5	0,1	»
	Allongement p. 100. .	0,30	0,21	0	0	0,04	»	0,14	0,20	»

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

NUMÉROS.	DÉSIGNATION des CIMENTS.	AUGMENTATION du diamètre extérieur. Moules de		ÉCARTEMENT des aiguilles Moules de		BRIQUETTES.			DISQUES comprimés. Augmentation du diamètre.	
						Écartement des	AUGMENTATION DE			
		0mm,5.	1 mill.	0mm,5.	1 mill.	épingles.	Longueur.	Épaisseur.	Eau 10 °/₀.	Eau 15 °/₀.
		millim.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.
22	Poussières lourdes n° 2.	0,1	0	0	»	0	0	»	»	»
		0,1	0,1	0	0,5	0	0	retrait	»	»
		0,2	0,2	1	0,5	0	0,1	retrait	0,3	0,10
	Allongement p. 100.	0,41	0,31	0,05	0,05	0	0,04	»	0,58	0,20
23	Ciment de Vassy J.	0,1	0	0,5	0	0	0,1	0	»	»
		0	0	1	0,5	0	0	0	»	»
		0	0	1,5	0	0	0	0	»	»
	Allongement p. 100.	0,10	0	0,16	0,03	0	0,04	0	»	»
24	Ciment de Vassy K.	1,1	0,7	28	14	4,40	7,4	2,7	»	»
		1,5	0,7	29	15	»	»	2	»	»
		1,5	0,8	33,5	16,5	3,55	7,4	3,5	»	»
	Allongement p. 100.	4,60	2,30	5,03	2,51	8,9	9,42	11,6	»	»
25	Vassy K, 2 parties.	0,1	0,1	1	1,5	0,1	0,1	0,05	»	»
	Vassy J, 1 —	0,1	0,1	2	1,5	0,1	0,2	0,10	»	»
		0,3	0,2	2	2	0	0,2	0,10	»	4,9
	Allongement p. 100.	0,53	0,41	0,26	0,27	0,14	0,20	0,34	»	9,5
26	Ciment de Vassy L.	0	retrait	1	0,5	0	0	0	»	»
		0	0	2	0	0	0	0	»	»
		0	0	0	0,5	0	0	0	»	»
	Allongement p. 100.	0	0	0,16	0,05	0	0	0	»	»
27	Ciment Vassy M.	0	0,1	1,5	0,5	retrait	0	0	»	»
		0,1	0	1,5	1	(— 0,05)	1	(— 0,05)	»	»
		0,2	0,1	2,5	0,5	(— 0,05)	0	0	»	»
	Allongement p. 100.	0,32	0,21	0,30	0,11	»	0,04	0	»	»
28	Ciment de Vassy N.	»	0	»	3	0	0	0,05	»	»
		»	0	»	0	0	0	0,10	»	»
		»	0	»	0	0	0	0	0	»
	Allongement p. 100.	»	0	»	0,25	0	0	0,21	0	»
29	Ciment de Vassy N avec 1 p. 100 de chaux ordinaire.	»	0,1	»	0,5	0	0	0,15	»	»
		»	0,1	»	0,5	0	0	0	»	»
		»	»	»	»	0	0	0,15	0	»
	Allongement p. 100.	»	0,31	»	0,08	0	0	0,42	0	»

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

NUMÉROS.	DÉSIGNATION des CIMENTS.	AUGMENTATION du diamètre extérieur. Moules de		ÉCARTEMENT des aiguilles. Moules de		BRIQUETTES.			DISQUES comprimés. Augmentation du diamètre.	
						Écartement des épingles.	AUGMENTATION DE			
		0mm,5.	1 mill.	0mm,5.	1 mill.		Longueur.	Épaisseur.	Eau 10 °/₀.	Eau 15 °/₀.
		millim.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.
30	Le même avec 2 p. 100 de chaux	»	0	»	0	0,05	0,1	0,05	»	»
		»	0	»	0,5	0,05	0	0,10	»	»
		»	»	»	»	0,05	0	0,05	0	»
	Allongement p. 100.	»	0	»	0,02	0,11	0,04	0,29	0	»
31	Le même avec 5 p. 100 de chaux	»	0,20	»	3	0,20	0,20	0,30	»	»
		»	0,20	»	3	0,20	0,50	0,25	»	»
		»	0,20	»	3	0,15	0,40	0,20	0,9	»
	Allongement p. 100.	»	0,63	»	0,50	0,38	0,45	1,03	1,74	»
32	Ciment de Vassy O.	0	0	0	0	0	0	0	»	»
		0	0	0	0	0	0	0,05	»	»
		0	0	0	0	0	0	0,05	0,2	»
	Allongement p. 100.	0	0	0	0	0	0	0,14	0,39	»
33	Le même avec 0,5 p. 100 de chaux de l'azotate.	0	0,1	0,5	0	0,05	0,2	0,05	»	»
		0,4	0,1	2,5	0,5	0,15	0,1	0,05	»	»
		»	0,1	»	1	0,05	0,2	0	0,4	»
	Allongement p. 100.	0,42	0,31	0,25	0,08	0,18	0,21	0,14	0,78	»
34	Le même avec 1 p. 100 de chaux de l'azotate.	0	0,1	1	1	0	0	0	»	»
		0,2	0,2	2	0,5	0	0	0,05	»	»
		0,2	0,2	3	2	0,05	0	0,05	1,1	»
	Allongement p. 100.	0,42	0,52	0,33	0,20	0,03	0	0,14	2,15	»
35	Ciment de Vassy O avec 2 p. 100 de chaux de l'azotate	0,1	0	3	1,5	0	0,1	0,05	»	»
		0,1	0	1	1,5	0,05	0,2	0,05	»	»
		0	0	8	1	0	0,1	0,05	3,9	»
	Allongement p. 100.	0,21	0	0,66	0,22	0,03	0,16	0,21	7,63	»
36	Le même avec 5 p. 100 de magnésie.	0,1	0,1	3,5	2	0,05	0,1	0,1	»	»
		0,1	0	1	1	0,05	0,05	0,1	0,7	»
		»	»	»	»	»	»	»	»	»
	Allongement p. 100.	0,33	0,16	0,40	0,25	0,11	0,09	0,42	1,37	»
37	Chaux de Beffes P.	0,5	0,3	10,5	5	0	1	0,95	»	»
		0,6	0,2	11	5,5	0,10	cassée	0,80	»	»
		0,5	0,5	10	6,5	0,05	2	1,40	»	»
	Allongement p. 100.	1,72	1,04	1,74	0,94	0,10	1,91	4,56	»	»

Les briquettes étaient fortement crevassées. Variation faible des épingles et de la longueur; plus forte dans l'épaisseur de la briquette.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

NUMÉROS.	DÉSIGNATION des CIMENTS.	AUGMENTATION du diamètre extérieur. Moules de		ÉCARTEMENT des aiguilles. Moules de		BRIQUETTES.			DISQUES comprimés. Augmentation du diamètre.	
						Écartement des épingles.	AUGMENTATION DE			
		0mm,5.	1 mill.	0mm,5.	1 mill.		Longueur.	Épaisseur.	Eau 10 °/₀.	Eau 15 °/₀.
		millim.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.
38	Chaux de Beffes Q.	0	0	0	0	0	0,1	0,05	»	»
		0	0	0	0	0	0	0,05	»	»
		0	0	0,5	0	0	0	0,05	»	»
	Allongement p. 100.	0	0	0,03	0	0	0,4	0,21	»	»
39	Chaux de Beffes R.	0,5	0,2	12	4,5	2,10	2,3	0,95	»	»
		0,3	0,3	8	5,5	3,65	2,6	0,90	»	»
		0,5	0,1	11	2,5	2,25	3,3	1,15	»	»
	Allongement p. 100.	1,40	0,62	1,70	0,70	5,80	3,40	4,30	»	»
40	Chaux de Beffes S.	»	0	»	0	0	0	0,05	»	»
		»	0,1	»	0,5	0	0	0,10	»	»
		»	0	»	0	0	0	0,15	0,20	»
	Allongement p. 100.	»	0,10	»	0,02	0	0	0,43	0,40	»
41	Chaux de Beffes T.	»	0,40	»	3	0	1,5	0,55	»	»
		»	0,3	»	0,5	0,20	1,1	0,60	»	»
		»	0,2	»	2	0,20	1,4	0,60	0	»
	Allongement p. 100.	»	1,02	»	0,50	0,28	1,67	2,52	0	»
		Par suite des retraits les aiguilles donnent des résultats trop faibles. Les briquettes étaient fissurées et arquées. Le gonflement a peu modifié l'écartement des épingles et s'est produit dans l'épaisseur de la briquette.								
42	Ciment de Laitier U.	0	0	0	0,5	(0,10)	0	0	»	»
		0	0	0	0	(— 0,05)	0	(— 0,05)	»	»
		0,1	0,1	0,5	0	(— 0,05)	0	0,05	0	0,3
	Allongement p. 100.	0,10	0,10	0,03	0,03	»	0	0	0	0,58
43	Ciment de Laitier V.	0	0	0	0	0	0	0,05	»	»
		0	0	0	0	0	0	0	»	»
		0	0	0	0	0,05	0	0	0	»
	Allongement p. 100.	0	0	0	0	0,03	0	0,07	0	»
44	Ciment de Grappiers de Saint-Astier X.	0,2	0	2	0	0	0	0,05	»	»
		0	0	4	1	0,05	0	0,25	»	»
		0	0	1	0,5	0,10	0	0,05	3	»
	Allongement p. 100.	0,20	0	0,40	0,08	0,10	0	0,50	0,58	»

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

NUMÉROS.	DÉSIGNATION des CIMENTS.	AUGMENTATION du diamètre extérieur. Moules de		ÉCARTEMENT des aiguilles. Moules de		BRIQUETTES. Écartement des épingles.	BRIQUETTES. AUGMENTATION DE Longueur.	BRIQUETTES. AUGMENTATION DE Épaisseur.	DISQUES comprimés. Augmentation du diamètre. Eau 10 °/₀.	DISQUES comprimés. Augmentation du diamètre. Eau 15 °/₀.
		0mm,5.	1 mil¹.	0mm,5.	1 mill.					
		millim.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.
45	Ciment de Grappiers de Saint-Astier Y.	1,4	0,6	18	13	0,10	5,7	2,65	»	»
		1,4	0,7	30	12	1,60	5,2	2,90	»	»
		1,2	1	28	14	1,15	5,9	1,70	1,9	3,7
	Allongement p. 100. .	4,32	2,45	4,30	2,17	2,06	6,98	10,57	3,71	7,24
		Retraits après la prise. Les moules sont incomplètement remplis et donnent des résultats faibles. Les briquettes très crevassées ont gonflé plus dans leur épaisseur que dans leur longueur. Elles ont pris une courbure qui a fait obstacle à l'écartement des épingles.								
46	Ciment de Portland Z. . .	0,1	0	1	2	0,05	0	0,05	»	«
		0	0,1	2	1	0,05	0	0,05	»	»
		0	0	2	1	0,05	0,1	0,10	»	»
	Allongement p. 100. .	0,10	0,10	0,28	0,22	0,11	0,04	0'29	»	»

Les variations de volume ont, dans certains cas, été provoquées par l'addition de diverses proportions de chaux ou de magnésie à des ciments ne gonflant pas dans l'eau chaude. Cette addition a été faite sans attacher d'importance à l'état d'hydratation de la chaux ou de la magnésie et uniquement pour déterminer un gonflement. L'augmentation de volume paraît croître, sans régularité absolue, avec la proportion de chaux ou de magnésie ajoutée comme dans les ciments de Mantes (nos 1 à 4); dans le ciment de Portland D (nos 12 à 14) et dans les ciments de Vassy N et O (nos 28 à 34).

On a mêlé des ciments gonflant dans l'eau chaude avec des ciments ne gonflant pas. Dans ce cas, le gonflement s'est affaibli avec la proportion de ces derniers. Exemple le mélange de ciment de la Porte de France avec le Portland D (nos 5 à 7); celui de la chaux avec le Portland D (de 15 à 17), et enfin le mélange des ciments de Vassy J et K (de 23 à 25).

La proportion d'eau à employer pour la mise en pâte des éprouvettes n'est pas indifférente. Un ciment qui, gâché avec 33 p. 100 d'eau a éprouvé dans l'eau chaude un gonflement variant de 1,04 à 1,77 p. 100 a gonflé de 2,84 à 3,24 p. 100 avec 43 p. 100 d'eau de gâchage.

La proportion d'eau adoptée dans les expériences suivantes a été celle du gâchage normal.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MOULES CYLINDRIQUES DE M. LE CHATELIER

En même temps que l'écartement des aiguilles, les variations des diamètres extérieurs des moules ont été mesurées : ces dernières, avec le pied à coulisse muni d'un vernier donnant le dixième de millimètre, et l'écartement des aiguilles avec le double décimètre.

Quelques ciments, en faisant prise. ont eu des retraits et ne remplissaient plus exactement les moules au moment de l'immersion dans l'eau chaude. Dans ce cas, on a, pour le gonflement, des chiffres un peu faibles.

On remarque, dans le tableau ci-annexé, que les moules de $0^{mm},5$ donnent des gonflements plus forts que ceux de un millimètre d'épaisseur, soit que l'on considère les diamètres, soit que l'on compare l'écartement des pointes. Ce fait peut être attribué à la plus grande résistance opposée au gonflement par les moules à parois plus épaisses. Il y a cependant deux exceptions à signaler, dans les ciments D n° 12 et O n° 33, où le diamètre des moules minces accuse un gonflement inférieur à celui des moules épais ; mais on peut admettre qu'il y a là une erreur d'expérience, car, dans les deux cas, les aiguilles ne présentent pas cette anomalie.

Si la différence des résultats provient de la plus grande rigidité de l'un des moules, on doit trouver un rapport sensiblement constant entre ces résultats.

Pour mettre ce rapport en évidence, on a tracé le graphique n° 1 (p. 42), en prenant pour abscisses les gonflements donnés par les moules de $0^{mm},5$ et pour ordonnées ceux qui proviennent des moules de un millimètre d'épaisseur.

Dans le tracé de ce graphique, on n'a pas tenu compte des gonflements par diamètre des deux ciments D et O, désignés ci-dessus comme comportant une erreur. On a écarté le gonflement par aiguille du ciment de Saint-Astier n° 43 comme trop petit pour avoir été mesuré avec exactitude.

Les gonflements par diamètre sont représentés par une petite croix × et ceux qui résultent de l'écartement des pointes par le signe ○.

Les croix et les petits cercles se groupent autour d'une droite dont le coefficient angulaire est $\frac{1}{1,74}$. Il en résulte que le gonflement mesuré avec les moules de $0^{mm},5$ est égal à celui que l'on obtient avec les moules de un millimètre multiplié par 1,74.

En ne considérant que le gonflement par diamètre, le rapport entre la somme des gonflements donnés par les moules de $0^{mm},5$ et celle des gonflements obtenus avec les moules de un millimètre est de 1.74.

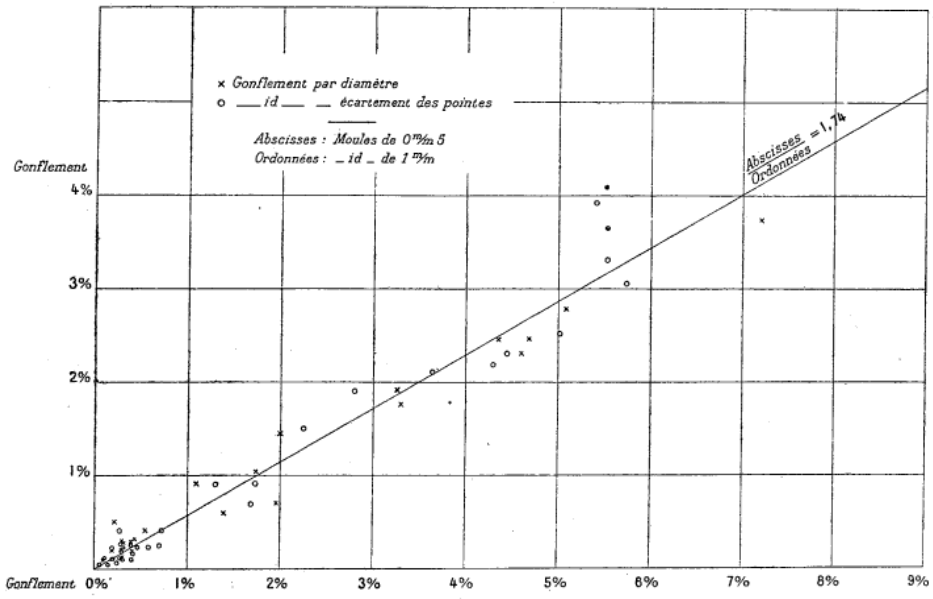
Si on opère de même isolément pour les aiguilles, on trouve que ce rapport est de 1,72, c'est-à-dire presque le même.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La mesure des diamètres ou celle de l'écartement des aiguilles donnent par suite, avec les deux espèces de moules, des gonflements qui sont dans le même rapport.

Maintenant, si l'on compare les résultats fournis par un même moule en mesurant soit le diamètre soit l'écartement des aiguilles, il semble que l'on devrait trouver le même gonflement.

Cependant, on peut remarquer que les aiguilles donnent en général des gonflements plus forts que la mesure des diamètres. On trouve quelques excep-



Graphique n° 1.

tions, mais elles ont lieu pour des ciments dont le gonflement mesuré par les pointes est compris entre 0,04 et 0,08 p. 100, c'est-à-dire entre $\frac{4}{10000}$ et $\frac{8}{10000}$, trop petits pour avoir été mesurés avec exactitude.

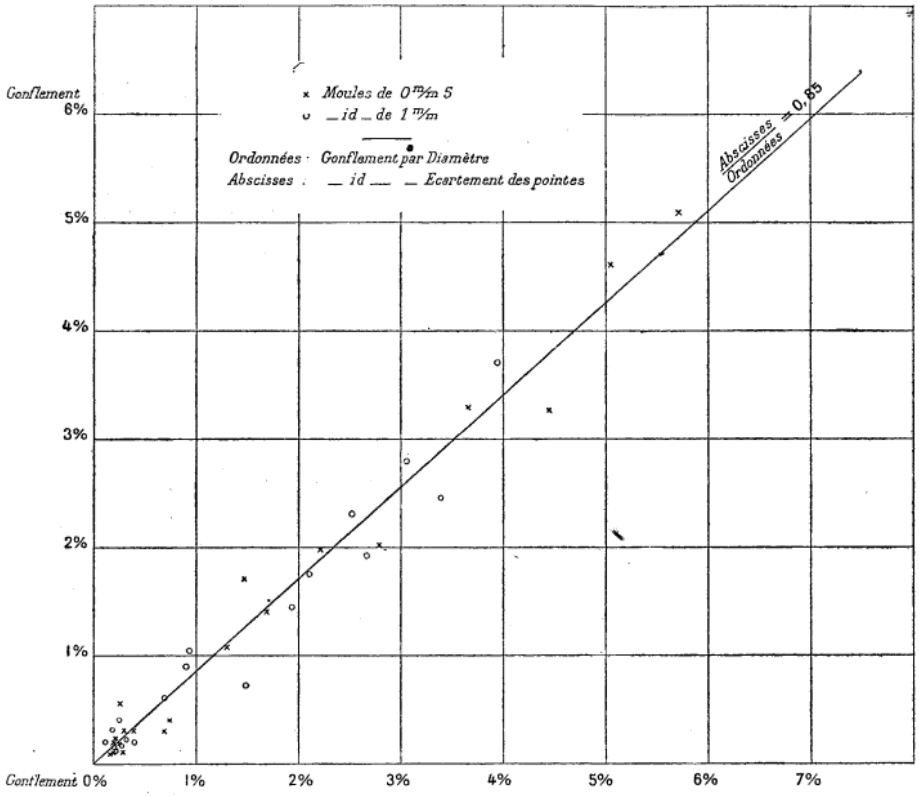
On tracera le graphique n° 2 en prenant pour ordonnées les gonflements par diamètre et pour abscisses les gonflements par aiguilles.

Les gonflements mesurés avec les moules de $0^{mm},5$ sont, comme précédemment, indiqués par une croix, et ceux qui proviennent des moules de un millimètre par un petit cercle ○.

Dans le tracé de ce graphique, on ne tiendra pas compte des ciments dont le gonflement a été précédé de retraits; on écartera les gonflements très petits ne

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dépassant pas $\frac{8}{10000}$, dont la mesure est incertaine. On est d'autant plus autorisé à faire cette suppression, qu'on admet, dans la pratique, qu'il n'y a pas lieu de tenir compte des gonflements lorsque l'écartement des pointes n'est que de un



Graphique n° 2.

millimètre. Dans ce cas, le gonflement négligé est de 0,16 p. 100 ou de $\frac{16}{10000}$ c'est-à-dire le double de celui que nous écartons.

Toutes les croix et tous les petits cercles se groupent autour d'une droite dont le coefficient angulaire est $\frac{85}{100}$. Il en résulte que le gonflement par diamètre est au gonflement par écartement des pointes comme 85 est à 100. Le calcul du rapport moyen donne 0,89.

Cette différence provient sans doute de la convention admise pour la mesure du gonflement par les pointes. On a supposé que les pointes décrivaient une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

circonférence de 1 mètre, tandis que cette circonférence, qui a pour rayon 165 millimètres, est en réalité de $1^{m},036$. Un allongement de 1 p. 100 serait, par suite, de $10^{mm},36$, au lieu de 10 millimètres. Les deux tiers de $10^{mm},36$ sont $6^{mm},9$, et non 6 millimètres, chiffre admis dans la pratique.

L'écartement des pointes, au lieu d'être divisé par 6 pour avoir un gonflement de 1 p. 100, devrait être divisé par $6^{mm},9$. Les abscisses du graphique n° 2 sont, par suite, trop grandes, et on les ramènerait à la réalité en les multipliant par $\frac{6}{6,9} = 0,87$. Dans ce cas, le coefficient angulaire $\frac{85}{100}$ de la droite médiane devient $\frac{85}{87} = 0,98$, c'est-à-dire très voisin de l'unité. La concordance entre les résultats fournis par la mesure des diamètres et ceux qui résultent de l'écartement des points serait rétablie.

PROCÉDÉ DES ÉPINGLES DE M. KLEBE

M. Klebe mesure avec le coin, qui permet d'apprécier très facilement le demi-dixième de millimètre, l'écartement de deux épingles enfoncées verticalement dans une éprouvette un peu avant la prise du ciment.

Nous nous sommes servi, pour ce genre d'essai, des briquettes de forme anglaise. Les épingles ont été placées avec les précautions nécessaires pour éviter leur déplacement. Après la prise du ciment, et au moment de l'immersion dans l'eau chaude, on a mesuré l'écartement des épingles, qui sont alors suffisamment fixées dans la briquette.

Après l'action de l'eau chaude et après refroidissement, l'écartement des épingles a été de nouveau mesuré. S'il y a eu gonflement du ciment, leur distance a varié, et, de cette variation, on déduit le gonflement.

Mais le gonflement des ciments ne paraît pas avoir lieu également dans tous les sens. Les galettes minces que l'on met dans l'eau chaude et qui se courbent sont une preuve d'un allongement inégal des surfaces.

Lorsque le gonflement est considérable, il se produit souvent avec des fissures et des crevasses déterminant dans l'éprouvette des courbures qui compliquent la mesure de la variation de volume.

Dans l'exemple dont la photographie est reproduite ci-contre, la briquette s'est sensiblement courbée; les épingles se sont rapprochées, et il est visible que les crevasses ont fait augmenter l'épaisseur dans une plus forte proportion que la longueur. Par suite de la courbure et de l'épaisseur de la briquette,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la longueur de la face supérieure est plus faible que celle de la face inférieure.

On remarque les mêmes effets de courbure dans la petite tablette rectangulaire dont la photographie est également reproduite ci-contre.

On peut remarquer, dans le tableau ci-annexé, que les variations de volume sont en général plus grandes dans l'épaisseur des briquettes que dans leur longueur. Dans les expériences dont nous relevons les résultats, le rapport entre ces deux variations serait 1,40 environ.

Les épingles de M. Klebe suivent la variation de volume qui se produit seu-

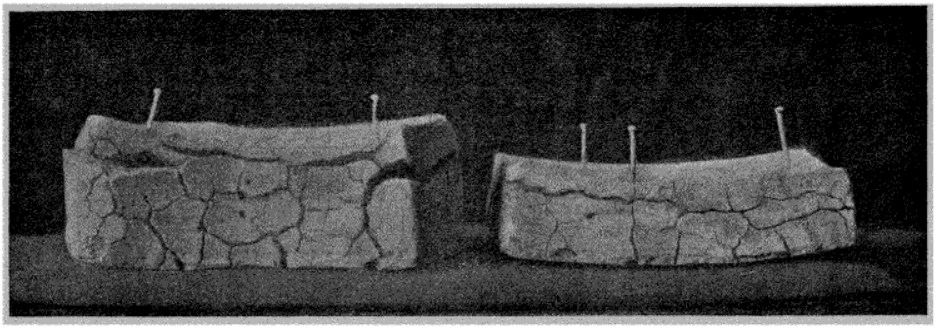


Fig. 1.

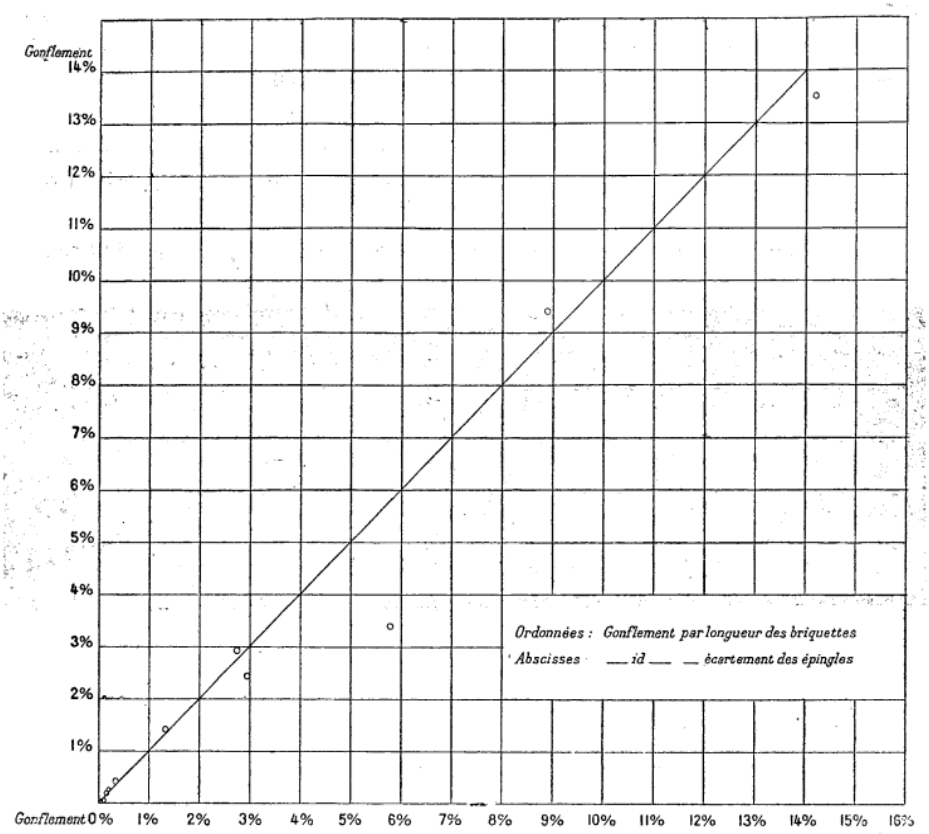
lement dans leur direction. Les moules fendus de M. Le Chatelier obéissent à tous les gonflements qui ont lieu perpendiculairement à l'axe des cylindres. Ils peuvent, par suite, accuser des variations de volume qui échapperaient aux épingles. C'est peut-être pour cette raison que nous n'avons pu trouver aucune relation entre les gonflements mesurés avec les épingles, et ceux qui ont été mesurés avec les cylindres de M. Le Chatelier.

Les épingles étant plantées sur l'axe des briquettes, leur écartement doit rester proportionnel à la longueur des briquettes. Pour vérifier cette concordance, on a tracé le graphique n° 3, dans lequel on a pris pour abscisses les gonflements déduits de l'écartement des épingles, et pour ordonnées ceux qui ont été déduits de la variation de longueur des briquettes. On a éliminé, comme précédemment, les gonflements de $\frac{4}{10\,000}$, trop petits pour avoir été mesurés exactement. On écartera également les résultats qui se rapportent à la chaux de Beffes T (n° 41) et au ciment de Saint-Astier Y (n° 45), dont les gonflements ont produit dans les briquettes de larges fissures et une torsion qui a rendu incertaine la mesure de la longueur.

Tous les points du graphique se groupent autour d'une droite qui fait avec

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les axes un angle de 45°. Il y a donc concordance entre les gonflements mesurés



Graphique n° 3.

par l'écartement des épingles et ceux que donne la mesure de la longueur des briquettes.

PROCÉDÉ DES PATES COMPRIMÉES, DE MM. PRUSSING ET LE CHATELIER

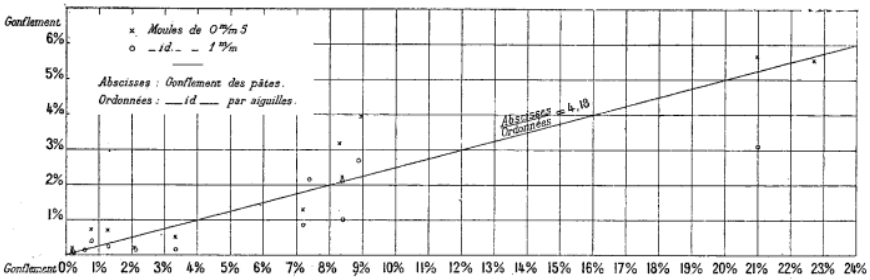
Les ciments mis en expérience ont été mêlés à une petite quantité d'eau, suffisante pour les rendre humides et insuffisante pour former pâte. La proportion d'eau n'est peut-être pas indifférente. On verra, dans les deux dernières colonnes du tableau, qu'avec 10 ou avec 20 p. 100 d'eau, on a obtenu des gonflements différents, et que ces gonflements sont en général plus grands avec la plus petite quantité d'eau employée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les ciments, rendus uniformément humides à la suite d'un malaxage énergique, ont été moulés en forme de disques de 50 millimètres de diamètre et 20 millimètres d'épaisseur. Ils ont été comprimés dans le moule à 250 kilogrammes par centimètre carré.

Ces disques ont acquis ainsi assez de fermeté pour être démoulés immédiatement. Leur diamètre a été mesuré avec le pied à coulisse, puis ils ont été exposés à la vapeur d'eau dans une étuve à 100°. Les dispositions nécessaires ont été prises pour les préserver de l'eau de condensation et de la dessiccation. Après environ cinq à six heures, ils ont été retirés de l'étuve et leur diamètre a de nouveau été mesuré. Le gonflement a été déduit de la variation de longueur du diamètre.

L'augmentation de volume obtenue de cette façon est plus forte que par les



Graphique n° 4.

autres méthodes. Elle a lieu en quelques heures et permet de faire très rapidement l'essai d'un ciment.

En examinant les résultats obtenus par cette méthode, on remarque, d'une manière générale, que les gonflements qui sont les plus amplifiés sont ceux des ciments de Vassy; que ceux qui le sont le moins sont ceux de la chaux du Teil, et que les gonflements des autres ciments sont intermédiaires, avec, cependant, des écarts qui ne permettent pas de préciser.

Si on se rappelle que les ciments de Vassy contiennent une plus forte proportion d'aluminate de chaux que les ciments à prise lente, puis que la chaux du Teil, en raison de la faible quantité d'alumine qui entre dans sa composition, doit en contenir le moins, on y trouvera peut-être la cause du plus faible gonflement de la chaux du Teil et du plus fort gonflement des ciments de Vassy.

En écartant les gonflements des ciments de Vassy et ceux de la chaux du Teil, on a tracé le graphique n° 4, dans lequel on a essayé de comparer les gonflements des disques à ceux que donnent les aiguilles des moules Le Chatelier. Dans ce graphique, on a pris pour abscisses les gonflements des disques. Dans le cas ou deux expériences ont été faites, on a choisi le plus fort gonflement, qui

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

correspond en général à la plus petite proportion d'eau. On a porté en ordonnées les gonflements calculés d'après l'écartement des aiguilles des moules cylindriques.

Les points ne se groupent pas nettement autour d'une droite. Cependant la droite de coefficient angulaire 1/4 semble se rapprocher le plus de la direction générale des points, bien qu'avec de grands écarts.

EN RÉSUMÉ

Par les trois méthodes dont nous venons de comparer les résultats, on n'arrive pas au même gonflement pour un ciment donné.

Les moules à aiguilles de M. Le Chatelier amplifient le gonflement pour le rendre plus facilement mesurable. Les deux espèces de moule ne donnent pas le même résultat. Avec les moules de $0^{mm},5$ le gonflement est plus fort qu'avec ceux de 1 millimètre dans la proportion de 1,74 est à un.

Le gonflement par diamètre est au gonflement par écartement des pointes comme 85 est à 100, en admettant qu'un écart des pointes de 6 millimètres corresponde à une augmentation de volume de 1 p. 100; mais ce chiffre, admis conventionnellement dans la pratique, n'est qu'approximatif; il devrait être 6, 9, qui est exactement les deux tiers du centième de la circonférence décrite par les pointes. Si, dans nos essais, l'écartement des aiguilles avait été divisé par ce chiffre, le rapport $\frac{85}{100}$ deviendrait $\frac{85}{87} = 0{,}98$, c'est-à-dire très voisin de l'unité.

Les moules cylindriques permettent de mesurer le gonflement de deux façons : par la variation des diamètres et par l'écartement des aiguilles. Nous venons de voir qu'il y a concordance entre ces deux mesures.

Les moules Le Chatelier donnent donc des résultats très concordants, et c'est à ces résultats que nous avons essayé de comparer ceux des autres méthodes.

Les épingles de M. Klebe ne suivent que la variation de volume qui a lieu dans leur direction, et restent indifférentes aux autres variations. Les moules à aiguilles obéissent à tous les gonflements qui ont lieu perpendiculairement à leur axe et peuvent accuser des variations qui échapperaient aux épingles.

Nous n'avons pu établir aucun rapport entre les gonflements déterminés par la méthode des épingles et ceux qui résultent de l'écartement des aiguilles des moules cylindriques.

Les disques comprimés augmentent de volume, sous l'action de la vapeur d'eau, dans une proportion considérable, mais avec des écarts qui ne nous ont

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pas permis d'établir avec précision une relation entre leur gonflement et celui qui résulte de l'écartement des aiguilles des moules cylindriques.

Tous les ciments ne paraissent pas se comporter de même dans la vapeur d'eau. Les ciments de Vassy auraient un gonflement qui serait environ dix fois celui qui résulterait des moules à aiguilles; les ciments à prise lente quatre fois seulement et la chaux du Teil environ deux fois. Ces différences de variation de volume pourraient avoir une relation avec la proportion d'aluminate de chaux contenu dans les ciments.

NOTE SUR LA COMPOSITION DU SULFO-ALUMINATE DE CHAUX

L'altération qu'éprouvent les liants hydrauliques dans l'eau de mer ne paraît pas due uniquement à la substitution de la magnésie à la chaux dans les mortiers; on l'attribue aussi à la formation du sulfo-aluminate de chaux qui résulte de la combinaison de l'aluminate de chaux contenu dans les ciments avec le sulfate de chaux dont l'eau de mer est chargée.

D'après les travaux de M. Le Chatelier, les ciments hydratés maintenus en pâte humide avec du sulfate de chaux précipité augmentent de volume dans un temps assez court. Cette augmentation, qui paraît d'autant plus accentuée que le ciment contient plus d'alumine, se produit avec fixation d'acide sulfurique, et peut atteindre jusqu'à 25 p. 100. Le gonflement des ciments à la mer peut donc être attribué en partie à la formation du sulfo-aluminate de chaux.

Ce corps, découvert par M. Candlot, a été étudié depuis par MM. Michaélis, Rebuffat et Schott. Mais l'étude de ses propriétés n'est pas encore complète; sa composition n'est pas, jusqu'à présent, bien définie. Les différences qui se son produites peuvent s'expliquer si on se rappelle qu'il existe plusieurs aluminates de chaux, et que c'est ce corps qui sert de point de départ pour la préparation du sulfo-aluminate de chaux.

Afin de faciliter l'étude des propriétés du sulfo-aluminate de chaux, il devenait nécessaire d'en déterminer la composition exacte. C'est le but que nous nous sommes proposé.

Sur les conseils de M. Le Chatelier, nous avons essayé de produire le sulfo-aluminate de chaux en partant, non de l'aluminate de chaux, mais du sulfate d'alumine, qui est mieux défini, et que l'on se procure plus facilement.

Nous avons ensuite comparé les résultats obtenus par cette méthode à ceux que l'on obtiendrait en partant d'un aluminate de chaux bien défini : l'aluminate tricalcique, dont un échantillon, préparé à l'École des Mines et contenant exactement trois équivalents de chaux, nous a été remis par M. Le Chatelier.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nous indiquons, dans la présente note, la marche que nous avons suivie et les résultats que nous avons obtenus.

Préparation du sulfo-aluminate de chaux.

1° AVEC LE SULFATE D'ALUMINE

Une quantité de chaux provenant de la calcination du carbonate de chaux a été dissoute dans un litre d'eau sucrée. La partie restée insoluble a été séparée par filtration, dosée, et retranchée de la quantité primitive.

5gr,60 de sulfate d'alumine desséché ont été traités par l'eau bouillante. L'alumine insoluble a été dosée et une quantité équivalente de sulfate d'alumine a été retranchée de 5gr,60.

On a obtenu ainsi deux solutions claires contenant l'une 5gr,627 de chaux, et l'autre 5gr,537 de sulfate d'alumine. Cette dernière a été versée peu à peu dans la première.

La réunion des deux liqueurs avait mis en présence :

		Grammes.
Chaux		5,637
Sulfate d'alumine, 5gr,537.	Al^2O^3	1,651
	SO^3	3,885

Pour 5gr,537 de sulfate d'alumine, il ne faudrait que 5gr,440 de chaux. Il y avait donc 0gr,187 de chaux en excès.

Un abondant précipité cristallin s'est formé. L'opération a été commencée le 6 avril; le 9 juin, la liqueur surnageant, le précipité contenait, par litre, 0gr,050 de SO^3. Le 13 juin, elle en renfermait encore 0gr,050. Le 13 juillet il n'y en avait plus que 0gr,030. Enfin, en septembre, deux dosages de SO^3 ont donné l'un 0gr,040 et l'autre 0gr,030 par litre.

La réaction paraissant terminée, on a filtré et recueilli le précipité qui a été modérément lavé avec de l'eau de chaux.

Le liquide filtré a été analysé. Il contenait :

		Grammes.
Acide sulfurique		0,086
Alumine		0,045
La liqueur primitive renfermait SO^3		3,885
Si on retranche ce qui reste dans la liqueur filtrée	0,086	
Et ce qui a été enlevé pour les dosages successifs de SO^3, soit	0,020	
Total	0,106	0,106
Il reste acide sulfurique fixé		3,779

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

	Grammes.
D'autre part, la liqueur primitive contenait 1gr,651 d'alumine, soit	1,651
On en retrouve dans la liqueur filtrée	0,045
Reste alumine fixée	1,606

Ces deux nombres 1,606 et 3,779 sont exactement dans le rapport de un équivalent d'alumine à trois équivalents d'acide sulfurique.

Pour être plus précis, il faudrait retrancher de l'alumine fixée les quantités qui pourraient se trouver dans les prises d'échantillon pour le dosage de SO^3. Ce sont des quantités négligeables. Cependant, si on admet que l'alumine et SO^3 s'y soient trouvés dans le même rapport que dans le liquide filtré, on trouverait encore environ 0gr,010 d'alumine, qu'il faudrait déduire de la quantité fixée. Dans ce cas on aurait pour l'alumine fixée 1,651 — 0,045 — 0,010 = 1,596 et le rapport entre les équivalents de l'alumine et de l'acide sulfurique fixés deviendrait 3,01, chiffre très voisin de 3.

L'analyse du précipité a donné les chiffres suivants :

	Grammes.
Alumine	0,048
Acide sulfurique	0,113
Chaux	0,170

L'alumine et l'acide sulfurique se trouvent encore dans le rapport de un équivalent à trois équivalents. La chaux est en excès pour former un sulfo-aluminate à trois équivalents de sulfate de chaux. Mais cet excès de chaux peut s'expliquer si on remarque que la réaction a duré 6 mois et qu'un peu de chaux carbonatée a pu s'ajouter au précipité.

Les chiffres de l'analyse ci-dessus conduisent très approximativement à la formule

$$Al^2 O^3 . 3\,CaO . 3(SO^3\,CaO)$$

ainsi qu'on peut s'en rendre compte par la comparaison des chiffres ci-dessous.

	Chiffres de l'analyse. Grammes.	Chiffres calculés. Grammes.
Alumine	0,048	0,048
Acide sulfurique	0,113	0,113
Chaux	0,170	0,158

Il y a 0,012 de chaux en excès.

2° AVEC L'ALUMINATE DE CHAUX

Un gramme d'aluminate tri-calcique, broyé finement puis hydraté à chaud dans l'étuve à 100°, a été mis en contact avec une dissolution titrée de sulfate de chaux dans l'eau de chaux.

Un gramme d'aluminate tri-calcique, pour se transformer en sulfo-aluminate à trois équivalents de sulfate de chaux, peut fixer 0gr,888 de SO^3. On a employé d'abord une quantité insuffisante de solution de sulfate de chaux pour

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

saturer l'aluminate. Au bout d'un mois, il n'y avait plus, dans la liqueur, traces de SO^3. Une nouvelle quantité de sulfate de chaux a été ajoutée.

En tenant compte des additions successives de dissolution de sulfate de chaux, on trouve que l'on a mis en présence de l'aluminate $0^{gr},9202$ d'acide sulfurique au lieu de $0^{gr},888$.

L'opération a été commencée le 22 mars. En juillet et en septembre, les échantillons prélevés pour le dosage de SO^3 ne donnant plus de différence; on a considéré la réaction comme terminée.

Le précipité a été recueilli sur un filtre, et la liqueur filtrée a été analysée. Elle contenait :

$$SO^3 = 0^{gr},053$$
$$Al^2O^3 = 0^{gr},014$$

La liqueur primitive contenait SO^3.		$0^{gr},9202$
Il en reste	$0^{gr},053$	
Les prises d'échantillons en ont enlevé. . .	$0^{gr},015$	
Total à déduire.	$0^{gr},068$	$0^{gr},0680$
Reste acide sulfurique fixé.		$0^{gr},8522$

Un gramme d'aluminate de chaux peut fixer $0^{gr},888$ de SO^3 à la condition que toute l'alumine entre dans la combinaison; mais il en reste dans la liqueur $0^{gr},014$ qui exigerait, pour se transformer en sulfo-aluminate, $0^{gr},033$ d'acide sulfurique. Il convient donc de retrancher de 0,888 les 0,033 de SO^3 qui n'ont pas été fixés par les 0,014 d'alumine. Il reste $0^{gr},855$, chiffre très voisin de celui de l'acide sulfurique fixe.

Si les 0,014 d'alumine provenaient d'une petite quantité de sulfo-aluminate dissous, il faudrait ajouter aux 0,852 de SO^3 fixé les 0,033 de SO^3 correspondant à 0,014 d'alumine. On obtient alors $0^{gr},885$, chiffre très voisin de $0^{gr},888$ nécessaire à la saturation de un gramme d'aluminate tri-calcique.

Dans ce dernier cas, on peut remarquer que la liqueur primitive contenait 0,032 de SO^3 en excès. On en retrouve dans la liqueur filtrée $0^{gr},068$; en retranchant de cette quantité les 0,033 qui appartiennent au sulfo-aluminate dissous, il reste comme excès 0,035 au lieu de $0^{gr},032$.

L'examen de la liqueur filtrée établit que l'aluminate de chaux a bien fixé la quantité de SO^3 nécessaire à la formation d'un sulfo-aluminate à trois équivalents de sulfate de chaux.

L'analyse du précipité confirme ce résultat. Elle donne les chiffres suivants :

	Grammes.
Alumine.	0,04
Acide sulfurique	0,115
Chaux	0,186
Acide carbonique.	0,028

L'alumine et l'acide sulfurique sont dans le rapport de un équivalent à trois

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

équivalents. Les chiffres ci-dessus répondent à très peu près à la formule

$$Al^2 O^3, 3\,CaO.\ 3(SO^3\ CaO.)$$

ainsi que le montre la comparaison des chiffres suivants :

	Chiffres de l'expérience. Grammes.	Chiffres calculés. Grammes.
$Al^2 O^3$	0,048	0,048
SO^3	0,115	0,113
CaO	0,187	0,158
CO^2	0,028	»

La chaux est en excès, ce qui provient d'un peu de carbonate de chaux formé pendant la durée de l'expérience, qui a été commencée en mars et qui n'a été terminée qu'en septembre.

On peut admettre que le sulfo-aluminate obtenu soit en partant de l'aluminate de chaux, soit en partant du sulfate d'alumine, a une composition qui répond à la formule

$$Al^2 O^3, 3\,CaO.\ 3(SO^3\ CaO.)$$

Dans les deux cas, l'analyse du liquide dans lequel s'est formé le sulfo-aluminate et celle du sulfo-aluminate conduisent au même résultat.

Telle est la composition du sel anhydre. Mais le sulfo-aluminate, en cristallisant, fixe une grande proportion d'eau, et les cristaux très fins retiennent une certaine quantité d'eau interposée.

Pour déterminer la proportion d'eau fixée par la cristallisation, il fallait dessécher le sel sans lui faire subir un commencement de déshydratation.

Nous avons, sur l'avis de M. Le Chatelier, fait cette dessiccation dans le vide en présence du chlorure de sodium. Le précipité encore humide a été desséché jusqu'à poids constant, dans un tube scellé contenant du chlorure de sodium et dans lequel on a fait le vide et chassé les dernières portions d'air par un peu de vapeur d'eau.

Le sel ainsi desséché a été porté à l'étuve à 100°, puis calciné au rouge sombre et au rouge vif.

Pour un gramme de matière les pertes ont été les suivantes :

	Grammes.
A 100°	0,240
De 100° au rouge sombre	0,152
Du rouge sombre au rouge vif.	0,036
Total des pertes	0,428

L'analyse du sel complètement desséché a donné :

	Grammes.
Alumine	0,085
Acide sulfurique	0,200
Chaux	0,288
Total	1,001

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

D'après ces chiffres, le sulfo-aluminate de chaux contiendrait 42,8 p. 100 d'eau, ce qui correspond à 28,5 équivalents, et il en perdrait 16 à 100°.

On arrive ainsi définitivement à la formule suivante :

$$Al^2O^3\,3\,CaO,\ 3(CaO\ SO^3) + 28{,}5\ HO$$

qui ne diffère pas sensiblement de celle qui a été indiquée par M. Michaélis.

Si l'on rapproche les chiffres de l'expérience de ceux que donnerait le calcul, on voit que les premiers ne diffèrent des seconds que par un petit excès de chaux.

	Chiffres de l'analyse.	Chiffres calculés.
Eau	428	428
Alumine	85	85
Acide sulfurique	200	200
Chaux	288	280

En résumé :

Le sulfo-aluminate de chaux préparé avec le sulfate d'alumine et la chaux hydratée a la même composition que celui que l'on obtient avec l'aluminate tricalcique et le sulfate de chaux.

Dans les deux cas, la marche de la réaction a pu être suivie par le dosage, à différentes époques, de l'acide sulfurique non fixé et restant dissous dans le liquide où se formait le sulfo-aluminate. Le dosage de cet acide a permis de reconnaître la fin de la réaction, qui a eu lieu, dans les deux cas, lorsque l'acide sulfurique fixé et l'alumine se sont trouvés dans le rapport de trois équivalents à un équivalent.

SUR LES CHANGEMENTS DE VOLUME QUI ACCOMPAGNENT LE DURCISSEMENT DES CIMENTS,

par **M. H. Le Chatelier**, *membre du Conseil.*

C'est un fait bien connu : que le durcissement des liants hydrauliques est accompagné de changements de volume plus ou moins importants; mais les résultats obtenus jusqu'ici paraissent, à première vue, assez contradictoires, parce que l'on néglige habituellement de faire une distinction indispensable entre le volume *apparent* et le volume *absolu*. On suppose, *a priori*, qu'ils doivent varier dans le même sens; cela n'est cependant nullement nécessaire, et même, en réalité, c'est le contraire qui se passe. Les expériences qui vont être rapportées ici en fourniront la preuve.

On doit entendre par volume *apparent* d'une pâte de ciment la totalité

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du volume compris entre les surfaces limitant cette masse; il est la somme des volumes du ciment solide, de l'eau liquide et des gaz emprisonnés. Au contraire, le volume *absolu* d'une pâte est la somme des volumes de la matière solide et de l'eau qui la composent, abstraction faite des gaz qui peuvent y être enfermés. Le volume apparent est exclusivement déterminé par les positions relatives des différentes parties solides; il augmentera si celles-ci s'éloignent l'une de l'autre, quels que soient d'ailleurs les changements concomitants du volume absolu.

On sait que l'hydratation de la chaux est accompagnée d'un gonflement apparent, d'un foisonnement considérable; de petites quantités de chaux libre contenues dans un ciment, suffisent pour occasionner un gonflement notable; j'ai indiqué précédemment un procédé précis pour la mesure de ces gonflements, qui atteignent souvent plusieurs centièmes des dimensions primitives des éprouvettes.

Les ciments de bonne qualité, exempts de chaux libre, présentent encore un léger gonflement pendant leur durcissement. Il atteindrait environ 0,2 p. 100 des dimensions linéaires pour les ciments portland; cela résulte des expériences très concordantes faites par MM. Dyckerhof, Tetmayer, Blount et Considère. On peut qualitativement reconnaître d'une façon très simple ce gonflement en coulant dans un vase en verre une pâte de ciment à consistance normale, le vase finit par casser après un temps variable de un mois à six mois. J'ai vérifié qu'il en était de même pour les mortiers de chaux et pouzzolanes suffisamment denses.

On peut donc admettre, comme un fait tout à fait général, que le durcissement des liants hydrauliques est accompagné d'une augmentation du volume apparent.

On explique généralement ce gonflement apparent en supposant qu'il résulte d'une augmentation du volume absolu. La combinaison du ciment et de l'eau serait alors accompagnée d'une augmentation de volume. Un fait bien connu m'a conduit à supposer qu'il n'en était rien. On sait, qu'au moment de la première prise du ciment, l'humidité de la surface disparaît brusquement, comme si l'eau s'était évaporée; la surface se dessèche. Si la combinaison de l'eau avec le ciment est accompagnée d'une contraction, l'eau contenue dans les vides superficiels doit pénétrer vers le centre de la masse, et être suivie par l'air, qui la remplacerait sur une faible épaisseur dans les pores du ciment. Les expériences suivantes ont démontré le bien fondé de cette supposition.

Ces diminutions du volume absolu sont assez considérables pour se prêter à des mesures précises; je dirai incidemment qu'elles permettent de suivre l'allure du durcissement d'un ciment d'une façon beaucoup plus immédiate que les essais de résistance mécanique, dont les résultats sont faussés par l'altération superficielle des briquettes dans les bacs de conservation et surtout par des erreurs accidentelles d'expériences, souvent très considérables.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour faire ces mesures, j'ai employé des espèces de grands thermomètres en verre, dont le réservoir avait une capacité de 70 centimètres cubes et la tige un diamètre intérieur de 4 millimètres, soit 0,125 centimètres cubes. On introduisait rapidement dans l'appareil une bouillie claire composée de 50 grammes d'eau et un poids de liant hydraulique variant de 10 à 50 grammes. Le poids le plus fort a été employé pour les ciments portland, moitié pour les chaux hydrauliques et mortiers pouzzolaniques, qui demandaient une grande quantité d'eau pour se délayer convenablement. On introduisait cette pâte en faisant le vide dans le thermomètre, et on renouvelait le vide après son introduction, pour enlever les bulles d'air, dont la présence dans la masse pouvait être une cause d'erreur importante. Cet air, en se dissolvant à la longue dans l'eau, donnerait une contraction trop forte. On achevait alors de remplir avec de l'eau pure l'appareil jusqu'à mi-hauteur de la tige, et on fermait la partie supérieure de celle-ci à la lampe pour éviter toute évaporation ultérieure.

Il ne reste plus qu'à mesurer de temps en temps la dénivellation progressive de la colonne liquide.

Le tableau ci-dessous donne les résultats d'une série d'expériences mises en train en 1894. Les contractions sont exprimées en centimètres cubes, et rapportées à 100 grammes de matière. Une croix indique la rupture du tube amenée par le gonflement apparent.

	TEMPS						
	6 heures.	1 jour.	7 jours.	1 mois.	6 mois.	18 mois.	5 ans.
Ciment portland de Boulogne (Ancienne fabrication)	0cc,4	0,7	2	2,9	×		
Ciment Portand de Boulogne (Roches grises, nouvelle fabrication)	0,6	1,0	2,7	4,1	4,6	×	
Ciment naturel de Grenoble (Prise lente)	1,2	1,8	3,8	3,9	×		
Ciment naturel de Grenoble (Prise rapide)	1,2	1,8			2,4	3,6	×
Chaux siliceuse de Saint-Astier	0,0	0,3	1,2	1,8	2,2	2,6	3,0
Ciment de grappier siliceux du Teil	0,0	0,2	0,6	1,5	1,9	2,6	3
Ciment naturel siliceux de Ruoms (Essais de fabrication abandonnée)	0,2	0,9	2,8	3,6	4,5	4,5	4,7
Plâtre aluné de Lagny						3,6	
Chaux de l'azotate						6,2	
Dolomie surcuite						7	
1 partie silice calcinée + 1 partie chaux éteinte		0,3	2,5	3,1	3,9	×	
1 partie kaolin déshydraté + 1 partie chaux éteinte			0,5	2,9	3,8		
1 partie argile déshydratée + 2 parties chaux grasse			0,3	0,7	1,1		

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On voit donc que, pour la plupart des liants hydrauliques, la contraction finale après l'achèvement du durcissement est comprise entre 4 et 5 centimètres cubes par 100 grammes de liant.

Ces expériences montrent encore que le temps après lequel le durcissement des différents liants a achevé son évolution est très variable. Tandis que le ciment naturel *lent* de Grenoble paraît, au bout de sept jours, avoir achevé son hydratation ; le ciment rapide ne l'aurait pas encore achevée au bout de dix-huit mois.

Les contractions observées avec le plâtre, la chaux, la magnésie pourront sembler absolument contradictoires avec les idées généralement admises. Il est facile de prouver, par une méthode entièrement distincte, que les contractions observées sont plus faibles qu'elles n'auraient dû l'être en réalité si la totalité de la matière s'était bien hydratée. Il suffit de comparer les densités des mêmes corps anhydres et hydratés.

Magnésie.	Anhydre.	Hydraté.
Densité	3,65	2,32
Poids moléculaire	40gr	58gr

Équation de la réaction $MgO + H^2O = MgO, H^2O$

Équation du volume $10{,}96 + 18 - 24{,}7 = 4^{cc},26$

La contraction est donc de $4^{cc},26$ pour 40 grammes de magnésie, c'est-à-dire de $10^{cc},6$ pour 100 grammes, au lieu de $6^{cc},7$ observés; l'hydratation avait commencé pendant le remplissage.

Sulfate de chaux.	Anhydre.	Hydraté.
Densité	2,95	2,33
Poids moléculaire.	136gr	172gr
Volume moléculaire.	46cc	73cc,4

Équation de la réaction $CaO.SO^3 + 2H^2O = CaO.SO^3.2H^2O$

Équation du volume $46 + 36 - 73{,}4 = 8^{cc},6$

ce qui donne, pour 100 grammes de sulfate de chaux, une contraction de $6^{cc},2$; soit près du double de celle qui a été observée; une partie importante du plâtre aluné échappe en effet à l'hydratation quand il a été trop fortement calciné.

Il résulte donc, de ces recherches, que l'hydratation de tous les liants hydrauliques est accompagnée à la fois d'une augmentation du volume *apparent* et d'une diminution du volume *absolu*. L'augmentation du volume apparent ne peut, dans l'état actuel, recevoir aucune explication, c'est-à-dire être rattachée à un phénomène plus simple et d'ordre plus général.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS MÉCANIQUES

MACHINES A VAPEUR

ÉTUDE DU FONCTIONNEMENT DES MOTEURS A PLUSIEURS CYLINDRES,

par **M. E. Lefer.**

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR LES MOTEURS A PLUSIEURS CYLINDRES

Les moteurs à vapeur (1) sont actuellement divisés en deux grandes classes :

1° Les moteurs à un seul cylindre, dans lesquels la vapeur accomplit dans un cylindre unique toutes les phases de travail à pleine pression et à détente, pour s'échapper ensuite au condenseur, ou directement dans l'atmosphère (nous avons étudié ces moteurs dans un précédent travail);

2° Les moteurs à plusieurs cylindres, c'est-à-dire à deux, trois ou quatre cylindres et quelquefois plus, de dimensions croissantes, et dans lesquels la vapeur introduite d'abord dans celui ayant les plus petites dimensions, passe successivement en se détendant partiellement dans chacun d'eux.

Dans ce dernier genre de moteurs, la détente totale, quoique poussée quelquefois très loin, est généralement faible dans chacun des cylindres considérés isolément, et malgré le nombre plus ou moins grand de ces cylindres, tout se passe, en somme, au point de vue final, comme si la vapeur avait été introduite directement dans le grand cylindre, dont les dimensions seules déterminent la force du moteur. Les autres cylindres n'interviennent, au point de vue mécanique, que pour diviser cette force, qu'il peut être utile de répartir sur plusieurs manivelles formant entre elles des angles déterminés, au lieu de la laisser s'exercer sur une seule et unique manivelle, comme cela a lieu pour les moteurs à un seul cylindre.

Quoique ce système de détente fractionnée entre plusieurs cylindres ait été employé dès que les moteurs à vapeur furent devenus assez pratiques pour

(1) Voir nos études publiées précédemment dans le *Bulletin de la Société* sur le fonctionnement des moteurs à vapeur à un cylindre et sur le rôle des enveloppes de vapeur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pouvoir actionner des usines, le but qu'on se proposait d'atteindre en en faisant usage n'apparaît pas très clairement.

Ce système de détente fut surtout applicable aux machines dites à balancier, dont la disposition mécanique des organes se prêtait assez simplement à cette application. Le principal avantage qu'on invoquait pour justifier l'emploi de ce genre de détente, était celui d'une plus grande régularité que lorsque la détente s'effectuait dans un seul cylindre, par ce fait que les pressions extrêmes de la vapeur étaient moins différentes lorsqu'on fractionnait la détente entre deux cylindres, que lorsque cette détente s'accomplissait tout entière dans un seul cylindre.

Mais de l'étude de ces machines et de celles qui suivirent, il semble résulter que ce qu'on se proposait surtout d'obtenir en faisant usage de la détente fractionnée entre plusieurs cylindres, était une détente totale assez étendue, tout en n'employant que des appareils de distribution rudimentaires et d'une simplicité qu'on se faisait alors un scrupule de ne pas changer, malgré les défauts que ces distributions présentaient.

Les moteurs à vapeur à plusieurs cylindres se subdivisent eux-mêmes en deux catégories bien distinctes : La première comprend tous les moteurs, généralement à deux cylindres, dans lesquels la vapeur passe directement du petit au grand, ou mieux du premier au deuxième cylindre. Ce passage de vapeur d'un cylindre à l'autre se fait pour ainsi dire par transvasement, et généralement ce genre de moteurs désignés sous le nom de système Woolf, est caractérisé par ce fait que les pistons ont des points morts communs, soit qu'ils se meuvent ensemble et dans le même sens, soit qu'ils se meuvent dans un sens opposé l'un à l'autre.

Quelquefois ces moteurs ont une distribution unique pour les deux cylindres, mais le plus souvent chaque cylindre a sa distribution propre.

Le nom de Woolf sous lequel on les spécifie, est celui du premier ingénieur qui, pratiquement, fit usage de ce genre de détente (1).

L'autre, comprend les moteurs à vapeur à deux, trois, quatre cylindres et au-dessus, dans lesquels chaque cylindre a sa distribution propre, et où ces cylindres sont séparés par des capacités intermédiaires de grand volume formant chambres de vapeur, et jouant le rôle de condenseur pour la vapeur sortant du cylindre qui précède l'une d'elles, et de chaudière pour le cylindre qui la suit.

Bien que ces machines soient d'une application plus récente que celles dites de Woolf, on ne les désigne pas par le nom de celui qui en fit usage le premier, et on les spécifie sous la désignation de machines *Compound*, terme anglais qui,

(1) D'après Thurston (*Histoire de la machine à vapeur*), c'est Hornblover qui aurait, le premier, fait usage de ce mode de détente. Woolf aurait repris cette idée beaucoup plus tard.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en passant dans notre langue, a pris une signification qu'il n'a pas dans son pays d'origine.

Un des principaux avantages de ces dernières machines, et dont Dupuy de Lôme sut un des premiers, sinon le premier, tirer un très grand parti, est que chacun des pistons peut actionner une manivelle propre, et que si les manivelles sont convenablement disposées, il est possible d'obtenir un mouvement de rotation de l'arbre moteur suffisamment uniforme avec des masses tournantes légères, tout en faisant usage d'une détente relativement étendue, et ce, avec des appareils de distribution pour ainsi dire primitifs.

Depuis l'époque peu éloignée où Dupuy de Lôme appliqua ce genre de machines à la marine, on réussit à augmenter les pressions de marche des chaudières, ce qui eut pour résultat de rendre les applications des machines Compound plus nombreuses, en raison de ce que, bien que la pression initiale de marche devînt de plus en plus élevée, la pression réelle supportée isolément par les pistons et organes de distribution à travers lesquels la vapeur passait successivement pour fournir tout le travail dont elle était susceptible, restait modérée.

L'étude des machines à vapeur entreprise par Hirn, Hallauer, Dwelshauwers-Dery, Walther-Meunier, et quelques autres expérimentateurs, ne tarda pas à mettre en relief les qualités économiques des machines dites Compound.

Nous avons vu en étudiant les moteurs à un cylindre, et en nous basant sur les travaux des savants dont nous venons de rappeler les noms ci-dessus, quelle était sur leur consommation l'importance économique des condensations internes se produisant au contact de la vapeur avec les parois. C'est Combes, croyons-nous, qui, le premier, a signalé l'action des parois, et c'est à Hirn qu'on doit de l'avoir démontré et établi leur influence sur le fonctionnement des moteurs.

Malgré ces travaux, on n'a pas encore de données bien précises sur les machines à vapeur dites Compound. Certains ingénieurs préconisèrent des détentes successives quadruples ou quintuples, en se basant sur ce que plus on réduit les différences extrêmes des pressions de la vapeur, et, par suite, les chutes de température dans chaque cylindre, plus on réduit les condensations internes, et plus on réduit la consommation de vapeur. L'expérience n'a pas toujours sanctionné ce raisonnement, et actuellement on se contente, en général, de ne pas fractionner la détente totale plus de trois fois.

Les rapports volumétriques des cylindres entre eux varient aussi avec les constructeurs de machines, et il y a quelques années encore, on trouvait, en comparant des machines entre elles, des rapports de cylindres très différents les uns des autres et dont il était difficile de saisir la raison déterminante.

On s'est probablement aperçu avec l'expérience que les consommations des moteurs à vapeur dits Compound étaient meilleures lorsque les cylindres avaient entre eux certains rapports volumétriques que lorsqu'ils en avaient d'autres,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

car on peut reconnaître que maintenant ces rapports tendent à s'unifier et restent le plus souvent compris, pour le deuxième cylindre, entre 2,5 et 3 fois le volume du premier.

Nous avons établi, dans un précédent travail (1), que le rapport théorique des volumes des cylindres entre eux devait être égal à 2,718. Nous verrons dans le cours de celui-ci, si en procédant par une autre méthode, ce rapport est justifié, mais nous ferons remarquer, dès maintenant, qu'il est compris entre les rapports 2,5 et 3 adoptés le plus souvent dans la pratique des machines Compound.

Nous nous proposons d'examiner ici les divers modes de fonctionnement et de travail de la vapeur dont il est fait usage actuellement en pratique, et de rechercher quel est celui qui correspond au minimum de consommation, en nous appuyant sur les mêmes données que celles que nous avons admises pour l'étude des moteurs à vapeur à un cylindre. . . .

Nous admettrons donc, dans tout ce qui va suivre, que nous disposons d'un moteur dont le grand cylindre a un volume égal à 1 mètre cube, qu'il donne un coup de piston par seconde, que la surface additionnelle des espaces de construction est égale au 1/10^{e} de la surface totale du piston et du couvercle, et que la condensation produite au contact de ces surfaces, lors de l'introduction de la vapeur, correspond à 0^{k},00091 par mètre carré et par degré de différence de température interne.

Nous admettrons aussi que l'influence des espaces de construction est nulle, c'est-à-dire que les diagrammes, et par suite, les forces développées par le moteur, ne sont pas affectés par leur présence, et aussi qu'il y a une compression à fin de course du piston suffisante pour les remplir.

Enfin, pour que nous puissions comparer les moteurs à plusieurs cylindres avec ceux à un cylindre que nous avons déjà étudiés, et pour nous rendre compte si les avantages économiques qu'on se plaît à leur reconnaître sont justifiés, nous admettrons, comme nous l'avons fait pour les moteurs à un cylindre, que la détente s'accomplit en suivant la loi de Mariotte, bien que dans les moteurs à plusieurs cylindres il soit souvent loin d'en être ainsi.

En faisant varier les rapports des cylindres entre eux, ainsi que les admissions au premier cylindre, l'admission au deuxième cylindre étant supposée fixe et déterminée par le volume du premier cylindre pour chaque moteur considéré, nous devrons pouvoir déterminer approximativement la marche la plus économique pour chacun de ces moteurs en particulier, puis quel sera celui d'entre eux qui donnera la consommation minima.

(1) *Bulletin de la Société des ingénieurs civils*, janvier 1888. Le rapport 2,718 s'applique dans le cas où la détente de la vapeur se fait suivant la loi de Mariotte. Pour une détente adiabatique, ce rapport serait égal à 2,31, et à 2,903 pour la détente de la vapeur saturée sèche.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ESSAI DE DÉTERMINATION DE LA CONSOMMATION DES MOTEURS A PLUSIEURS CYLINDRES

Admettant que le moteur que nous allons étudier remplira les conditions suivantes :

Volume du grand cylindre	1 mètre cube.
Rapport des 2 cylindres. $\frac{\text{petit}}{\text{grand}}$	$\frac{1}{8}$
Diamètre grand piston	0,860
Surface —	0,580
Diamètre du petit piston	0,304
Surface —	0,0725
Course commune des pistons	1m,720
Pression à l'introduction au premier cylindre	6 atmosphères.
Rapport de l'introduction à la détente totale dans le deuxième cylindre	$\frac{1}{8}$

Le travail total théorique fourni par les deux pistons est égal à la somme du travail fourni par le premier piston plus celui fourni par le deuxième piston et on a :

$$Tm' = PV - \frac{PV \operatorname{Log} Z}{Z} = \text{travail développé dans le premier cylindre (fig. 1).}$$

$$Tm'' = \frac{PV \operatorname{Log} Z}{Z} + PX \operatorname{Log} Z - P'V' = \text{travail développé dans le deuxième cylindre.}$$

$$Tm = Tm' + Tm'',$$

on a donc

$$Tm = PV - \frac{PV \operatorname{Log} Z}{Z} + \frac{PV \operatorname{Log} Z}{Z} + PV \log Z - P'V'$$

d'où

$$Tm = PV + PV \log Z - P'V'. \qquad (1)$$

ce qui démontre que, quel que soit le nombre des cylindres d'un moteur à vapeur, le travail total qu'il peut fournir ne dépend que des dimensions du plus grand cylindre seul, et que ce travail est égal à celui qui serait fourni par un moteur à un seul cylindre ayant même dimension que le dernier cylindre du moteur à plusieurs cylindres.

Le travail ainsi défini est le travail théorique que doit fournir la vapeur introduite dans les cylindres d'un moteur. En pratique, ce travail est modifié par

(1) Dans ces formules, $Z_2 = \frac{Z_1}{Z_0}$, Z_1 représentant la course totale du piston, Z_0 le point de la course du piston où l'introducteur cesse et où la détente commence.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'action thermique des parois et subit de ce chef un déchet qui parfois peut être important.

Ce déchet varie avec le rapport des cylindres, les conditions de l'admission,

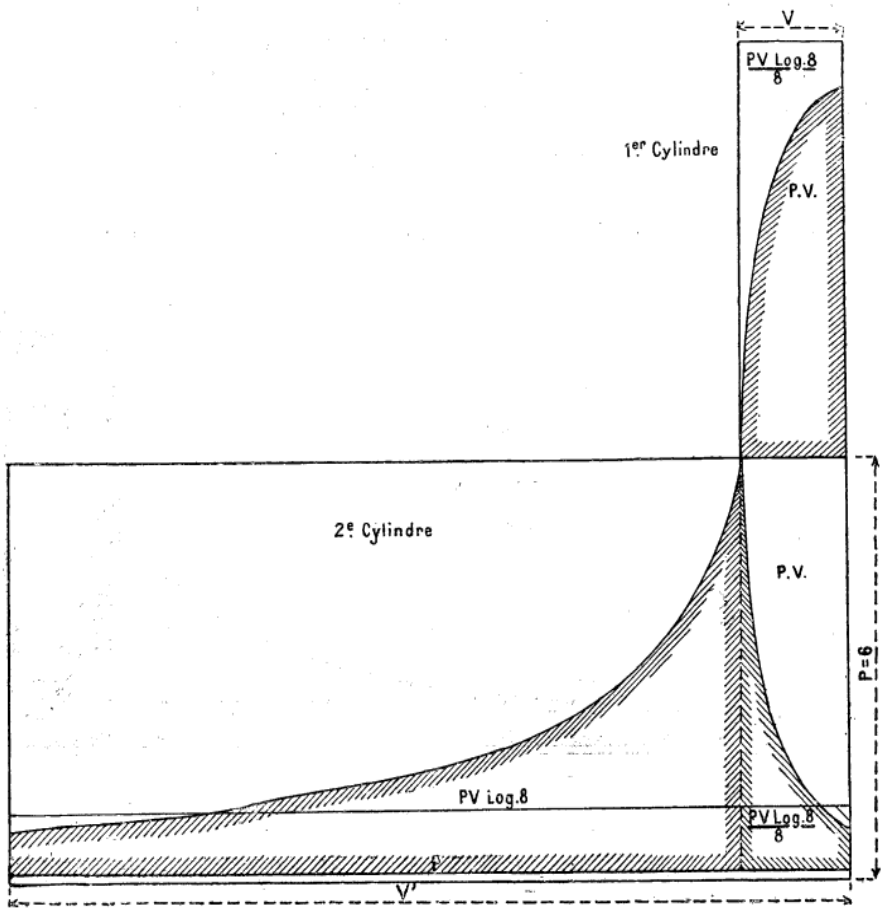


Fig. 1.

la pression initiale et la détente. Il est d'autant plus important que les surfaces de parois ont plus d'étendue. Il varie aussi suivant le système du moteur dans les cylindres duquel la vapeur évolue.

Moteurs de Woolf. — Dans un semblable moteur ayant les dimensions et remplissant les conditions que nous avons indiquées plus haut, le poids de vapeur introduit à chaque coup de piston serait :

$$3^k,263.\ 0,125 = 0,4078.$$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'admission aurait lieu dans le premier cylindre pendant toute la course de son piston, et la vapeur introduite aurait une température de 159°,22. Cette vapeur, en quittant le premier cylindre pour passer dans le deuxième, entrera en contact avec les parois de celui-ci qui, dans la course précédente, se trouvait en communication avec le condenseur, et dont lesdites parois étaient soumises à une température théorique de 46°,21. Il devra donc se condenser par coup de piston et au passage du premier au deuxième cylindre un poids de vapeur égal à

$$0{,}00091.\ 1{,}276\ (159{,}22 - 46{,}21) = 0^{k},1312$$

et le poids de vapeur réellement présent dans le deuxième cylindre ne sera plus que $0^{kg},4078 - 0^{kg},1312 = 0^{kg},2766$ (1); c'est-à-dire les $0^{kg},677$ du poids de vapeur

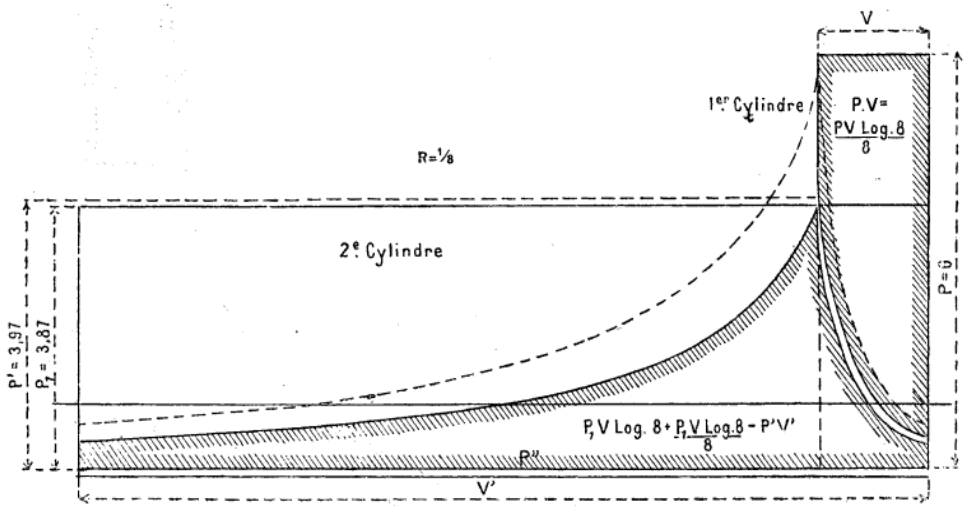


Fig. 2.

introduite dans le premier cylindre, et la pression sera tombée de 6 atmosphères à 3,970 atmosphères (fig. 2).

Le travail total développé par coup de piston ne sera plus alors que :

$$Tm' = PV - \frac{P_1V_1 \operatorname{Log} Z}{Z} \text{ dans le premier cylindre,}$$

$$Tm'' = \frac{P_1V_1 \operatorname{Log} Z}{Z} + P_1V_1 \log Z - P'V' \text{ dans le deuxième cylindre,}$$

ou

$$(a) \qquad Tm = PV + P_1V_1 \log Z - P'V' \text{ pour le travail total fourni par le moteur.}$$

(1) Le coefficient 0,00091 que nous appliquons ici est celui que nous avons appliqué déjà pour déterminer la consommation approximative des moteurs à un cylindre. C'est le poids de vapeur qui est condensé au contact des parois par mètre carré de surface et par degré centigrade de différence de température.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il se sera produit une chute de pression de P à P_1, qui aura donné lieu à une perte de travail égale à

$$PV \operatorname{Log} Z = P_1V_1 \operatorname{Log} Z + \frac{PV \operatorname{Log} Z}{Z} - \frac{P_1V_1 \operatorname{Log} Z}{Z},$$

remplaçant les lettres par leurs valeurs dans (a), on a :

$$Tm = 6.\,10334.\,0{,}125 + 3{,}97.\,10334.\,0{,}125.\,2{,}08 - 0{,}1.\,10334 = 17373 \text{ kilogrammèt.}$$

d'où

$$\frac{17373}{75} = 231^{chx},6.$$

Le poids de vapeur introduite dans le premier cylindre étant de $0^{kg},4078$ par coup de piston la vapeur consommée par heure sera de $0^{kg},4078 \times 3600 = 1470^{kg},08$.

La consommation de vapeur par cheval indiqué et par heure deviendra donc :

$$M = \frac{1470^{k},08}{231,6} = 6^{k},347.$$

La vapeur, lors de son introduction dans le premier cylindre, est entrée en contact avec des parois ayant été soumises à une température correspondant à la pression de la vapeur à la fin de la détente du coup de piston précédent dans le deuxième cylindre. Cette pression est égale à $\frac{3,97}{8} = 0^{at},49625$ et la température correspondante est de 81°. Il se condensera donc par heure, au contact desdites parois, un poids de vapeur de :

$$M' = \frac{s.\ t\text{-}t'.\ k.\ 3600}{Tm}$$

et en remplaçant les lettres par leurs valeurs on a :

$$M' = \frac{0{,}1595.\,78.\,0{,}00091.\,3600}{231,6} = 0^{k},175$$

et la consommation totale deviendra

$$Mt = 6^{k},347 + 0^{k},175 = 6^{k},522$$

par cheval indiqué et par heure.

Moteurs Compound. — Ce que nous venons de dire ci-dessus s'applique aussi aux moteurs désignés sous le nom de Compound, et à dimensions égales des cylindres, un moteur de ce dernier genre développera la même force que le précédent, des pressions pour des admissions et des détentes égales.

La seule différence qui se manifestera dans la marche d'un moteur semblable

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

comparé à celui dit de Woolf, c'est que, par suite d'une capacité intermédiaire, dite chambre de vapeur placée entre les deux cylindres, la contre-pression derrière le premier piston pourra être regardée comme *à peu près constante*, et que les écarts de température dans le premier cylindre seront moindres pour ce moteur que pour celui dit de Woolf. Il s'ensuivra donc que la consommation additionnelle due à la condensation intense de la vapeur, lors de son admission dans le

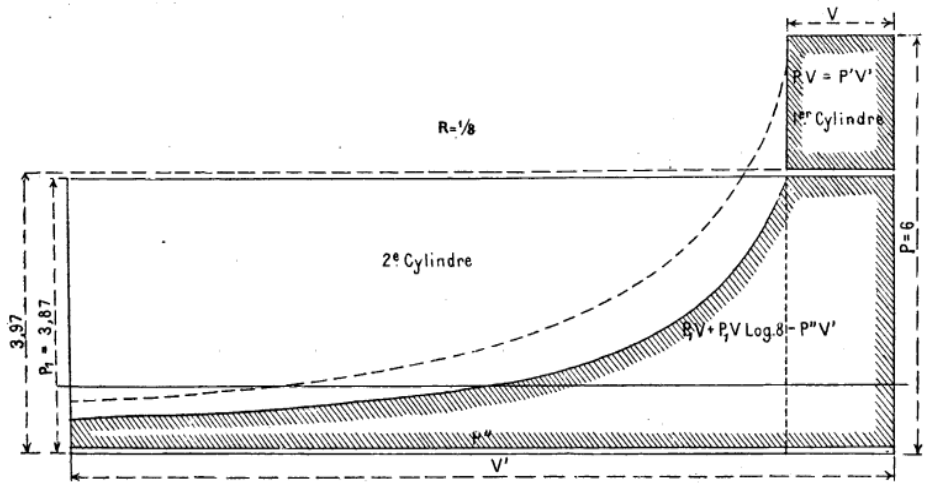


Fig. 3.

premier cylindre, sera réduite dans une certaine mesure, et que la consommation totale et finale par cheval indiqué et par heure sera plus faible (fig. 3).

La différence des températures de la vapeur à l'admission et à l'échappement dans le premier cylindre ne sera plus que 159°,2 — 143°,7 = 15°,5 au lieu de 78° qu'il y avait pour le moteur dit de Woolf, et la consommation additionnelle devient par heure :

$$M' = \frac{0{,}1595.\,15°{,}5.\,0{,}00091.\,3\,600}{231{,}6} = 0^{k},035.$$

La consommation totale par cheval indiqué et par heure serait donc pour le moteur Compound :

$$Mt = 6^{k},347 + 0{,}035 = 6^{k},382.$$

Nous n'avons pas tenu compte, dans l'examen comparatif que nous venons de faire entre le moteur dit de Woolf et celui dit Compound, d'une cause de perte inhérente à ces genres de machines et qui est la suivante.

La vapeur ne peut passer du premier cylindre dans le deuxième que sous l'influence d'une différence de pression entre ces cylindres, nécessaire pour déterminer son écoulement de l'un vers l'autre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

De ce fait, la contre-pression sous le premier piston est toujours plus élevée que la pression sur le deuxième. On peut admettre que pour des moteurs bien étudiés cette différence de pression entre les cylindres n'est pas supérieure à

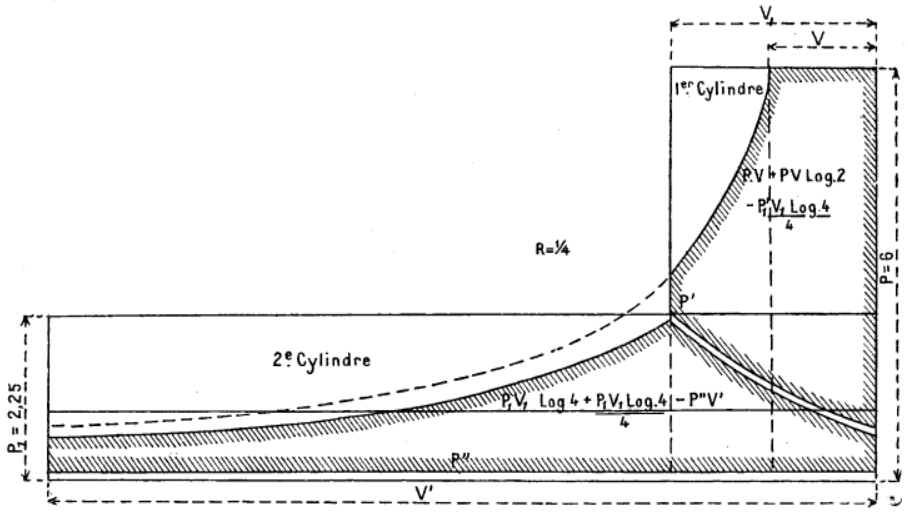


Fig. 4.

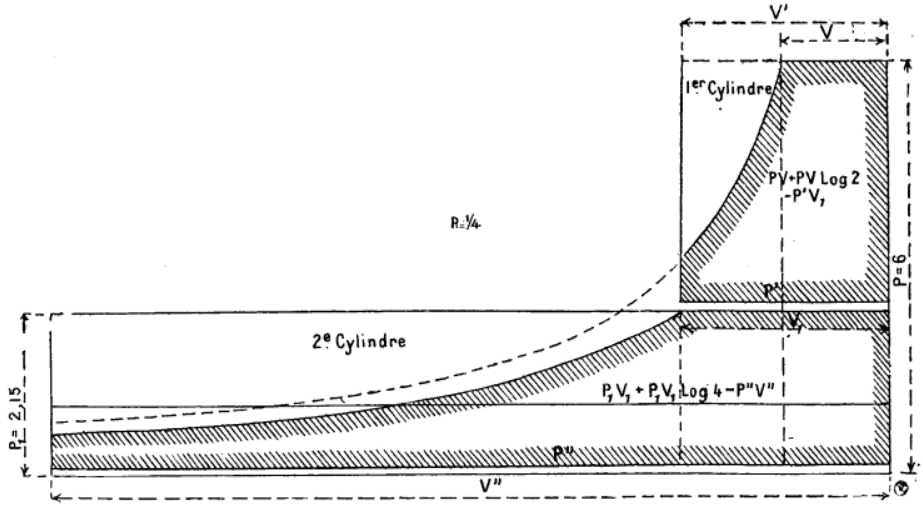


Fig. 5.

0at,1 bien que cela soit rarement atteint, et il en résulte une perte de force pour chacun des moteurs considérés qui ne pourront plus fournir alors que :

Moteur dit de Woolf.	Moteur dit Compound.
216chx,7 (fig. 4)	226chx,7 (fig. 5)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et la consommation de vapeur par cheval indiqué et par heure deviendra :

$6^k,967$ et $6^k,523$

au lieu de

$6^k,522$ et $6^k,382$

qu'elle était précédemment.

On voit donc ici que, par suite même du mode d'emploi de la vapeur dans chacun de ces moteurs, celui dit Compound a l'avantage de la force fournie, toutes choses étant égales, sur celui dit de Woolf (1).

Dans les deux moteurs que nous venons d'étudier, nous avons supposé que la vapeur était admise dans le premier cylindre pendant toute la durée de la course de son piston, et que, par conséquent, aucune détente ne se produisait dans ce premier cylindre.

Nous allons examiner maintenant, en conservant toutes les données ci-dessus mais en faisant varier le rapport volumétrique des cylindres, quelle influence peut avoir sur ces moteurs l'emploi de la détente dans le premier cylindre.

Nous admettrons pour cette étude que le rapport volumétrique des cylindres est de $\frac{\text{petit}}{\text{grand}} = \frac{1}{4}$ et que l'introduction de la vapeur dans le premier cylindre a lieu pendant la moitié de la course du piston.

Moteur de Woolf. — La vapeur étant introduite dans le premier cylindre pendant la moitié de la course du piston à la pression de 6 atmosphères, la pression à la fin de la course de ce piston sera devenue $\frac{6}{2} = 3$ atmosphères dont la température correspondante est 133°,9. A ce point la vapeur s'échappera du premier cylindre pour pénétrer dans le deuxième, où elle se condensera partiellement au contact des parois qui, pendant l'échappement du deuxième cylindre au condenseur aurait pris une température théorique de 46°,2 (fig. 4).

Le poids de vapeur vive qui disparaîtra par condensation pour réchauffer, c'est-à-dire relever la température des parois du deuxième cylindre, sera par coup de piston :

$$(133°,9 - 46°,2).\ 1,276.\ 0,00091 = 0^k,1018.$$

Le poids de vapeur introduite dans le premier cylindre pendant la moitié de la course de son piston étant comme précédemment de $0^k,4078$ par coup de

(1) La perte de force est plus élevée pour le moteur Woolf que pour celui Compound, parce que la perte de pression existe pendant l'introduction dans la deuxième cylindre, laquelle a lieu pendant toute la course du grand piston dans le moteur Woolf et seulement pendant une partie de la course dans le moteur Compound.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

piston, le rapport du poids de vapeur condensée pendant l'introduction au grand cylindre est égal à

$$\frac{0,1018}{0,4078} = 0,2496, \text{ soit } 25 \text{ p. } 100$$

et le poids de vapeur qui devra se détendre dans le deuxième cylindre ne sera plus que

$$0,4078 - 0,1018 = 0^{k},306 \text{ ou } 75 \text{ p. } 100$$

du poids de vapeur admise dans le premier cylindre.

Par suite de cette condensation interne, la pression de la vapeur qui, comme nous l'avons vu, était égale à trois atmosphères à l'échappement du premier cylindre, tombera à $3.\ 0,75 = 2^{at},25$ correspondant à une température d'environ 124° pendant l'introduction dans le deuxième cylindre.

Dans ces conditions la force que pourra fournir le moteur sera

$$Tm = \frac{6.\,10334.\,0,125 + 6.\,10334.\,0,125.\,\text{Log. } 2 + 2,25.\,10324.\,0,25.\,\text{Log. } 4 - 0,1.\,10334.\,2}{75}$$
$$= 254^{chx},5.$$

Le poids de vapeur théorique consommée par cheval indiqué et par heure sera

$$M = \frac{1\,470,08}{254,5} = 5^{k},776.$$

La pression de la vapeur à la fin de la détente totale dans le deuxième cylindre sera, en admettant qu'il ne se soit produit ni condensation ni vaporisation au cours de cette détente, $\frac{2,25}{4} = 0^{at},56$ correspondant à une température de 84° environ. La différence des températures extrêmes dans le premier cylindre sera donc égale à 159° — 84° = 75°,22 donnant lieu pendant l'introduction de la vapeur dans ce premier cylindre à une condensation par heure de :

$$75°,22.\ 0,319.\ 0,00091.\ 3\,600 = 78^{k},480,$$

d'où

$$M' = \frac{78^{k},480}{254,5} = 0^{k},308$$

et la consommation totale par cheval indiqué et par heure sera :

$$M + M' = Mi = 5^{k},776 + 0^{k},308 = 6^{k},084.$$

Moteur Compound. — Dans le moteur dit Compound (fig. 5), ayant mêmes dimensions et même rapport de cylindre que le moteur précédent, et dont le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fonctionnement repose sur les mêmes données, la condensation de la vapeur au moment où, s'échappant du premier cylindre, elle pénétrera dans le deuxième, sera de même importance que pour le moteur dit de Woolf.

Le poids théorique de vapeur introduite dans le premier cylindre sera comme pour le précédent de 1 470^{k},08 par heure; mais par suite de la présence d'une capacité intermédiaire dite chambre de vapeur, entre les deux cylindres, et des faibles variations de pression de la vapeur, et par suite de sa température pendant son passage dans cette capacité intermédiaire, la différence des températures extrêmes dans le premier cylindre, c'est-à-dire la différence entre la température de la vapeur à son entrée dans ce cylindre avec celle qu'elle possédera à sa sortie, ne sera plus que de 159°,22 — 124° = 35°,22, au lieu de 75°,22 qu'elle était dans le premier cylindre du moteur dit de Woolf, d'où un bénéfice de 40° en faveur du moteur dit Compound.

La condensation de vapeur nécessaire au réchauffage des parois du premier cylindre du moteur Compound sera :

$$M' = 35,22.\ 0,319.\ 0,00091.\ 3\,600 = 36^{k},720.$$

La force que pourra fournir le moteur Compound fonctionnant dans les conditions que nous venons d'indiquer sera :

1er cylindre :

$$Tm' = \frac{6.\ 10\,334.\ 0,125 + 6.\ 10334.\ 0,125.\text{Log.}\ 2 - 2,25.\ 10\,334.\ 0,250}{75} = 97^{chx},14.$$

2^{e} cylindre :

$$Tm'' = \frac{2,15.\ 10\,334.\ 0,250 + 2,15.\ 10\,334.\ 0,250.\ \text{Log.}\ 4 - 0,1.\ 10\,334}{75} = 162^{chx},93.$$

$$Tm' + Tm'' = Tm,$$

d'où

$$97,14 + 162,93 = 260 \text{ chevaux indiqués.}$$

La consommation théorique de vapeur par cheval indiqué et par heure sera :

$$M = \frac{1\,470^{k},08}{260} = 5^{k},654.$$

Celle due à la condensation pendant l'admission au premier cylindre sera :

$$M' = \frac{36^{k},720}{260}\ 0^{k},141$$

et on aura pour la consommation totale $M + M' = Mt$:

$$Mt = 5^{k},654 + 0,141 = 5^{k},795.$$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ainsi, par suite de la réduction des condensations au moment de l'admission de la vapeur dans le premier cylindre, réduction due uniquement au mode de fonctionnement de la vapeur, ce moteur dit Compound est plus économique que le moteur dit de Woolf.

On pourrait donc penser qu'il y a intérêt à réduire encore la condensation à l'admission dans le premier cylindre, en maintenant par exemple la contre-pression plus élevée derrière le piston de ce cylindre, ce qui pourrait être obtenu en diminuant l'introduction dans le deuxième cylindre.

Nous allons examiner ce cas.

Pour que la contre-pression derrière le piston du premier cylindre soit égale

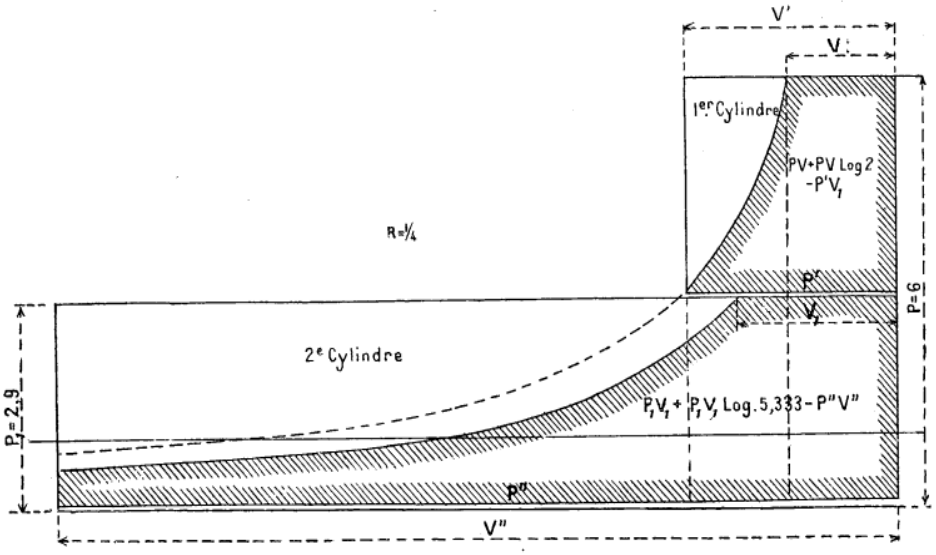


Fig. 6.

à la pression de la vapeur à la fin de sa détente dans le cylindre, il faudra réduire l'introduction dans le deuxième cylindre à :

$$0{,}25 \times 0{,}75 = 0{,}1875, \text{ soit } 18{,}75 \text{ p. } 100$$

de la course du piston ou

$$\frac{1}{5{,}333} \quad \text{(fig. 6).}$$

Le travail moteur qui pourra alors être fourni sera :

1er cylindre :

$$Tm' = \frac{6.\ 10334.\ 0{,}125 + 6.\ 10334.\ 0{,}125.\ \text{Log. } 2 - 3.\ 10334.\ 0{,}250}{75} = 71^{\text{chx}},34$$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2e cylindre :

$$Tm'' = \frac{2{,}9.\ 10\,334.\ 0{,}1875 + 2{,}9.\ 10\,334.\ 0{,}1875.\ \text{Log.}\ 5{,}333 - 0{,}1.\ 10\,334}{75} = 186^{\text{chx}},26$$

d'où

$$Tm = 71{,}34 + 186{,}26 = 257^{\text{chx}},6.$$

La consommation théorique de vapeur par cheval indiqué et par heure sera :

$$M = \frac{1\,470^{k},08}{257{,}6} = 5^{k},711.$$

La différence de température de la vapeur à son entrée et à sa sortie du premier cylindre sera moins grande que dans le cas précédent, et ne sera plus que :

$$159°\,22 - 133°\,9 = 25°\,32$$

au lieu de 35°,22 que nous avions trouvé ci-dessus.

On aura donc :

$$M' = \frac{25°\,32.\ 0{,}319.\ 0{,}00091.\ 3\,600}{257{,}6} = 0^{k},1026$$

et la consommation totale par cheval indiqué et par heure sera :

$$Mt = 5^{k},711 + 0{,}1026 = 5^{k},813.$$

Contrairement à ce qu'on pouvait penser, la consommation a augmenté légèrement. Ce résultat est dû uniquement à ce que, par suite de la réduction de l'introduction dans le deuxième cylindre et de l'augmentation de détente qui en a été la conséquence, le travail gagné dans ce cylindre n'a pas été égal au travail perdu dans le premier cylindre du fait de l'augmentation de la contre-pression sur son piston, de sorte qu'en somme le moteur perd avec ce fonctionnement $260 - 257{,}6 = 2^{ch},4$, alors que la consommation théorique de vapeur, c'est-à-dire la consommation volumétrique déterminée par la valeur de l'admission que nous avons supposée la même pour tous les cas examinés, reste constante, et par conséquent augmente relativement si le nombre de chevaux fournis par le moteur diminue.

Moteur Compound à triple expansion. — Les avantages économiques qu'on a trouvés en employant le système Compound ont fait supposer qu'il pouvait y avoir intérêt à multiplier le nombre des cylindres de détente, parce qu'ainsi on réduirait les chutes de température qui se produisent dans les cylindres et les condensations qui en sont la conséquence.

Les faits n'ont pas toujours justifié ces prévisions, et quelquefois, non seulement les consommations n'ont pas diminué, mais elles ont augmenté.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Afin de pouvoir comparer les moteurs entre eux, nous garderons pour le moteur à triple expansion les mêmes données que pour celui dit Compound.

La pression de la vapeur admise dans le premier cylindre sera donc de 6 atmosphères et la contre-pression sur le piston du dernier cylindre de $0^{at},1$; le grand cylindre aura un volume de 1 mètre cube et le moteur donnera un coup de piston par 1″; le rapport des cylindres entre eux sera égal à 2 et par conséquent à quatre entre le premier et le dernier; le rapport de détente sera égal à 8 et l'introduction dans le premier cylindre se fera pendant la moitié de

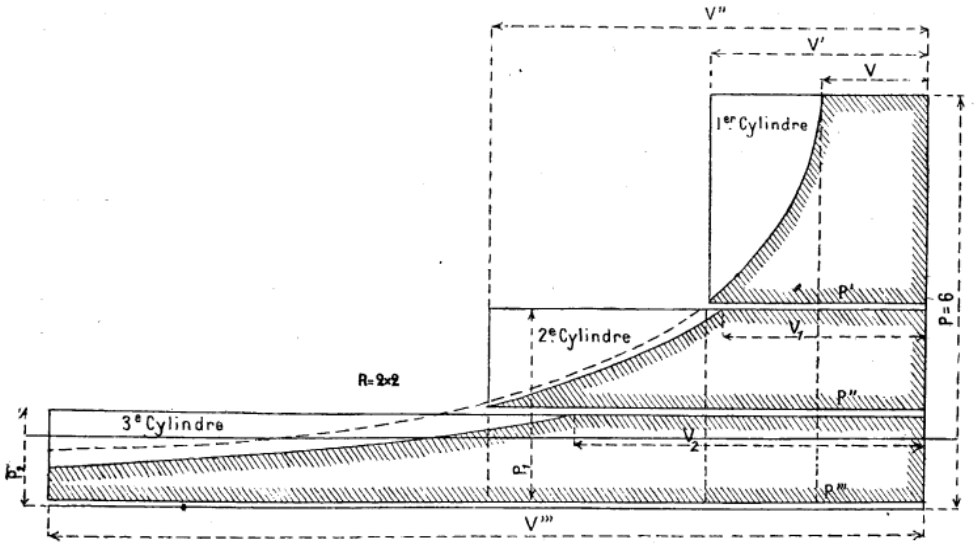


Fig. 7.

la course du piston; la perte de pression due à l'écoulement de la vapeur pour passer d'un cylindre à l'autre sera égale à $0^{at},1$.

Le travail moteur fourni par une semblable machine sera (fig. 7) :

1er cylindre :

$$Tm' = PV + PV \text{ Log.} \frac{Z}{Z'} - P'V';$$

2e cylindre :

$$Tm'' = P_1V_1 + P_1V_1 \text{ Log.} \frac{Z'}{Z''} - P''V'';$$

3e cylindre :

$$Tm''' P_2V_2 + P_2V_2 \text{ Log.} \frac{Z''}{Z'''} - P'''V'''.$$

La vapeur étant admise dans le premier cylindre à la pression de 6 atmo-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sphères, et seulement pendant la moitié de la course du piston, sa pression à la fin de la détente sera égale à $\frac{6}{2} = 3$ atmosphères. A cette pression elle pénétrera dans le deuxième cylindre, et au contact des parois il s'en condensera une partie pour élever leur température qui se sera abaissée pendant l'échappement du coup de piston précédent. Le poids de vapeur présent dans le deuxième cylindre aura donc diminué, et sera inférieur au poids de vapeur sorti du premier cylindre, et le travail qu'il fournira sera de ce fait inférieur à celui qu'il devait fournir dans ce deuxième cylindre. Enfin, après s'être détendue encore dans le deuxième cylindre, la vapeur en sortira et pénétrera dans le troisième cylindre, où, par suite des mêmes phénomènes, il s'en condensera encore une notable partie, ce qui diminuera encore le travail qui devrait être produit dans ce cylindre.

Dans le deuxième cylindre, la pression de la vapeur devrait théoriquement, à la fin de la détente, être égale à $1^{at},50$, mais par suite de la disparition d'un certain poids de vapeur due à la condensation au moment de l'introduction, cette pression n'est plus égale qu'à $1^{at},300$ environ.

Les surfaces internes des parois des cylindres capables de provoquer les phénomènes de condensation d'une partie de la vapeur au moment de son introduction étant les suivantes :

	Mètres.
1er cylindre	0,319
2e cylindre	0,638
3e cylindre	1,276

les chutes de température correspondant aux différences de pression de la vapeur dans chacun des cylindres seront :

1er cylindre :

$$159°,22 - 133°,9 = 25°,32$$

2e cylindre :

$$132°,76 - 108°,5 = 24°,26$$

3e cylindre :

$$107°,5 - 46°,21 = 61°,3$$

Les poids de vapeur condensée à l'introduction de la vapeur dans chacun de ces cylindres devront être par coup de piston :

1er cylindre :

$$0,319.\ 0,00090,\ 25°,32 = 0^{k},0073$$

2e cylindre :

$$0,638.\ 0,00091.\ 24°,26 = 0^{k},0140$$

3e cylindre :

$$1,276.\ 0,00091.\ 61°,3 = 0^{k},0711$$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le poids de vapeur condensée à l'introduction dans le premier cylindre s'ajoute à la consommation de la machine et devient par heure égal à $0{,}0073 - 3\,600 = 26^{k}413$. Les condensations qui se produisent à l'admission de la vapeur dans chacun des deux autres cylindres ayant lieu au détriment du poids de vapeur introduite diminuent par conséquent le poids de vapeur qui doit fournir du travail dans chacun des cylindres considérés, et, par suite, le travail total qui devait être fourni par la machine est plus faible que si ces condensations n'existaient pas.

Le poids de vapeur introduit dans le premier cylindre étant, comme dans les exemples précédents, de $0^{k},4078$ par coup de piston, ne sera plus que $0^{k},4078 - 0^{k},0140 = 0^{k},3937$ dans le deuxième cylindre et $0^{k},3937 - 0^{k},0711 = 0^{k},3226$ seulement dans le troisième cylindre.

Dans ces conditions, le travail moteur que pourra fournir la machine considérée sera :

1er cylindre :

$$Tm' = \frac{6.\,10\,334.\,0{,}125 + 6.\,10\,334.\,0{,}125.\,0{,}693 - 3.\,10\,334.\,0{,}250}{75} = 71^{chx},6.$$

2e cylindre :

$$Tm'' = \frac{2{,}9.\,10\,334.\,0{,}241 + 2{,}9.\,10\,334.\,0{,}241.\,0{,}732 - 1{,}399.\,10.334.\,0{,}5}{75} = 70^{chx},4.$$

3e cylindre :

$$Tm''' = \frac{1{,}299.\,10\,334.\,0{,}395 + 1{,}299.\,10\,334.\,0{,}395.\,0{,}916 - 0{,}1.\,10\,334.\,1.}{75} = 121^{chx},6$$

et

$$Tm = 71^{chx},6 + 70^{chx},4 + 121^{chx},6 = 263^{chx},7.$$

Le poids de vapeur consommée par heure étant comme ci-dessus de $1\,470^{k},08$ sera par cheval indiqué :

$$M = \frac{1\,470{,}08}{263{,}6} = 5{,}577.$$

La consommation additionnelle due à la condensation, lors de l'admission de la vapeur dans le premier cylindre, sera par cheval indiqué et par heure :

$$M' = \frac{26^{k},413}{263^{k},6} = 0^{k},102$$

et on aura pour la consommation totale de vapeur par cheval indiqué et par heure :

$$Mt = 5{,}577 + 0{,}102 = 5^{k},679.$$

Le moteur dit Compound à deux cylindres ayant même fonctionnement que celui à trois cylindres et que nous avons examiné immédiatement avant ce der-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nier, fournissait une force de 257ch,4 avec une consommation de 5k,813 de vapeur par cheval indiqué et par heure, au lieu de 263ch,6 avec une consommation de 5k,679 que nous obtenons pour le moteur à 3 cylindres.

Il résulte donc, de la recherche que nous venons de faire, qu'il n'y aurait pas d'avantages réels à employer un moteur à 3 cylindres, de préférence à un moteur à deux cylindres, au moins pour des pressions moyennes, et c'est, croyons-nous, un fait qui a déjà été démontré en pratique par M. Walther Meunier qui a pu sup

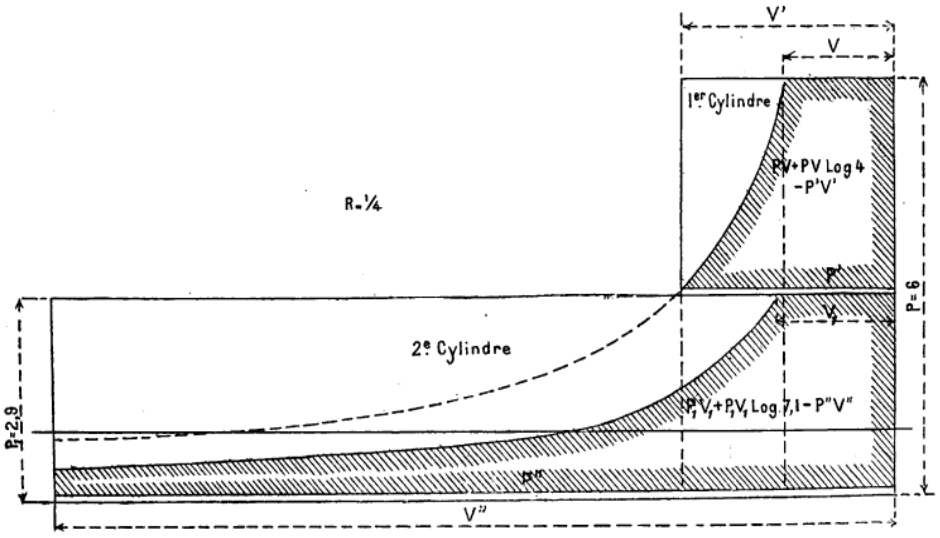


Fig. 8.

primer l'un des cylindres d'un moteur à 3 cylindres sans que la force et la consommation s'en soient ressenties. Il y aurait même perte si l'on considérait les chevaux effectifs au lieu des chevaux indiqués, et le prix de revient définitif du cheval réel, parce qu'alors le rendement du moteur à 3 cylindres seraif certainement inférieur à celui du moteur à deux cylindres, et que le prix du premier serait plus élevé que celui du deuxième.

Dans l'étude que nous venons de faire, nous avons admis que le grand cylindre de chaque moteur considéré avait un volume de 1 mètre cube et que le rapport du diamètre du piston à sa course était égal à $\frac{1}{2}$, ce qui donne 0m,860 pour le diamètre et 1m,720 pour la course du grand piston.

Il est intéressant d'étudier si, en modifiant ce rapport de course au diamètre du piston, tout en conservant le même volume de 1 mètre cube pour le grand cylindre, la consommation sera modifiée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nous allons donc admettre dans l'exemple qui va suivre (fig. 8) que le diamètre du grand piston sera de $1^m,130$, sa course de $1',000$, que le rapport du premier au deuxième cylindre sera égal à $\frac{1}{4}$, que le rapport d'introduction relative sera égal à $\frac{1}{8}$, l'introduction de la vapeur dans le premier cylindre aura lieu pendant le 0,5 de la course du piston, la pression de la vapeur étant toujours de 6 atmosphères, et que la machine donnera un coup de piston par seconde.

La consommation théorique de vapeur sera toujours de $0^k,4078$ par coup de piston ou $1\,470^k,08$ par heure.

En entrant dans le deuxième cylindre il devra se condenser, pour le réchauffage des parois, un poids de vapeur égal à :

$$2^m,200.\ 0,00091.\ (133^o,9.46^o,2) = 0^k,1755$$

c'est-à-dire :

$$\frac{0,175}{0,0478} = 0,43$$

du poids de vapeur sortant du premier cylindre.

Dans ces conditions, la force développée par ce moteur sera :

1er cylindre :

$$Tm' = \frac{6.\ 10\,334.\ 0,125 + 6.\ 10\,334.\ 0,125.\ \text{Log}^2 - 3.\ 10\,334.\ 0,250}{75} = 71^{ch},3.$$

2e cylindre :

$$Tm'' = \frac{2,9.\ 10334.\ 0,1405 + 2,9.\ 10334.\ 0,1405.\ \text{Log}^7 - 0,1.\ 10334.\ 1}{75} = 151^{ch},2.$$

et $Tm = 71^{ch},3 + 151^{ch},2 = 222^{ch},5$ au lieu de $257^{ch},4$ que donnait le moteur Compound étudié plus haut.

La consommation additionnelle de vapeur causée par la condensation produite par le réchauffage des parois du premier cylindre, au moment de l'introduction de la vapeur dans celui-ci, sera par coup de piston de :

$$0,550.\ 0,0091.\ (159^o,22 - 133^o,9 = 0^k,0126$$

et par heure

$$0,0126.\ 3600 = 45^k,360$$

La consommation théorique de vapeur par cheval indiqué et par heure sera :

$$M = \frac{1470^k,08}{222,5} = 6^k,606$$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La consommation additionnelle sera :

$$M' = \frac{45^k,360}{222^k,5} = 0^k,203$$

et $Mt = 6^k,606 + 0^k,203 = 6^k,809$ au lieu de $5^k,813$ que nous avions trouvés pour le moteur Compound ayant un autre rapport de course au diamètre du grand piston.

Ceci montre quel intérêt présente, dans l'étude des moteurs, le rapport de course au diamètre des pistons, tant au point de vue de la force obtenue, qu'à celui de la consommation de vapeur, et peut expliquer en partie les différences de consommation qu'on a pu constater quelquefois pour des moteurs entre lesquels on ne faisait pas la remarque que, sous ce rapport, ils n'étaient pas dans les mêmes conditions d'établissement.

En conservant ce dernier rapport de course au diamètre du grand piston pour un moteur à triple expansion, on aurait les résultats suivants :

1er cylindre	$0^k,0126$
2e —	0, 0241
3e —	0, 1224

Les travaux développés seraient :

1er cylindre :

$$Tm' = \frac{6.\,10\,334.\,0,125 + 6.\,10\,334.\,0,125.\,0,693 - 3.\,10\,334.\,0,250}{75} = 71^{ch},3.$$

2e cylindre :

$$Tm'' = \frac{2,9.\,10\,334.\,0,235 + 2.9.\,10334.\,0,235.\,0,755 - 1,36.\,10334.\,0,5}{75} = 71^{ch},1$$

3e cylindre :

$$Tm''' = \frac{1,26.\,10\,334.\,0,350 + 1,26.\,10334.\,0,350.\,1,049 - 0,1.\,10334.\,1}{75} = 110^{ch},6.$$

et

$$Tm = 71,3 + 71,1 + 110,6 = 253^{ch}.$$

La consommation théorique de vapeur étant de $1\,470^{kg},08$ par heure, nous aurons :

$$M = \frac{1\,470^k,08}{253} = 5^k,810$$

$$M' = \frac{45^k,36}{253} = 0^k,180$$

$$Mt = 5^k,810 + 0^k,180 = 5^k990$$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En comparant ces chiffres :

1° Aux résultats obtenus dans l'étude du précédent moteur à trois cylindres, on voit que la diminution de course et l'augmentation du diamètre du grand piston n'a pas une influence aussi sensible que celle que nous avons constatée pour le moteur à deux cylindres ;

2° Au moteur Compound à petite course que nous venons d'étudier, c'est-à-dire à course égale à celle du moteur à 3 cylindres, on voit que ce dernier présente un avantage énorme sur le premier, tant sous le rapport de la force développée que sous celui de la consommation.

Il résulterait donc de cette constatation que lorsque la course des pistons des moteurs à vapeur est réduite, il y aurait avantage à faire usage de 3 cylindres au lieu de 2 cylindres, même avec des pressions modérées.

Toutes les recherches que nous avons faites plus haut sont relatives à des moteurs ayant de notables dimensions de cylindres.

Il est intéressant de voir maintenant si, lorsque les dimensions des moteurs sont plus réduites et par conséquent la force développée par ceux-ci est plus faible, la consommation reste aussi économique.

Si, toutes choses égales d'ailleurs, le volume du grand cylindre était réduit à $0^{m3},260$, le rapport de diamètre du piston à sa course étant toujours de $\frac{1}{2}$ ce qui donne pour le diamètre $0^{m},550$ et pour la course $1^{m},100$, la force développée par un pareil moteur Compound serait :

1er cylindre :

$$Tm' = \frac{6.10334.0{,}0325 + 6.10334.0{,}0325.\text{Log}^2 - 1{,}824.10334.0.065}{75} = 29^{ch},12.$$

2e cylindre :

$$Tm'' = \frac{1{,}724.10334.0{,}065 + 1{,}724.10334.0{,}065.\text{Log}^t - 0{,}1\,10334.0{,}260}{75} = 33^{ch},46.$$

La dépense théorique de vapeur d'un semblable moteur sera de $382^{kg},2$ par heure, et celle additionnelle due à la condensation produite par le réchauffage des parois de $17^{kg},800$.

On aura donc :

$$Tm = 29^{ch},12 + 33^{ch},46 = 62^{ch},58$$

$$M = \frac{382^{k},20}{62,58} = 6^{k},107$$

$$M' = \frac{17^{k},800}{62,58} = 0^{k},284$$

et

$$Mt = 6^{k},107 + 0^{k},284 = 6^{k},391$$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le moteur Compound ayant un grand cylindre d'un volume égal à un mètre cube et mêmes conditions de fonctionnement, avait une consommation de $5^{kg},795$ et fournissait 260 chevaux. Proportionnellement celui-ci devrait fournir $67^{ch},6$ et il n'en fournit que $62^{ch},58$.

Il ressort de ceci que la consommation totale des moteurs dits Compound varie avec leurs dimensions, et est plus économique pour ceux ayant de grandes dimensions que pour ceux de plus faibles dimensions.

La raison de ce fait est que les surfaces des parois sont plus grandes relativement aux volumes des cylindres dans les derniers que dans les premiers. Il s'ensuit que les condensations de la vapeur, au moment où celle-ci est admise dans les cylindres, est plus abondante. La condensation qui se produit dans le premier cylindre augmente la consommation du moteur. Celle qui se produit dans le deuxième cylindre diminue sa force, et augmente aussi par cela même la condensation du moteur, puisque la consommation théorique se répartit sur un nombre de chevaux produits plus faible.

Ceci démontre que, contrairement à ce qui se passe dans les moteurs à un cylindre, la consommation des moteurs dits Compound varie dans de grandes proportions avec leurs dimensions, et que, lorsque ces dimensions descendent au-dessous d'une certaine limite, il n'est pas utile de faire usage de deux ou plusieurs cylindres pour obtenir un fonctionnement économique.

Tous les moteurs que nous avons examinés ci-dessus étaient à condensation. Il y a lieu de rechercher si les avantages économiques que nous avons trouvés plus haut se maintiennent lorsque les moteurs du genre Compound fonctionnent sans condensation.

Si nous admettons que le moteur que nous allons étudier a les mêmes dimensions que ceux à condensation que nous avons vus plus haut, mais que la pression est de 10 atmosphères, la contre-pression de $1^{at},2$, et la détente totale égale à six fois le volume de vapeur introduit, le rapport des volumes des cylindres étant égal à 2, nous aurons :

1er cylindre :

$$Tm' = \frac{10.\,30334.\,0{,}1667 + 10.\,10334.\,0{,}1667.\,1{,}0986 - 3{,}33.\,10334.\,0{,}500}{75} = 252^{chx},84,$$

2e cylindre :

$$Tm'' = \frac{3{,}23.\,10334.\,0{,}478 + 3{,}23.\,10334.\,0{,}478.\,0{,}69 - 1{,}2.\,10334.\,1}{75} = 204^{chx},05$$

et

$$Tm = 252{,}84 + 204{,}05 = 456^{chx},89.$$

La dépense théorique de vapeur sera par heure de $3\,162^{kg},6$, et celle due à la condensation à l'admission dans le premier cylindre sera de $89^{kg},6$.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On aura donc :

$$M = \frac{3162,6}{456,89} = 6^k,922,$$
$$M' = \frac{89,6}{456,89} = 0,196,$$
$$M_1 = 6^k,922 + 0,196 = 7^k,118.$$

Si l'on compare ce chiffre de consommation avec ceux que nous avons trouvés pour le moteur à un seul cylindre sans condensation, on voit qu'il n'y a qu'un avantage très faible en faveur du moteur dit Compound. Encore cet avantage serait-il nul s'il s'agissait de chevaux effectifs au lieu de chevaux indiqués.

Il n'y aurait donc aucun intérêt à faire usage du système Compound de préférence aux moteurs à un seul cylindre lorsqu'on ne se sert pas de la condensation. Ceci est dû probablement à ce que l'écart des températures extrêmes de la vapeur, dans son passage à travers le cylindre du moteur, n'est pas suffisant pour produire des condensations dont l'importance soit de nature à modifier sensiblement la consommation.

Moteurs à 2 cylindres dits Compound. Recherche du degré de détente et du rapport des cylindres répondant au fonctionnement le plus économique des moteurs à 2 cylindres. — Nous avons mis, sous forme de tableaux, les forces en chevaux et les consommations approximatives qu'on obtiendrait en faisant varier le rapport des volumes des cylindres d'un moteur à vapeur dit Compound de 8 à 1, et l'introduction fictive de la vapeur de 1/20 à 1/4 par rapport au volume du deuxième cylindre, la pression de cette dernière étant de 5 atmosphères à l'admission.

Pour dresser ces tableaux nous avons admis :

1° Que le deuxième cylindre du moteur considéré avait un volume égal à 1 mètre cube et qu'il donnait un coup de piston par seconde ;

2° Que la contre-pression sur le deuxième piston était égale à $0^{at},100$;

3° Que la vapeur, pour passer du premier au deuxième cylindre, subissait une perte de pression de $0^{at},100$ pouvant être considérée comme composée de deux pertes particulières, dont l'une est due à la résistance qu'éprouve la vapeur pour, en s'échappant du premier cylindre, pénétrer pendant toute la durée de l'échappement dans le réservoir intermédiaire ou chambre de vapeur ; et l'autre due à la résistance que subit cette vapeur contenue dans le réservoir intermédiaire, pour pénétrer par intermittences dans le deuxième cylindre ;

4° Que les surfaces des parois sont égales à celles du fond du cylindre et du piston augmentées de 1/10 ;

5° Que l'introduction de la vapeur dans le deuxième cylindre s'arrêtera au point précis où le volume de vapeur admis sera égal au volume de vapeur sorti du premier cylindre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans ces tableaux nous n'avons pas tenu compte d'autres pertes auxquelles sont sujets les moteurs Compound et qui sont les suivantes :

1° Les surfaces externes de refroidissement des deux cylindres sont plus étendues que celles du cylindre unique des moteurs monocylindriques.

2° La capacité intermédiaire ou chambre de vapeur est soumise elle-même au refroidissement extérieur, et la condensation de vapeur qui en résulte a pour résultat immédiat de réduire la pression de la vapeur contenue dans cette chambre. La vapeur pénètre donc dans le deuxième cylindre avec une pression inférieure à celle qu'elle devrait avoir, et il en ressort que le travail produit dans ce deuxième cylindre est inférieur à ce qu'il devrait être.

Cette perte peut être évitée en munissant la chambre intermédiaire d'une enveloppe de vapeur protectrice, mais alors il se produit dans cette enveloppe des condensations qui s'ajoutent à la consommation du moteur, et augmentent la consommation par cheval indiqué et par heure.

La perte de travail due à la diminution de pression de la vapeur par suite de la condensation partielle qu'elle subit dans la chambre de vapeur, avant son introduction dans le deuxième cylindre, est d'autant plus importante que le rapport des cylindres est lui-même plus grand, et elle devient nulle lorsque ce rapport est égal à 1. En effet, si pour fixer les idées, on admet que dans tous les cas la chute de pression causée par ce fait soit de $0^{at},100$ sur le deuxième piston, pour le moteur dont le rapport des cylindres sera égal à 8, la contre-pression sur le premier piston diminuera également de $0^{at},100$, mais le travail gagné dans le premier cylindre sera égal seulement au 1/8 de celui perdu dans le deuxième cylindre, et la perte sera égale aux 7/8 du travail qu'aurait pu fournir la vapeur à la pression de $0^{at},100$.

Pour le moteur dont le rapport des cylindres égale 1, c'est-à-dire ayant des cylindres d'égal volume, la chute de pression de $0^{at},100$ qui sera causée par le refroidissement extérieur, aura pour résultat de diminuer le travail produit par le deuxième cylindre exactement comme nous l'avons vu dans le cas précédent, mais la contrepression sous le premier piston diminuant aussi de $0^{at},100$ et le volume de ce premier cylindre étant égal à celui du deuxième, on gagne dans le premier cylindre un travail égal à celui qui a été perdu dans le deuxième cylindre et il s'ensuit que la perte est nulle.

Ce que nous venons d'établir démontre que plus le rapport des cylindres est grand, et plus il faut prendre de précautions pour éviter le refroidissement de la chambre de vapeur intermédiaire entre les cylindres, et aussi celui du deuxième cylindre.

Lorsque la chambre de vapeur intermédiaire sera munie d'une enveloppe de vapeur, l'effet de cette enveloppe sera d'autant plus appréciable que le rapport des cylindres sera plus grand, pour devenir nul lorsque ce rapport sera

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

égal à 1. Ainsi, dans ce dernier cas où le rapport des cylindres serait égal à 1, il n'est pas nécessaire que la chambre intermédiaire soit munie d'une enveloppe de vapeur, et il est indifférent qu'il s'y produise des condensations internes, puisque le travail total que pourra fournir la machine n'en sera pas affecté.

3° Nous avons vu, en parlant des moteurs à un cylindre, que la tige du piston, en pénétrant dans le cylindre, déterminait la condensation d'un certain poids de vapeur qui augmente la consommation du moteur.

Dans les machines Compound, il se produit aussi des condensations dues à la pénétration dans les cylindres des tiges des pistons à vapeur.

Dans le premier cylindre la condensation de la vapeur se produit aux dépens de la vapeur arrivant de la chaudière, tout comme dans le moteur à 1 cylindre, mais le travail que peut fournir le piston de ce cylindre n'est pas affecté par cette condensation, et la consommation de vapeur seule augmente.

Dans le deuxième cylindre, la condensation due à la rentrée de la tige du piston se produit au détriment d'un poids de vapeur donné qui a déjà fourni du travail en passant dans le premier cylindre, et qui, dans le deuxième cylindre, perd une partie de sa chaleur, d'où il résulte une diminution de pression et une perte de travail correspondante, car le poids de vapeur introduite dans le premier cylindre étant constant, toute condensation partielle de ce poids de vapeur, soit avant son entrée dans le deuxième cylindre, soit pendant son passage dans ce cylindre, a pour résultat de causer une diminution du travail moteur qui devait être produit, et pour effet immédiat d'augmenter la consommation de vapeur par cheval-heure.

La perte de travail causée par une condensation quelconque de la vapeur dans le deuxième cylindre est d'autant plus importante, que le travail que doit fournir ce cylindre par rapport au premier est lui-même plus grand, c'est-à-dire que cette perte est d'autant plus importante que le rapport des cylindres est lui-même plus grand, et qu'elle est nulle lorsque ce rapport des cylindres est égal à 1.

4° Nous avons vu, en étudiant les moteurs à un cylindre, que la compression de la vapeur ne doit pas dépasser une certaine valeur pour ne donner lieu à aucune perte de travail. Il en est de même dans les moteurs Compound ou à plusieurs cylindres; mais ceux-ci sont soumis à une perte particulière à laquelle échappe le moteur à un cylindre.

Si, après la compression dans le deuxième cylindre, la pression de la vapeur comprimée n'a pas été ramenée à celle de la vapeur qui va être introduite de la chambre intermédiaire pour un nouveau coup de piston, cette vapeur admise, devant remplir un volume plus grand en réalité que le volume engendré par le piston du premier cylindre par lequel elle a passé, subira une détente additionnelle qui aura pour effet d'abaisser sa pression à l'introduction dans le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

deuxième cylindre et de diminuer le travail qu'elle devrait produire dans ce cylindre.

La perte de travail qui résultera de cette compression incomplète ou insuffisante sera d'autant plus grande que le rapport volumétrique des cylindres sera lui-même plus grand, et deviendra nulle lorsque ce rapport sera égal à 1.

Ainsi, toute diminution de pression produite par une cause quelconque au détriment de la vapeur comprise entre les cylindres, avant ou pendant l'introduction de celle-ci dans le deuxième cylindre, donne lieu pour le moteur Compound à une perte de travail.

Le poids de vapeur introduit dans le premier cylindre étant le même dans tous les cas, l'importance de cette perte varie avec le rapport des cylindres, ainsi que la consommation par cheval-heure.

Il en résulte que, toutes choses égales, le travail que peut fournir un moteur à deux cylindres est d'autant plus grand que le rapport volumétrique des cylindres est plus petit, et qu'il atteint son maximum lorsque son rapport est égal à 1.

Quel que soit le rapport volumétrique des cylindres, le travail que peut fournir un moteur Compound est toujours, à égalité de poids de vapeur dépensée dans un coup de piston, et pour une même détente, inférieur à celui que peut fournir le moteur à un seul cylindre.

5° Les moteurs à deux cylindres, lorsqu'ils sont munis d'une distribution par tiroirs ordinaires, sont encore sujets à une perte provenant de ce que l'admission dans le deuxième cylindre est toujours plus longue que celle qui devrait avoir lieu pour que la vapeur passe du premier au deuxième cylindre sans perte de pression.

En raison de cette particularité, le fonctionnement d'un pareil moteur se rapproche de celui du moteur dit de Woolf, parce que, à chaque coup de piston, toute la vapeur contenue dans la chambre intermédiaire est comprimée pendant l'échappement du premier cylindre et augmente de pression, puis ensuite est détendue pendant l'admission au deuxième cylindre, et diminue de pression au fur et à mesure de la durée de cette admission. La température de la vapeur contenue dans la chambre intermédiaire varie donc sans cesse au lieu de rester à peu près constante, et cela a pour conséquence que l'écart des températures extrêmes dans le premier cylindre est, dans ce cas, plus grand que lorsque l'admission au deuxième cylindre est réglée par des tiroirs spéciaux et que, par suite, la condensation à l'admission dans ce premier cylindre est plus importante, ce qui augmente la consommation du moteur par cheval heure.

Il est nécessaire de maintenir aussi constantes et élevées que possible la pression et la température de la vapeur contenue dans la chambre intermédiaire. On arrivera à des résultats satisfaisants en faisant en sorte que l'admission volu-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

métrique de la vapeur dans le deuxième cylindre, soit égale, ou même un peu inférieure, au volume engendré par le piston du premier cylindre. En un mot, le volume de vapeur admise dans le deuxième cylindre doit être égal au volume de vapeur qui sort du premier.

6° Les moteurs à deux cylindres, lorsqu'ils sont munis d'une distribution par tiroirs ordinaires, et que cette distribution, comme c'est fréquemment le cas, sert à faire varier l'introduction par le moyen d'une coulisse ou d'un décalage de l'excentrique, sont sujets à une perte provenant de ce que, pour certaines admissions, les tiroirs ayant leurs courses réduites, les compressions de vapeur à fin de course des pistons deviennent excessives, au point de diminuer notablement le travail moteur qui pourrait être fourni si ces compressions n'existaient pas.

Toutes les pertes que nous venons de passer en revue ci-dessus ne peuvent être évaluées que par expérience, et nous n'avons pu les introduire dans les tableaux qui suivent. Il faudra donc considérer les chiffres que nous allons donner comme des maximum, relativement aux forces que peuvent produire les moteurs dits Compound, et des minimum relativement aux consommations. Il sera nécessaire de tenir compte de cette observation lorsqu'on voudra comparer les chiffres qui suivent, avec ceux que nous avons donnés précédemment pour les moteurs à un cylindre (1).

En examinant le *tableau n° 1* ci-dessous, on reconnaîtra que pour chacun des rapports volumétriques de cylindres qui y ont été inscrits, la dépense de vapeur varie avec les admissions et passe dans chaque cas par un minimum pour une admission déterminée, qui ainsi est celle correspondant au fonctionnement le plus économique de la machine considérée.

On verra aussi que la consommation de vapeur varie avec le rapport des cylindres, et qu'elle atteint un minimum lorsque ce rapport est égal à 2,718 (2).

La force que peut fournir le moteur à deux cylindres, varie aussi pour une même introduction, suivant le rapport des cylindres et elle croît constamment pour atteindre un maximum lorsque le rapport des cylindres est égal à 1.

La force correspondant dans chaque cas à la consommation la plus économique augmente au fur et à mesure que le rapport des cylindres diminue, et atteint un maximum lorsque ce rapport est égal à 1.

Dans ce dernier cas, comme dans le précédent, la force que peut fournir le moteur à deux cylindres est inférieure, toutes choses étant égales, à celle que peut fournir le moteur à un cylindre.

(1) Voyez *Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale*, année 1897. Étude du fonctionnement des moteurs à un cylindre.

(2) Voyez notre étude sur le travail des gaz, *Bulletin de la Société des ingénieurs civils*, année 1888.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Tableau n° 1.

PRESSION : 5 ATMOSPHÈRES

DEGRÉ d'introduction par rapport au volume du 2e cylindre.	INTRODUCTION réelle au 1er cylindre.	POIDS DE VAPEUR théorique dépensé par heure.	PRESSION à la fin de la détente dans le 1er cylindre.	TEMPÉRATURE de la vapeur à la fin de la détente dans le 1er cylindre.	DIFFÉRENCE des températures de la vapeur entrant au 2e cylindre et du condenseur.	CHUTE DE PRESSION due à la condensation de la vapeur entrant au 2e cylindre.	PROPORTION de vapeur condensée à l'introduction au 2e cylindre.	PRESSION de la vapeur à l'introduction au 2e cylindre.	DIFFÉRENCE des températures extrêmes dans le 1er cylindre.	POIDS DE VAPEUR condensée à l'introduction au 1er cylindre par heure.	TRAVAIL Dérelorff dans le 1er cylindre.	TRAVAIL Dérelorff dans le 2e cylindre.	TRAVAIL TOTAL Dérelorff dans les 2 cylindres.	CONSOMMATION de la vapeur par cheval indiqué et par heure.
	p. 100.	kilogr.	atmosph.	degrés.	degrés.	atmosph.	p. 100.	atmosph.	degrés.	kilogr.	chevaux.	chevaux.	chevaux.	kilogr.
Rapport volumétrique des cylindres = 8.														
1/20	0,40	495	2	120,6	74,4	1,26	0,63	0,74	60	31,2	48	21	69	7,50
1/15	0,53	660	2,71	130,5	84,3	1,43	0,53	1,28	45,2	23,4	53,2	48,8	102	6,70
1/12	0,66	825	3,33	137,5	91,3	1,53	0,46	1,8	34,7	18,2	49,9	76,4	126,3	**6,67**
1/10	0,80	990	4	144	97,8	1,65	0,413	2,35	26	13,5	43,7	105,5	149,2	6,72
1/8	1,00	1237,5	5	152,2	106	1,75	0,35	3,25	15,6	7,8	30,1	139,9	170	7,32
Rapport du volume des cylindres = 6.														
1/20	0,30	495	4,5	112	65,8	0,83	0,555	0,670	63	50,4	59	23	82	6,64
1/15	0,38	660	4,93	119,5	73,3	0,887	0,46	1,043	50,7	40,8	64	46,4	110,4	6,34
1/12	0,50	825	2,5	128	82	1,025	0,41	1,475	40,8	33	63,2	74,3	137,5	**6,24**
1/10	0,59	99	3	134	88	1,110	0,37	1,890	33	26	59,9	109,9	160,8	6,31
1/8	0,75	1237,5	3,74	141,5	95	1,196	0,32	2,544	23,7	18,8	51,9	142,5	194,4	6,46
1/6	1,00	1650	5	152,2	106	1,350	0,268	3,650	11,5	8,8	40	188	228	7,27

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Tableau n° 1 (*suite*).

DEGRÉ D'INTRODUCTION par rapport au volume du 2e cylindre.	INTRODUCTION RÉELLE AU 1er CYLINDRE. p. 100.	POIDS DE VAPEUR THÉORIQUE dépensé par heure. kilogr.	PRESSION A LA FIN DE LA DÉTENTE dans le 1er cylindre. atmosph.	TEMPÉRATURE DE LA VAPEUR à la fin de la détente dans le 1er cylindre. degrés.	DIFFÉRENCE DES TEMPÉRATURES de la vapeur entrant au 2e cylindre et du condenseur. degrés.	CHUTE DE PRESSION DUE A LA CONDENSATION de la vapeur entrant au 2e cylindre. atmosph.	PROPORTION DE VAPEUR CONDENSÉE à l'introduction au 2e cylindre. p. 100.	PRESSION DE LA VAPEUR à l'introduction au 2e cylindre. atmosph.	DIFFÉRENCE DES TEMPÉRATURES extrêmes dans le 1er cylindre. degrés.	POIDS DE VAPEUR CONDENSÉE à l'introduction au 1er cylindre par heure. kilogr.	TRAVAIL DÉVELOPPÉ dans le 1er cylindre. chevaux.	TRAVAIL DÉVELOPPÉ dans le 2e cylindre. chevaux.	TRAVAIL TOTAL DÉVELOPPÉ dans les 2 cylindres. chevaux.	CONSOMMATION DE VAPEUR par cheval indiqué et par heure. kilogr.
Rapport volumétrique des cylindres = 4.														
1/20	0,200	495	1	100	54	0,450	0,45	0,550	68	108	70,9	23,4	94,3	6,390
1/15	0,268	660	1,355	108,5	62	0,628	0,39	0,727	61	60,5	81,7	38	119,7	6,020
1/12	0,332	825	1,667	115	69	0,334	0,324	1,130	48,7	51,12	81,3	71,2	152,5	**5,740**
1/10	0,400	990	2	120,6	74,4	0,628	0,314	1,370	43	43	84,7	91,2	175,9	5,860
1/8	0,500	1 237,5	2,5	127,8	81,6	0,675	0,27	1,830	34,4	34	82	129,2	211,2	6,020
1/6	0,668	1 650	3,33	137,5	91,3	0,766	0,23	2,567	23,6	23,5	72	190	262,6	6,370
Rapport du volume des cylindres = 2,718														
1/20	0,135	495	0,675	89,5	43,3	0,240	0,367	0,435	74	114,23	80	20,3	100,3	6,09
1/15	0,181	660	0,905	97,1	50,9	0,290	0,324	0,615	65,2	100,75	93,6	38,6	131,2	5,79
1/12	0,224	825	1,120	103	56,8	0,320	0,289	0,800	58,3	89,90	100,7	59,4	160,1	**5,71**
1/10	0,270	990	1,350	109	62,8	0,360	0,266	0,990	52,4	80,60	107	76,5	183,5	5,83
1/8	0,338	1 237,5	1,690	115,5	69,3	0,390	0,230	1,300	44,7	69,30	112,2	108	220,2	5,93
1/6	0,451	1 650	2,250	124,4	78,2	0,450	0,200	1,800	34,8	54,30	112	158	270	6,31

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Tableau n° 1 (*suite*).

DEGRÉ d'introduction par rapport au volume du 2e cylindre.	INTRODUCTION restée au 1er cylindre.	POIDS DE VAPEUR théorique dépensée par heure.	PRESSION à la fin de la détente dans le 1er cylindre.	TEMPÉRATURE de la vapeur à la fin de la détente dans le 1er cylindre.	DIFFÉRENCE des températures de la vapeur entrant au 2e cylindre et du condenseur.	CHUTE DE PRESSION due à la condensation de vapeur entrant au 2e cylindre.	PROPORTION de vapeur condensée à l'introduction au 2e cylindre.	PRESSION de la vapeur à l'introduction au 2e cylindre.	DIFFÉRENCE des températures extrêmes dans le 1er cylindre.	POIDS DE VAPEUR condensée à l'introduction au 1er cylindre par heure.	TRAVAIL développé dans le 1er cylindre.	TRAVAIL développé dans le 2e cylindre.	TRAVAIL TOTAL développé dans les 2 cylindres.	CONSOMMATION de vapeur par cheval indiqué et par heure.
	p. 100.	kilogr.	atmosph.	degrés.	degrés.	atmosph.	p. 100.	atmosph.	degrés.	kilogr.	chevaux.	chevaux.	chevaux.	kilogr.
Rapport volumétrique des cylindres = 2.														
1/20	0,100	495	0,50	84,7	35,5	0,150	0,30	0,350	79	165,9	89,5	15	104,5	6,32
1/15	0,135	660	0,677	89,5	43,3	0,182	0,27	0,495	70,6	147,6	103,8	32,3	137,1	5,89
1/12	0,166	825	0,833	95	48,8	0,207	0,247	0,626	64,7	136,5	117	47,6	164,6	5,84
1/10	0,200	990	1	100	53,8	0,227	0,227	0,773	59,2	123,9	126,5	64,7	191,2	**5,82**
1/8	0,250	1 237,5	1,250	106,4	60	0,250	0,200	1	52,2	109,2	137,9	91,2	229,1	5,87
1/6	0,335	1 650	1,667	115	68,8	0,283	0,170	1,364	43,2	90,3	147,1	133,7	280,8	6,20
Rapport du volume des cylindres = 1.														
1/20	0,05	495	0,250	65	18,8	0,04	0,16	0,210	90	378	108,8	7	115,8	7,53
1/15	0,067	660	0,333	72	25,8	0,05	0,16	0,280	84,2	364	131,5	16,5	148	6,91
1/12	0,083	825	0,416	77	30,8	0,065	0,156	0,351	78,7	328	148,1	26,1	174,2	6,61
1/10	0,100	990	0,500	81,7	35,5	0,075	0,15	0,425	74,4	311,4	169,7	36,5	206,2	6,31
1/8	0,125	1 237,5	0,625	87,5	41,3	0,0875	0,14	0,538	68,7	286,3	191,6	53	244,6	**6,27**
1/6	0,167	1 650	0,833	95	48,8	0,100	0,12	0,733	60,6	250,5	219,3	78,9	295,2	6,395
1/5	0,200	1 980	1,000	100	53,8	0,113	0,113	0,887	55,6	233	237	103	340	6,50
1/4	0,250	2475	1,250	106,4	60,2	0,125	0,101	1,125	48,8	203,7	258,4	135,6	394	6,79

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le tableau fait voir encore que l'introduction de vapeur répondant au fonctionnement le plus économique dans chaque cas, varie de 1/12 à 1/8 du volume engendré par le deuxième piston pour des rapports volumétriques de cylindres variant de 8 à 1.

La consommation additionnelle de vapeur due à la condensation de cette dernière au contact des parois, lors de son introduction dans le premier cylindre, est minimum pour le plus grand rapport de cylindres et atteint un maximum lorsque ce rapport est égal à 1, tout en restant inférieure à la consommation de même ordre du moteur à un cylindre.

La condensation de vapeur à l'introduction de celle-ci dans le deuxième cylindre due à son contact avec les parois de ce cylindre, atteint un maximum pour le plus grand rapport des cylindres, et un minimum lorsque ce rapport est égal à 1. Cette condensation peut, lorsque le rapport volumétrique des cylindres est grand et l'admission de vapeur au premier cylindre très réduite, être telle, que toute la vapeur sortant du premier cylindre soit condensée au moment de son introduction dans le deuxième. Ce fait se rencontre dans les moteurs dont les dimensions sont trop grandes par rapport au travail qu'ils doivent fournir, et cela constitue, en outre d'une consommation excessive, une marche très dangereuse, car des condensations de cette nature peuvent, si les cylindres ne sont pas étudiés pour leur évacuation, amener des avaries par suite de coups d'eau, ainsi que nous en avons vu des exemples.

Lorsque les moteurs à 2 cylindres dits Compound ont des dimensions de cylindres plus réduites que celles que nous avons admises plus haut, les surfaces de parois ont, relativement aux volumes engendrés par les pistons, une importance plus considérable, et il en résulte une modification de la dépense de vapeur et aussi de la force produite.

Le *tableau n° 2* ci-dessous, que nous avons établi pour un moteur fonctionnant à la même pression de 5 atmosphères, mais ayant un deuxième cylindre dont le volume et de $0^{mc},260$ seulement, ce qui correspond à un diamètre de piston de 0,550 millimètres et une course de $1^{m},100$, le rapport volumétrique des cylindres variant de 4 à 1, et la vitesse étant toujours de 30 tours par minute, montre les variations de la consommation et de la puissance.

D'après ce tableau (page 90), on voit que :

1° Lorsque le rapport volumétrique des cylindres est égal à 4, la consommation minima est atteinte quand l'introduction de vapeur est égale à 1/10 du volume du deuxième cylindre, tandis que pour le moteur de plus grandes dimensions l'introduction la plus économique était égale à 1/12. L'augmentation relative de la surface des parois a donc pour résultat immédiat de diminuer le degré de détente répondant au fonctionnement le plus économique des mo-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Tableau n° 2.

DEGRÉ D'INTRODUCTION par rapport au volume du 2e cylindre.	INTRODUCTION RÉELLE au 1er cylindre, p. 100	POIDS DE VAPEUR théorique dépensé par heure. kilogr.	PRESSION A LA FIN de la détente dans le 1er cylindre. atmosph.	TEMPÉRATURE DE LA VAPEUR à la fin de la détente dans le 1er cylindre. degrés.	DIFFÉRENCE DES TEMPÉRATURES de la vapeur entrant au 2e cylindre et du condenseur. degrés.	CHUTE DE PRESSION due à la condensation de la vapeur entrant au 2e cylindre. atmosph.	PROPORTION DE VAPEUR cokrexsée à l'introduction au 2e cylindre. p. 100.	PRESSION DE LA VAPEUR à l'introduction au 2e cylindre. atmosph.	DIFFÉRENCE des TEMPÉRATURES extrêmes dans le 1er cylindre. degrés.	POIDS DE VAPEUR COXDEXSÉE à l'introduction au 1er cylindre par heure. kilogr.	TRAVAIL développé dans le 1er cylindre. chevaux.	TRAVAIL TOTAL DÉVELOPPÉ dans les 2 cylindres. chevaux.	CONSOMMATION DE VAPEUR par cheval indiqué et par heure. kilogr.
Rapport volumétrique des cylindres = 4.													
1/12	0,332	214,2	1,66	114,8	68,6	0,92	0,547	0,74	60,2	25,6	24,63	10,16	34,79	6,890
1/10	0,400	257,4	2	120,6	74,4	0,98	0,490	1,02	51,4	21,96	23,33	15,75	41,08	**6,800**
1/8	0,500	321,7	2,5	127,8	81,6	1,08	8,433	1,42	42	17,95	25,15	24,77	49,92	6,806
1/6	0,668	429	3,34	137,6	91,4	1,24	0,364	2,10	30	12,8	23,98	39,39	63,37	6,968
1/5	0,800	505	4	144	97,8	1,25	0,314	2,75	21,3	9,1	19,17	53,35	72,52	7,227
Rapport volumétrique des cylindres = 2,718.														
1/12	0,224	214,2	1,120	103	56,8	0,52	0,45	0,6	65,9	41,5	28,8	9,4	38,2	6,693
1/10	0,272	257,4	1,350	108,6	62,4	0,55	0,41	0,8	58,3	36,7	30	14,7	44,7	6,585
1/8	0,338	321,7	1,690	115,2	69	0,59	0,36	1,1	49,5	31,18	31,4	22,5	53,9	**6,547**
1/6	0,451	429	2,250	124,3	78,1	0,70	0,31	1,55	39,5	24,88	32,7	34,3	67	6,774
1/5	0,544	515	2,575	128,8	82,6	0,71	0,275	1,86	34	21,4	31,94	42,4	74,34	7,389
Rapport volumétrique des cylindres = 1.														
1/12	0,085	214,2	0,425	77,7	31,5	0,105	0,250	0,32	84,2	138,8	40,45	6	46,45	7,600
1/10	0,100	257,4	0,5	81,7	35,5	0,143	0,235	0,357	78,7	134,5	46,3	7,41	53,71	7,297
1/8	0,125	321,7	0,625	87,4	41,2	0,138	0,218	0,487	71,2	121,7	51,5	12	63,5	6,982
1/6	0,166	429	0,833	95	48,8	0,163	0,194	0,670	63	107,7	58,3	18,6	76,9	6,980
1/5	0,200	515	1,000	100	53,8	0,180	0,178	0,820	57,4	98,15	63,8	24,2	88	**6,971**

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

teurs à deux cylindres, tout comme cela a lieu pour les moteurs à un cylindre.

La consommation de vapeur la plus réduite est ici de $6^k,800$ au lieu de $5^k,740$ qu'elle était dans l'exemple précédent. Cet excès de consommation est entièrement dû à la condensation causée par l'influence des parois, qui ayant ici plus d'étendue, ont aussi plus d'action sur le poids de vapeur introduite à chaque coup de piston.

2° Lorsque le rapport volumétrique des cylindres est égal à 2,718, le fonctionnement le plus économique correspond au degré d'introduction égal à 1/8 du volume du deuxième cylindre, et la consommation approximative passée de $5^k,710$ à $6^k,547$ de vapeur par cheval indiqué et par heure.

L'augmentation relative de la consommation est ici moins importante que celle que nous avons trouvée pour le moteur dont le rapport des cylindres est égal à 4, et plus le rapport des cylindres sera réduit plus cette augmentation de la consommation diminuera.

3° Lorsque le rapport volumétrique des cylindres est égal à 1, le fonctionnement le plus économique correspond au degré d'introduction égal à 1/5 du volume du deuxième cylindre, alors que pour le moteur de grandes dimensions ce fonctionnement était obtenu pour une introduction à 1/8, et la dépense approximative de vapeur passe de $6^k,270$ à $6^k,971$ par cheval indiqué et par heure.

4° La consommation la plus économique est encore ici celle qui correspond au moteur ayant un rapport volumétrique des cylindres égal à 2,718.

5° Les forces produites pour les différents rapports des cylindres, les introductions étant les mêmes, ne sont pas, excepté pour le moteur à rapport de cylindres égal à 1, proportionnelles aux forces produites par le moteur de plus grandes dimensions, et plus le rapport des cylindres croît, plus la perte de force est considérable.

C'est pour cette raison que la consommation rapportée au cheval heure augmente lorsque le rapport des cylindres augmente lui-même, et que pour une même introduction la force en chevaux produite diminue.

Ceci fait voir que l'action des parois est d'autant plus importante que le rapport volumétrique des cylindres est lui-même plus grand.

De l'examen du tableau n° 2 qui précède, on peut conclure que lorsque les moteurs à vapeur à deux cylindres ont de petites dimensions relatives, il faut réduire la détente pour réaliser les meilleures conditions de marché économique.

La détente doit donc varier avec les dimensions des cylindres des moteurs, et aussi avec le rapport de ces cylindres entre eux, et il ne devra pas être fait usage de détentes étendues lorsque les dimensions descendront au-dessous de celles des moteurs que nous venons d'examiner. Il y aura, au contraire, tout avantage à réduire la détente, tant au point de vue de la réduction de la consommation qu'à celui de l'augmentation de la force à produire.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Tableau n° 3.

DEGRÉ d'introduction par rapport au volume du 2e cylindre.	INTRODUCTION réelle au 1er cylindre.	POIDS de vapeur théorique dépensé par heure.	PRESSION à la fin de détente dans le 1er cylindre.	TEMPÉRATURE de la vapeur à la fin de la détente dans le 1er cylindre.	DIFFÉRENCE des températures de la vapeur entrant au 2e cylindre et du condenseur.	CHUTE de pression due à la condensation de la vapeur entrant au 2e cylindre.	PROPORTION de vapeur condensée à l'introduction au 2e cylindre.	PRESSION de la vapeur à l'introduction au 2e cylindre.	DIFFÉRENCE des températures extrêmes dans le 1er cylindre.	POIDS de vapeur condensée à l'introduction au 1er cylindre par heure.	TRAVAIL développé dans le 1er cylindre.	TRAVAIL développé dans le 2e cylindre.	TRAVAIL TOTAL développé dans les 2 cylindres.	CONSOMMATION de vapeur par cheval indiqué et par heure.
	p. 100.	kilogr.	atmosph.	degrés.	degrés.	atmosph.	p. 100.	atmosph.	degrés.	kilogr.	chevaux.	chevaux.	chevaux.	kilogr.
Rapport volumétrique des cylindres = 4.														
1/20	0,200	495	1	100	54	0,622	0,622	0,378	77	109,7	76,88	9,2	86,08	7,030
1/15	0,268	660	1,333	108,5	62	0,725	0,535	0,630	64,7	92,19	85	29,2	114,2	6,592
1/12	0,332	825	1,667	115	69	0,796	0,478	0,871	55,7	79,37	90,5	50	140,5	**6,430**
1/10	0,400	990	2	120,6	74,4	0,856	0,428	1,144	48,4	68,97	94,3	72,5	163,8	6,470
1/6	0,668	1650	3,34	137,7	91,5	1,055	0,316	2,285	27,4	38,88	84	166,8	250,8	6,730
Rapport volumétrique des cylindres = 2,718.														
1/15	0,184	660	0,905	97,1	50,9	0,398	0,44	0,507	70	138	98,25	27,33	125,48	6,360
1/12	0,224	825	1,120	103	56,8	0,437	0,392	0,683	62,7	123,16	107,05	44,94	151,99	6,238
1/10	0,270	990	1,350	109	62,8	0,486	0,361	0,864	56,2	110,42	113,82	63,13	176,95	**6,217**
1/8	0,337	1237,5	1,856	118,2	72,2	0,631	0,34	1,225	46	97	110	100,4	214,4	6,225
1/6	0,451	1650	2,250	124,36	78,14	0,605	0,269	1,650	37,7	78	122,4	142,1	264,5	6,540
Rapport volumétrique des cylindres = 1.														
1/15	0,067	660	0,333	72	25,8	0,074	0,223	0,259	86	490	133,5	14,5	148	7,900
1/12	0,083	825	0,416	77	30,8	0,088	0,242	0,328	80,7	460	140,7	24,5	174,2	7,350
1/10	0,100	990	0,500	81,7	35,5	0,102	0,204	0,398	76	432	171,9	34,3	206,2	6,896
1/8	0,125	1237,5	0,625	87,5	41,3	0,118	0,190	0,507	70	399	195,1	49,5	244,6	**6,718**
1/6	0,167	1650	0,833	95	48,8	0,139	0,168	0,693	62	353,4	223,6	74,6	295,2	6,780
1/5	0,200	1980	1,000	100	53,8	0,154	0,154	0,846	56,9	347	244,1	95,9	340	6,844

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans tout ce que nous avons étudié relativement aux moteurs à vapeur à deux cylindres dits compound, nous avons admis que l'étendue des surfaces additionnelles des parois était seulement le 1/10 de celles du piston et du couvercle du cylindre.

C'est là une simple hypothèse, car, en pratique, et dans les moteurs les plus perfectionnés, ces surfaces de parois ont une importance bien plus grande, et, par suite, leur influence sur la consommation de vapeur, ainsi que sur la force qui devrait être produite par ces moteurs, est bien plus considérable que celle que nous venons de voir plus haut.

Plus les surfaces de parois auront d'étendue, et plus les condensations internes auront d'importance, et plus aussi les consommations et les forces des moteurs à vapeur en seront affectées.

Il y a un intérêt de premier ordre à diminuer le plus possible l'étendue des surfaces des parois, et afin de le démontrer, nous avons dressé le *tableau n° 3* en supposant que le moteur auquel il se rapporte a des surfaces additionnelles de parois égales à 0,50 de celles réunies du piston et du fond ou couvercle de cylindre.

D'après ce tableau n° 3, on voit que le moteur qui précédemment (tableau n° 1) fournirait 152^{ch},5 avec une introduction égale à 1/12 et une dépense de vapeur approximative de 5^{k},740 par cheval indiqué et par heure, le rapport volumétrique des cylindres étant égal à 4, ne fournit plus ici à la même introduction que 140^{ch},5 avec une dépense de vapeur de 6^{k},430 par cheval indiqué et par heure.

Lorsque le rapport des cylindres est égal à 2,718, la force disponible devient 176^{ch},95 avec une dépense de vapeur de 6^{k},217 par cheval indiqué et par heure.

Enfin, lorsque le rapport des cylindres est égal à 1, la force que peut fournir le moteur devient 244^{ch},6 avec une dépense de 6^{k},718 de vapeur par cheval indiqué et par heure.

Il y a lieu de remarquer que, bien que les forces produites soient inférieures et les consommations supérieures à celles du tableau n° 1, les introductions et par suite les détentes ne sont pas modifiées sensiblement. D'autre part, les consommations minima sont peu différentes entre elles pour les trois rapports de cylindres considérés, et plus les introductions augmentent, et par conséquent, plus les détentes diminuent, et moins les écarts de consommation sont considérables.

D'après le tableau ci-dessus, on remarquera que les forces produites par les moteurs à deux cylindres sont, comme nous l'avons vu précédemment, d'autant plus avantageuses que le rapport des cylindres est plus petit. Néanmoins, toutes choses étant égales, elles sont inférieures aux forces que peuvent produire les moteurs à un seul cylindre sur lesquels les moteurs à deux cylindres ont toujours l'avantage d'une moindre consommation.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Tableau n° 4.

DÉGRÉ d'INTRODUCTION par rapport au volume du 2e cylindre.	INTRODUCTION MÉLÉE AU 1er CYLINDRE. p. 100.	POIDS DE VAPEUR THÉORIQUE dépensé par heure. kilogr.	PRESSION A LA FIN DE LA DÉTENTE dans le 1er cylindre. atmosph.	TEMPÉRATURE DE LA VAPEUR à la fin de la détente dans le 1er cylindre. degrés.	DIFFÉRENCE DES TEMPÉRATURES de la vapeur entrant au 2e cylindre et du condenseur. degrés.	CHUTE DE PRESSION DUE A LA CONDENSATION de la vapeur entrant au 2e cylindre. atmosph.	PROPORTION DE VAPEUR CONDENSÉE à l'introduction au 2e cylindre. p. 100.	PRESSION DE LA VAPEUR à l'introduction au 2e cylindre. atmosph.	DIFFÉRENCE DES TEMPÉRATURES extrêmes dans le 1er cylindre. degrés.	POIDS DE VAPEUR CONDENSÉE à l'introduction au 1er cylindre par heure. kilogr.	TRAVAIL DÉVELOPPÉ dans le 1er cylindre. chevaux.	TRAVAIL DÉVELOPPÉ dans le 2e cylindre. chevaux.	TRAVAIL TOTAL DÉVELOPPÉ dans les 2 cylindres. chevaux.	CONSOMMATION DE VAPEUR par cheval indiqué et par heure. kilogr.
Rapport volumétrique des cylindres = 4.														
1/15	0,332	825	4,667	115	69	1,057	0,634	0,610	65,2	123,88	99,55	28,4	127,95	7,416
1/6	0,668	1650	3,340	137,7	91,3	1,406	0,421	1,934	32,7	62	94,7	137,8	232,5	**7,380**
1/5	0,800	1980	4	144	97,8	1,492	0,373	2,308	24,2	45,6	84	184,5	268,5	7,544
Rapport volumétrique des cylindres = 2,718.														
1/10	0,270	990	1,350	109	62,8	0,650	0,482	0,700	61,9	172,93	121,6	35,82	157,42	7,387
1/6	0,431	1650	2,250	124,36	78,14	0,756	0,336	1,494	40,7	114,5	130,4	135,4	265,8	**6,650**
1/5	0,544	1980	2,720	130,9	84,7	0,892	0,328	1,828	34,3	95,8	127	160	287	7,230
Rapport volumétrique des cylindres = 1.														
1/6	0,467	1650	0,833	95	48,8	0,187	0,225	0,646	64	486,4	234	64,2	295,2	7,211

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Afin d'élucider complètement la question de l'*influence* de *l'étendue des surfaces des parois* sur le fonctionnement des moteurs à vapeur à deux cylindres, dits Compound, nous avons dressé encore un autre *tableau, le n° 4*, pour l'établissement duquel nous avons admis que les surfaces additionnelles présentaient une étendue égale à celles du piston et du couvercle de cylindre.

D'après ce tableau n° 4, nous voyons encore que, bien que les consommations aient augmenté progressivement, et soient plus importantes que celles données dans le tableau n° 1, le moteur ayant un rapport volumétrique de cylindres égal à 2,718 est celui qui présente la consommation la plus économique.

Ce que ce tableau démontre d'une façon remarquable, c'est que, par suite de l'étendue des parois et de leur action sur le fonctionnement du moteur, l'introduction qui répond à la marche la plus économique est celle égale au 1/6 de la course du piston, quel que soit le rapport des cylindres, au lieu de celle égale au 1/12 que nous avions trouvée précédemment.

Ainsi, et comme nous l'avons déjà vu, plus les surfaces de parois ont d'étendue, et plus la détente répondant au fonctionnement le plus économique est réduite.

C'est là, croyons-nous, un fait qui n'avait pas encore été établi, et duquel il faut tenir compte avec soin dans l'étude des moteurs à deux cylindres.

Il ressort aussi de l'étude complète que nous venons de faire de l'influence des parois, que l'étendue de celles-ci doit être réduite autant que faire se peut, et que leur action est tout aussi pernicieuse dans les moteurs à plusieurs cylindres que dans ceux à un seul cylindre.

Dans les moteurs à un seul cylindre la consommation seule est affectée par l'action des parois. Dans ceux à plusieurs cylindres la consommation d'une part, et la force produite d'autre part, se ressentent de cette action, et il en résulte qu'à forces égales les moteurs à deux cylindres doivent avoir leur deuxième cylindre de dimensions d'autant plus grandes que le rapport volumétrique des cylindres est lui-même plus grand; puis, que les moteurs à un seul cylindre doivent avoir des dimensions d'autant plus petites, par rapport aux moteurs à deux cylindres, que le rapport des cylindres de ces derniers sont plus grands.

Malgré que, d'après tout ce que nous avons vu ci-dessus, il ressorte que la consommation des moteurs à deux cylindres soit notablement plus économique que celle des moteurs à un cylindre, il ne faut pas perdre de vue que celle des premiers est une consommation qu'il serait pour ainsi dire impossible d'obtenir en pratique, à cause des pertes que nous avons mentionnées plus haut, et qui doivent entrer en ligne de compte. Ces pertes, qui ne peuvent être déterminées que par expérience, ont d'autant plus d'importance quant à leurs résultats, que les moteurs s'éloignent, par leur construction, des conditions nécessaires à un fonctionnement répondant au minimum de consommation.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Non seulement ces pertes auront leur répercussion sur la consommation des moteurs, mais elles affecteront aussi les forces que ceux-ci devraient produire utilement. Il faut donc, dans les moteurs à deux cylindres, s'attacher à les réduire le plus possible, et il est probable que, dans certains cas où on a pu réaliser des consommations remarquables, les moteurs qui les ont données devaient remplir les conditions sur lesquelles nous avons attiré l'attention de nos lecteurs.

Nous avons admis, pour les recherches que nous avons faites plus haut, que les moteurs considérés fonctionnaient à la pression de 5 atmosphères.

Nous allons voir si, en portant la pression à 8 atmosphères, il en résultera un avantage pour le moteur à deux cylindres,

Le rapport volumétriqne des cylindres égal à 2,718 étant celui qui dans tous les cas examinés a donné le fonctionnement le plus économique, nous ne considérerons ici que le fonctionnement d'un moteur ayant ce rapport de cylindres, et des surfaces additionnelles de parois égales à 0,50 de celles du piston et du couvercle du cylindre.

Le *tableau n° 5* montre que le moteur à deux cylindres Compound, fonctionnant avec de la vapeur à la pression de 8 atmosphères, atteint son régime de marche le plus économique lorsque l'introduction relative est égale à 1/12 du volume du deuxième cylindre, et qu'il peut produire 250^{ch},5 avec une consommation totale de vapeur de 5^{k},253 par cheval indiqué et par heure.

Le même moteur, lorsqu'il fonctionnait à 5 atmosphères, ne produisait que 176^{ch},95 avec une consommation de vapeur de 6^{k},217 au régime le plus économique, répondant à une admission de 1/10 du volume du deuxième cylindre.

De cette comparaison, il ressort que, tant sous le rapport de la force produite que sous celui de l'économie de vapeur, il y a avantage considérable à augmenter la pression de marche des moteurs à deux cylindres dits Compound.

Les pertes inhérentes au fonctionnement de ces moteurs étant de même ordre que ceux-ci marchent à 5 ou à 8 atmosphères, il est visible que les avantages que présente l'emploi des hautes pressions n'en sont pas affectés.

Les moteurs à deux cylindres qui ont fait l'objet de notre étude fonctionnaient à condensation. Il est intéressant de voir maintenant quel sera le fonctionnement des mêmes moteurs sans condensation; quels avantages et quels inconvénients présente leur emploi au point de vue de la production de la force motrice.

Nous avons dressé le *tableau n° 6*, qui donne toutes les phases du fonctionnement d'un semblable moteur sans condensation, recevant la vapeur à la pression de 8 atmosphères; les autres données, sauf la contre-pression, étant les mêmes que celles du moteur à condensation recevant la vapeur à la pression de 8 atmosphères.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Tableau n° 5.

Rapport volumétrique des cylindres = 2,718.

DEGRÉ D'INTRODUCTION par rapport au volume du 2e cylindre.		INTRODUCTION RÉELLE AU 1er CYLINDRE.	POIDS DE VAPEUR THÉORIQUE dépensé par heure.	PRESSION A LA FIN DE LA DÉTENTE dans le 1er cylindre.	TEMPÉRATURE DE LA VAPEUR à la fin de la détente dans le 1er cylindre.	DIFFÉRENCE DES TEMPÉRATURES de la vapeur entrant au 2e cylindre et du condenseur.	CHUTE DE PRESSION DUE A LA CONDENSATION de la vapeur entrant au 2e cylindre.	PROPORTION DE VAPEUR CONDENSÉE à l'introduction au 2e cylindre.	PRESSION DE LA VAPEUR à l'introduction au 2e cylindre.	DIFFÉRENCE DES TEMPÉRATURES extrêmes dans le 1er cylindre.	POIDS DE VAPEUR CONDENSÉE à l'introduction au 1er cylindre par heure.	TRAVAIL DÉVELOPPÉ dans le 1er cylindre.	TRAVAIL DÉVELOPPÉ dans le 2e cylindre.	TRAVAIL TOTAL DÉVELOPPÉ dans les 2 cylindres.	CONSOMMATION DE VAPEUR par cheval indiqué et par heure.
		p. 100.	kilogr.	atmosph.	degrés.	degrés.	atmosph.	p. 100.	atmosph.	degrés.	kilogr.	chevaux.	chevaux.	chevaux.	kilogr.
1/20		0,135	768,6	1,08	102	56	0,28	0,257	0,80	76	157,6	122,7	42,6	165,3	5,603
1/15		0,181	1025	1,45	111	65	0,52	0,336	0,93	72	149	132,9	69,5	222,4	5,279
1/12		0,224	1181	1,79	117	71	0,59	0,330	1,20	65	135	167,7	82,8	250,5	**5,253**
1/10		0,270	1337,2	2,16	123	77	0,60	0,280	1,56	57	117	174,1	119	293,1	5,644
1/8		0,338	1921,5	2,7	130,4	84,4	0,65	0,240	2,05	49	102	181,6	168,3	349,9	5,781
1/6		0,450	2562	3,61	140,25	94,3	0,74	0,206	2,87	37	77	184,6	250,8	435,4	6,061
1/5		0,544	3074,4	4,35	147	101	0,78	0,180	3,57	30	62	174,6	335	509,6	6,154

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Tableau n° 6.

Rapport volumétrique des cylindres = 2,718.

DEGRÉ D'INTRODUCTION par rapport au 3e cylindre.	INTRODUCTION RÉELLE au 1er cylindre.	POIDS DE VAPEUR théorique dépensé par heure.	PRESSION A LA FIN de la détente dans le 1er cylindre.	TEMPÉRATURE DE LA VAPEUR à la fin de la détente dans le 1er cylindre.	DIFFÉRENCE des TEMPÉRATURES entrant au 3e cylindre et de l'échappement.	PROPORTION DE VAPEUR CONDENSÉE à l'introduction au 3e cylindre.	CHUTE DE PRESSION due à la condensation de la vapeur entrant au 3e cylindre.	PRESSION DE LA VAPEUR à l'introduction au 3e cylindre.	DIFFÉRENCE des TEMPÉRATURES extrêmes dans le 1er cylindre.	POIDS DE VAPEUR CONDENSÉE à l'introduction au 1er cylindre par heure.	TRAVAIL DÉVELOPPÉ dans le 1er cylindre.	TRAVAIL DÉVELOPPÉ dans le 3e cylindre.	TRAVAIL TOTAL DÉVELOPPÉ dans les 3 cylindres.	CONSOMMATION DE VAPEUR par cheval heure indiqué.
	p. 100.	kilogr.	atmosph.	degrés.	degrés.	p. 100.	atmosph.	atmosph.	degrés.	kilogr.	chevaux.	chevaux.	chevaux.	kilogr.
1/10	0,270	1537	2,16	123	17,8	0,066	0,142	2,018	50	105	147	26,8	173,8	9,447
1/8	0,338	1921	2,70	130,4	25,2	0,0746	0,202	2,500	43	90,3	157	86,4	243,4	8,273
1/6	0,451	2562	3,61	140,25	35	0,0777	0,280	3,333	33,3	69,9	160	159,5	319,5	**8,237**
1/5	0,544	3074	4,35	147	41,8	0,0773	0,335	4,015	26,3	55	152	227	379	8,256
1/4	0,680	3843	5,44	155,8	50,6	0,0750	0,408	5,032	18,5	38,85	127,6	327,5	455	8,376

Tableau n° 7.

Rapport volumétrique des cylindres = 2,718.

DEGRÉ D'INTRODUCTION par rapport au 3e cylindre.	INTRODUCTION RÉELLE dans le 1er cylindre.	POIDS DE VAPEUR théorique dépensé par heure.	PRESSION après la détente dans le 1er cylindre.	DIFFÉRENCE des TEMPÉRATURES dans le 1er cylindre.	VAPEUR CONDENSÉE à l'introduction dans le 1er cylindre par heure.	PRESSION après la détente dans le 3e cylindre.	DIFFÉRENCE des TEMPÉRATURES dans le 3e cylindre.	PROPORTION DE VAPEUR CONDENSÉE à l'introduction dans le 3e cylindre.	FORCE DÉVELOPPÉE dans le 1er cylindre.	FORCE DÉVELOPPÉE dans le 3e cylindre.	FORCE TOTALE DÉVELOPPÉE dans les 3 cylindres.	CONSOMMATION DE VAPEUR par cheval heure indiqué.
	p. 100.	kilogr.	atmosph.	degrés.	kilogr.	atmosph.	degrés.	p. 100.	chevaux.	chevaux.	chevaux.	kilogr.
1/20	0,368	769,3	2,615	41,8	32,14	0,630	41	0,112	42	0,350	60	61	40	168	4,970
1/15	0,490	1025,7	3,580	30,8	23,7	0,916	42,6	0,087	54,1	0,310	58,4	83,9	69,2	211,5	**4,960**
1/12	0,620	1282,2	4,610	22	16,94	1,220	43,5	0,071	59,5	0,285	50,7	106,8	100	257,5	5,070
1/10	0,737	1538,6	5,554	15	11,55	1,525	42	0,058	66,7	0,260	39,65	127,4	130,4	296,85	5,222

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

D'après ce tableau, le fonctionnement le plus économique serait atteint lorsque l'admission de vapeur deviendrait égale à 1/6 du volume du deuxième cylindre. Ce tableau démontre aussi que les consommations diffèrent très peu entre elles, alors que les admissions de vapeur varient de 1/8 à 1/4 du volume du deuxième cylindre; et dans ce cas, il peut y avoir avantage à employer la plus forte introduction parce que la force fournie par le moteur est bien plus considérable que celle disponible à l'admission 1/8, et que le prix d'achat du moteur, à force égale, est plus avantageux dans le premier cas que dans le dernier.

On pourra remarquer aussi, en se reportant à notre travail sur le fonctionnement des moteurs à un cylindre, que la consommation du moteur à deux cylindres ne diffère pas sensiblement de celle du moteur à un cylindre. Or, le prix de ce dernier étant bien moins élevé que celui du premier, il y aura tout avantage, lorsqu'on ne fera pas usage d'un condenseur, à acheter un moteur à un seul cylindre de préférence à celui à deux cylindres.

Le seul cas où l'emploi du moteur à deux cylindres serait justifié, est celui où l'emploi de deux machines est absolument obligatoire, comme dans les locomotives par exemple. L'économie qu'on trouvera dans cet emploi ne sera pas considérable, et résultera bien plus du fait de la haute pression à laquelle on pourra porter les chaudières, que du fait de la réduction des condensations internes, quelle que soit d'ailleurs l'étendue des surfaces des parois

Moteurs à trois cylindres. — Recherche du degré de détente répondant au fonctionnement le plus économique des moteurs à trois cylindres. — Nous avons vu dans les exemples précédents, et nous avons établi dans un autre travail (1) que le rapport des cylindres le plus favorable à la consommation des moteurs à vapeur à plusieurs cylindres était égal à 2,718.

Nous admettons ce rapport pour l'étude du moteur à trois cylindres que nous supposerons fonctionnant avec de la vapeur à la pression de 8 atmosphères, toutes les autres conditions étant égales à celles du dernier moteur à deux cylindres et à condensation examiné précédemment.

Le tableau suivant, dressé d'après ces données, indique les différentes phases du fonctionnement du moteur à trois cylindres.

D'après ce tableau, le régime de marche le plus économique du moteur à trois cylindres est atteint lorsque l'introduction de la vapeur est égale au 1/15 du volume du troisième cylindre.

Entre l'introduction égale au 1/20 et celle égale au 1/15 du volume du troisième cylindre, il n'y a presque pas de différence de consommation, ce qui démontre que ce genre de moteur convient très bien à l'emploi des grandes détentes.

(1) Étude sur le travail des gaz. *Bulletin de la Société des ingénieurs civils*, janvier 1888.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Si on compare le tableau relatif au fonctionnement du moteur à trois cylindres à celui n° 5 relatif au fonctionnement du moteur à deux cylindres, on voit que :

1° La consommation la plus économique du moteur à trois cylindres est égale à $4^{k},960$ de vapeur, tandis que celle du moteur à deux cylindres atteint $5^{k},253$.

2° La force produite par le moteur à trois cylindres, à dimensions égales du dernier cylindre, est égale à $211^{ch},5$, tandis que celle du moteur à deux cylindres atteint $250^{ch},5$.

Le moteur à 3 cylindres présente donc sur celui à deux cylindres une économie de consommation égale à

$$\frac{5,253 - 4,960}{5,253} = 0,055, \text{ soit } 5,5 \text{ p. } 100,$$

tandis qu'au point de vue de la force produite il perd

$$\frac{250,5 - 211,5}{250,5} = 0,155, \text{ soit } 15,5 \text{ p. } 100.$$

et si l'on tient compte du prix d'achat, qui, pour le moteur à trois cylindres, sera plus élevé que celui à deux cylindres, on verra que, sauf dans certains cas où la consommation la plus économique doit primer, il pourra y avoir avantage à employer le moteur à deux cylindres de préférence à celui à trois cylindres.

Nous ne pousserons pas plus loin nos recherches, qui établissent suffisamment l'inutilité de multiplier le nombre des cylindres dans le but de réaliser des économies plus faciles à imaginer qu'à obtenir, surtout si l'on tient compte d'un facteur que nous avons négligé dans ces recherches et qui est le rendement organique du moteur, rendement qui diminuera en raison inverse du nombre de cylindres que le moteur possédera et qui aura pour conséquence de réduire l'écart des consommations effectives qui pourront devenir sensiblement semblables.

Nous pensons que le nombre maximum des cylindres des moteurs ne devra jamais être supérieur à trois, quelle que soit la pression de la vapeur admise dans le premier cylindre, si l'on veut obtenir un fonctionnement très économique dont on pourra d'ailleurs se rendre parfaitement compte en dressant des tableaux analogues à ceux que nous avons donnés dans cet ouvrage. Bien que cette méthode soit un peu longue, elle offre des avantages qui ne sont pas à dédaigner, et qui, dans bien des cas, pourront rendre des services réels aux ingénieurs qui y auront recours.

Nous avons vu, par l'examen des tableaux que nous avons dressés, que la consommation des moteurs à deux cylindres dits Compound variait :

1° Avec le rapport volumétrique des cylindres;

2° Avec le degré de l'introduction et de la détente;

3° Avec la pression de la vapeur admise.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Bien que l'action sur la consommation du rapport volumétrique des cylindres ressorte nettement de nos tableaux, il importe de l'établir d'une façon encore plus accusée.

A cette fin, nous avons dressé le tableau n° 8 suivant, dans lequel nous avons admis que, pour tous les rapports volumétriques des cylindres, l'introduction de *vapeur relative* par rapport au volume du deuxième cylindre était constante.

Tableau n° 8.

ADMISSION 1/12e.

Rapport volumétrique des cylindres.	Travail dans le 1er cylindre.	Travail dans le 2e cylindre.	Travail total.	Consommation par cheval indiqué et par heure.
8	49,9	76,4	126,3	6,670
6	63,2	74,3	137,5	6,240
4	81,3	71,2	152,5	5,740
2,7	100,7	59,4	160,1	**5,710**
2	117	47,6	164,6	5,840
1	148,1	26,1	174,2	6,610
0	un cylindre		181	7,166

ADMISSION 1/10e.

Rapport volumétrique des cylindres.	Travail dans le 1er cylindre.	Travail dans le 2e cylindre.	Travail total.	Consommation par cheval indiqué et par heure.
8	43,7	105,5	149,2	6,720
6	59,9	100,9	160,8	6,310
4	84,7	91,2	175,9	5,860
2,7	107	76,5	183,5	5,830
2	126,5	64,7	191,2	**5,820**
1	169,7	36,5	206,2	6,310
0	un cylindre		213,5	6,720

De ce tableau il ressort que :

1° Le travail développé par la vapeur dans le premier cylindre augmente à mesure que le rapport volumétrique des cylindres diminue. Ceci résulte de ce que, lorsque le rapport volumétrique des cylindres diminue, le poids de vapeur admise dans le premier cylindre étant constant, le travail dû à la détente seule de la vapeur dans ce premier cylindre s'accroît, tandis que la contre-pression qui s'exerce sur le piston de ce cylindre diminue.

2° Le travail développé par la vapeur dans le deuxième cylindre décroît à mesure que le rapport volumétrique des cylindres diminue. Ceci est dû à ce que la vapeur subissant une détente dans le premier cylindre, d'autant plus étendue que le rapport volumétrique des cylindres est plus faible, elle est ensuite admise dans le deuxième cylindre avec une pression d'autant moins élevée et sa détente est d'autant *plus* réduite.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

3° Le travail total fourni par les deux cylindres augmente à mesure que le rapport volumétrique des cylindres diminue, et atteint un maximum lorsque ce rapport est égal à 0, c'est-à-dire lorsque le moteur n'a plus qu'un seul cylindre. Ceci est dû à ce que la vapeur, en entrant dans le deuxième cylindre, possède une pression et par suite une température d'autant plus élevée que le rapport volumétrique des cylindres est lui-même plus grand. Or, comme le poids de vapeur introduite dans le premier cylindre est constant, il se produit, au moment de l'introduire de cette même vapeur dans le deuxième cylindre et au contact des parois, une condensation partielle qui a pour effet de réduire le poids de vapeur dans une certaine proportion, d'autant plus élevée que la différence des températures extrêmes dans le deuxième cylindre est plus grande, c'est-à-dire que la différence des pressions à l'admission et à l'échappement est plus grande. La condensation ainsi produite a pour effet immédiat de réduire proportionnellement le travail qui aurait pu être effectué complètement si le poids de vapeur sortie du premier cylindre était entré intégralement dans le deuxième, et comme cette condensation est proportionnelle à la différence des pressions, et que ces pressions ont plus d'écart dans les moteurs à grand rapport volumétrique des cylindres que dans ceux à faible rapport, le travail moteur total est plus diminué dans les premiers que dans les derniers.

La vapeur, en se condensant partiellement au moment de son introduction dans le deuxième cylindre, peut, selon les conditions dans lesquelles se fait la distribution, perdre une partie de sa pression. Dans ce cas la contre-pression diminue, derrière le piston du premier cylindre et le travail fourni par celui-ci augmente. Toutefois, le travail gagné dans le premier cylindre ne peut être égal à celui perdu dans le deuxième, et en fin de compte, le travail total est diminué d'autant plus que la condensation de la vapeur à son introduction dans le deuxième cylindre a été plus importante.

4° Le poids de vapeur condensée à l'introduction dans le premier cylindre augmente à mesure que le rapport volumétrique des cylindres diminue. Ceci est dû à ce que, plus le rapport volumétrique des cylindres diminue, c'est-à-dire plus les dimensions du premier cylindre augmentent, celles du deuxième cylindre restant constantes, plus les différences de pression de la vapeur à l'admission et à l'échappement acquièrent d'importance dans ce premier cylindre, et plus l'action des parois se fait sentir au moment de l'admission de la vapeur. Cette condensation atteint un maximum quand le moteur est à un seul cylindre.

5° Le poids de vapeur condensée au moment de l'introduction de la vapeur dans le deuxième cylindre décroît à mesure que le rapport volumétrique des cylindres diminue. Ceci est dû à l'action de plus en plus restreinte des parois que nous avons indiquée au 3° ci-dessus.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

6° La consommation totale de vapeur du moteur décroît d'abord à mesure que le rapport volumétrique des cylindres diminue, puis elle atteint un minimum, et enfin elle s'accroît pour atteindre un maximum, lorsque le rapport des cylindres devient égal à 0, c'est-à-dire quand le moteur est à un seul cylindre.

Ces variations de la consommation de vapeur sont dues à ce que, d'une part, la condensation et l'admission de la vapeur dans le premier cylindre augmentent à mesure que le rapport volumétrique des cylindres diminue; et d'autre part, à ce que la force totale fournie par le moteur augmente à mesure que le rapport des cylindres diminue.

7° Les moteurs à vapeur à deux cylindres dits Compound ont un fonctionnement plus économique lorsque les rapports volumétriques des cylindres sont faibles que lorsqu'ils sont élevés.

Les rapports compris entre 2 et 4 paraissent convenir mieux que les autres au point de vue de l'utilisation de la chaleur.

Nous pensons, par l'exposé ci-dessus, avoir jeté un peu de lumière sur la question, laissée d'ordinaire à l'arbitraire, de la détermination des rapports volumétriques des cylindres des moteurs à vapeur dits Compound.

Néanmoins, il peut y avoir quelquefois des raisons déterminantes d'adopter d'autres rapports, comme par exemple lorsqu'il s'agit d'égaliser les travaux des deux pistons.

Malgré que nous ayons vu plus haut qu'il n'était pas toujours avantageux de recourir à l'emploi de trois cylindres, nous croyons que lorsqu'il s'agit d'égaliser les travaux sur les pistons, il sera encore préférable de recourir aux moteurs à trois cylindres avec faible rapport volumétrique des cylindres entre eux, plutôt que de faire usage de moteurs Compound ayant un rapport volumétrique de cylindre supérieur à 4.

EXAMEN DES DIAGRAMMES ET DU FONCTIONNEMENT DE QUELQUES MOTEURS A PLUSIEURS CYLINDRES

Les *diagrammes nos 9 et 10* ont été relevés sur une machine d'usine à balancier et à deux cylindres du système dit de Woolf.

Par suite de la disposition des cylindres, les canaux de vapeur de ceux-ci ont un volume relativement considérable, et la surface des parois a beaucoup d'étendue. Au moment où la vapeur passe du premier au deuxième cylindre, il se produit une chute de pression importante, due, pour une part, au volume des canaux de vapeur dans lesquels la vapeur se détend sans produire de travail, et pour une autre part à une condensation importante causée par le contact des parois de ce deuxième cylindre. Par suite de ces deux causes de perte, la pression de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la vapeur à l'admission dans le deuxième cylindre n'est plus égale qu'à la moitié de celle que possédait la même vapeur après sa détente dans le premier cylindre.

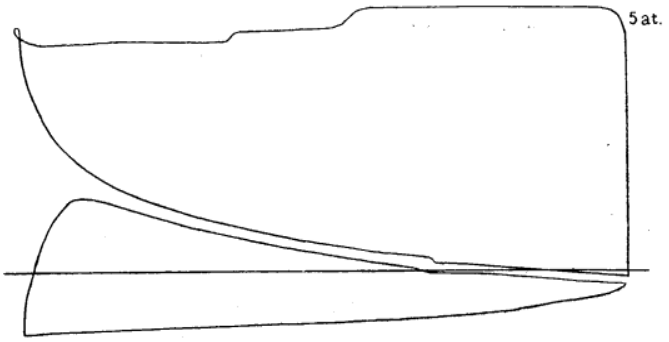


Fig. 9. — Machine *Woolf* à balancier : 26 tours. R = 3,36.

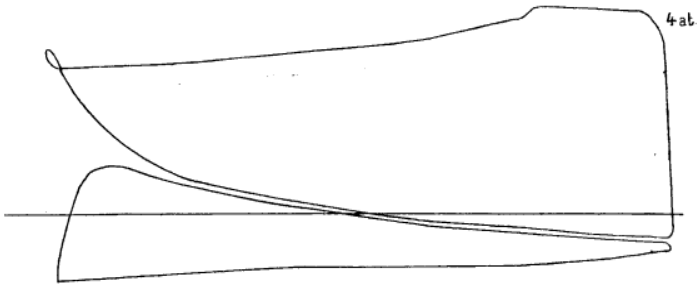


Fig. 10.

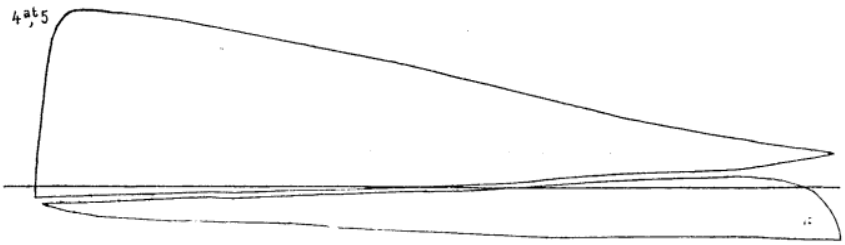


Fig. 11. — Machine *Woolf* à balancier : 16 tours. R = 4.

Le *diagramme n° 11* a été relevé aussi sur une machine d'usine à balancier et à deux cylindres du système de Woolf.

Ce diagramme diffère de celui de la machine précédente en ce que la chute de pression de la vapeur à son passage du premier au deuxième cylindre est ici plus réduite. On remarquera que, dans le premier cylindre de cette machine, la vapeur subit déjà une détente importante, et que sa pression à la fin de cette

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

détente est bien plus réduite qu'elle ne l'était dans la machine précédente. Il s'ensuit donc que la vapeur qui pénètre dans le deuxième cylindre ayant une température moins élevée, il s'en condense une quantité moins grande au contact des parois pour réchauffer celles-ci, et que la chute de pression qui en résulte est d'autant réduite. D'autre part, plus la température de la vapeur est basse, et plus la chute de pression pour un même abaissement de la température est faible. Ces deux effets s'ajoutent, et expliquent que la chute de pression de la vapeur entre les deux cylindres soit, pour cette machine, moins forte que pour la précédente; ceci démontre, ainsi que nous l'avons déjà établi plus haut, qu'il y a intérêt à ce qu'une notable partie du travail mécanique du moteur s'accomplisse dans le premier cylindre.

On remarque, à l'examen de ces diagrammes, que par suite même du fonctionnement de ce genre de moteur, qui a pour caractéristique que la vapeur passe pour ainsi dire directement et par transvasement d'un cylindre à l'autre, pendant toute la durée de la course des pistons et sans l'intermédiaire d'une chambre de vapeur, les parois du premier cylindre sont soumises à des différences de température presque aussi importantes que si le deuxième cylindre n'existait pas. Il doit donc se produire, au moment de l'admission de la vapenr dans ce premier cylindre, des condensations abondantes de nature à influer notablement sur leur consommation finale et totale.

Le *diagramme n° 12* a été relevé sur une puissante machine marine de construction récente et du système de Woolf. Le premier cylindre est muni d'un tiroir spécial de détente, et les tiroirs des deux cylindres sont conduits par une coulisse de changement de marche.

De l'examen du diagramme, il ressort que, dans le premier cylindre, le travail dû à la détente seule est très important, puis, à la fin de cette détente, il se produit, lorsque la vapeur passe du premier au deuxième cylindre, une chute de pression très notable, qui a pour effet de réduire le travail total qui devrait être fourni par ce moteur dans le rapport des diagrammes réels relevés sur les deux cylindres au diagramme théorique représenté en pointillé sur la figure.

La dépense de vapeur de ce moteur a été de $7^{k},195$ par cheval indiqué et par heure, et la dépense de combustible de $1^{k},280$. Ce qui correspond pour la chaudière à une vaporisation de $5^{kg},621$ d'eau par kilogramme de charbon. La puissance de ce moteur est en marche normale de 5 100 chevaux indiqués.

Le *diagramme n° 13* a été relevé sur une machine marine semblable à la précédente, mais ayant un autre rapport volumétrique de cylindres. D'après le diagramme, on voit que pour cette machine le travail produit dans le premier cylindre par rapport à celui produit dans le deuxième est plus grand que celui de la machine précédente.

La consommation de vapeur a été de $7^{k},490$ par cheval indiqué et par heure,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et celle de combustible de 0ᵏ,890. Ce qui correspond à une vaporisation de 8ᵏ,420 d'eau par K de charbon

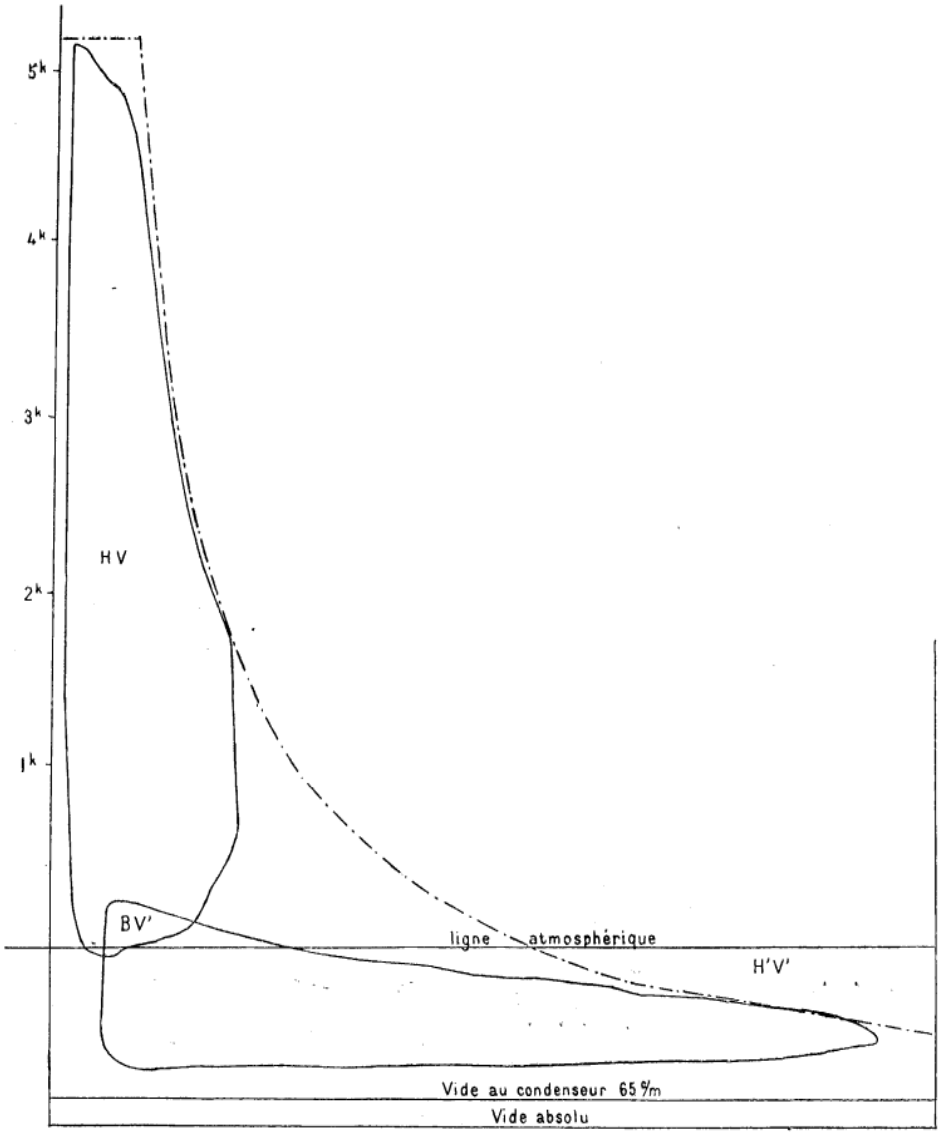


Fig. 12. — Machine marine *Woolf* : 54 tours. R = 4

Le *diagramme n° 14* a été relevé sur une machine de paquebot semblable comme fonctionnement et disposition à celle dont nous venons de parler et développant environ 6 800 chevaux.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les diagrammes relevés sur chaque cylindre font voir que la distribution de ceux-ci est disposée pour produire de la compression à fin de course du piston, et on remarque que, pendant ces compressions, il se produit des condensations

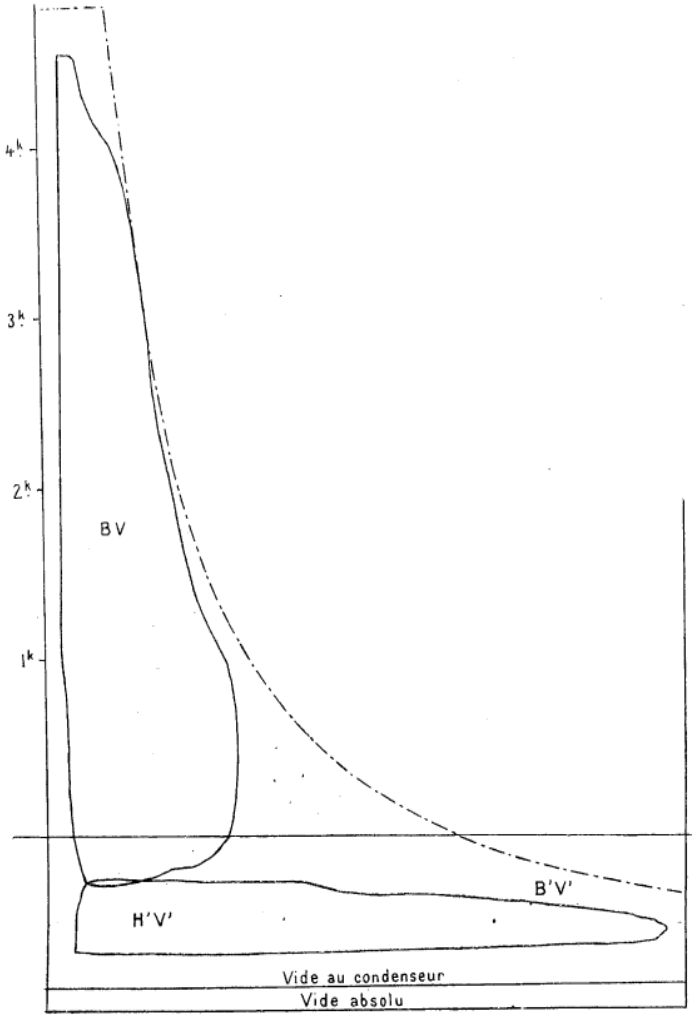


Fig. 13. — Machine marine *Woolf* : 50 tours. R = 3,35.

notables de même nature que celles que nous avons signalées en étudiant les moteurs à un seul cylindre, et ne différant de celles-ci que par la valeur de la pression à la fin de la compression, ce qui est dû très probablement à la surface revlatiement considérable des parois des cylindres de cette machine.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nous ne connaissons pas la consommation de ce moteur.

Le *diagramme n° 15* a été relevé sur une machine d'usine horizontale et du système de Woolf à deux manivelles opposées. La distribution du premier cylindre

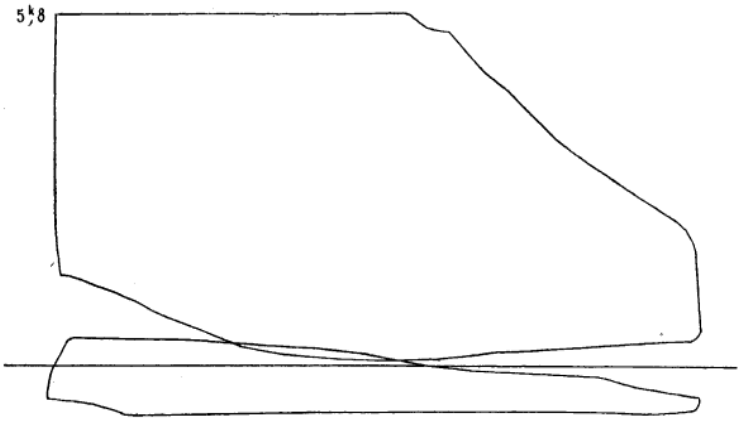


Fig. 14. — Machine marine *Woolf* : 58.3 tours. R = 3,59.

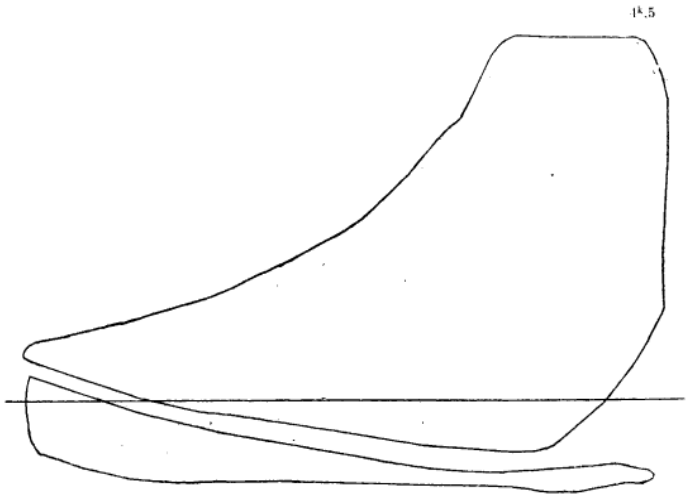


Fig. 15. — Machine *Woolf* : 60 tours. R = 4.

est munie d'un tiroir à fermeture rapide. Aussi voit-on sur le diagramme l'indice d'une vaporisation qui se produit peu après que la détente a commencé.

Dans cette machine, les deux cylindres sont placés l'un à côté de l'autre, et la vapeur passe de l'un à l'autre par des conduits très courts offrant peu de surface de parois. Ce sont là des circonstances très favorables ; aussi l'examen du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

diagramme ne révèle-t-il rien d'anormal et les pertes paraissent-elles très réduites.

Nous ne connaissons pas la consommation de ce moteur.

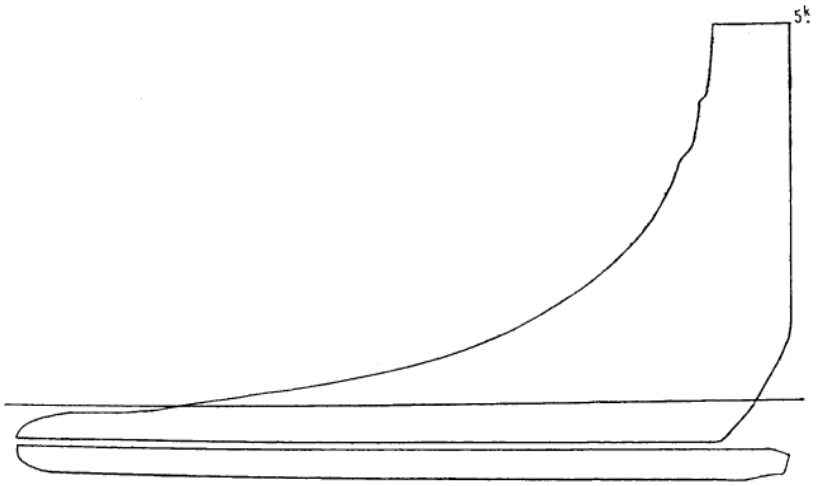


Fig. 16. — Machine *Woolf* : 30 tours. R = 1.

Les *diagrammes nos 16 et 17* ont été relevés sur une machine à deux cylindres pour l'élévation des eaux et marchant à la vitesse de 30 tours par minute.

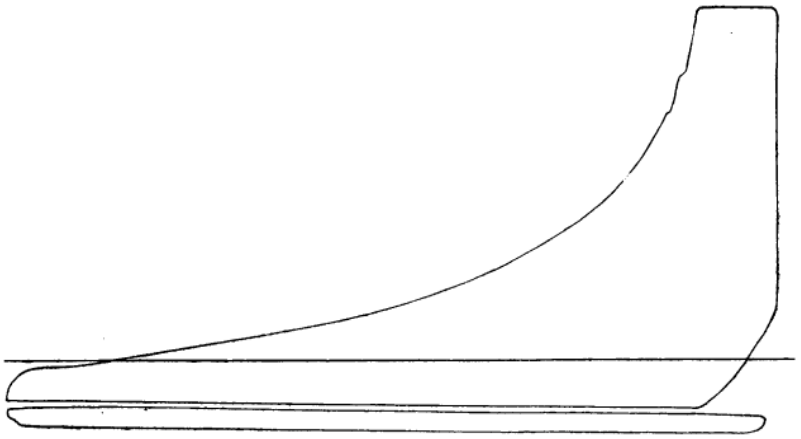


Fig. 17. — Machine *Woolf* : 30 tours. R = 1.

Le premier cylindre était muni d'une distribution à détente variable par le régulateur, et le deuxième cylindre possédait une distribution ordinaire.

L'examen du diagramme révèle que, dans le premier cylindre, il se produit

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pendant la détente des vaporisations analogues à celles que nous avons vues dans le moteur à un seul cylindre.

La consommation de cette machine, qui ne faisait que 23 chevaux en eau élevée, a été de $7^k,321$ de vapeur par cheval indiqué et par heure (1).

Le *diagramme n° 18* a été relevé sur une machine analogue à la précédente comme fonctionnement, non comme distribution, et marchant à la vitesse de 300 tours par minute. Bien que la vitesse de marche soit accélérée, on remarque qu'il se produit, pendant la période de détente et de compression, des phénomènes de vaporisation et de condensation très nettement accusés.

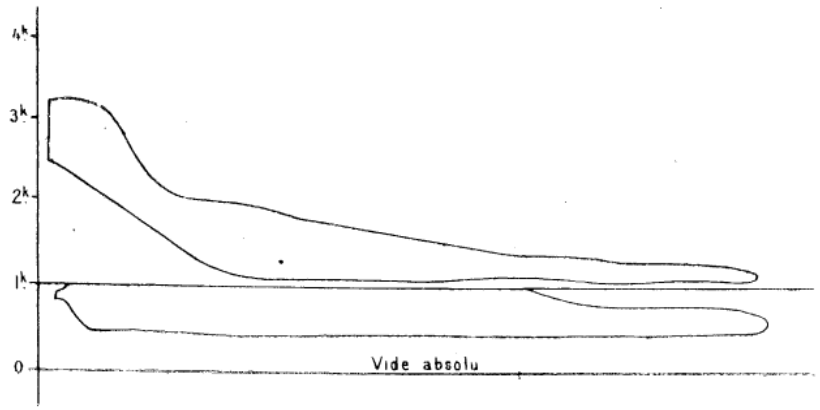


Fig. 18. — Machine *Woolf* : 300 tours. R = 4.

Nous n'avons pas de renseignements sur la consommation de cette machine.

Le *diagramme n° 19* a été relevé sur la machine Compound d'un yacht de plaisance. A part le rapport du diagramme total réel à celui du diagramme théorique, et quelques imperfections de la distribution, ce diagramme n'offre rien de particulier.

Cette machine, de la puissance de 215 chevaux environ, a consommé $7^k,700$ de vapeur par cheval indiqué et par heure.

Le *diagramme n° 20* a été relevé sur la machine Compound d'un paquebot développant environ 1 500 chevaux indiqués.

Le diagramme révèle que la distribution est imparfaite, et que, pendant la

(1) Le rapport volumétrique des cylindres de cette machine est égal à 1 et la vapeur, en passant dans le deuxième cylindre, subit une certaine condensation à l'admission, puis produit un travail à pleine pression sans aucune détente. C'est à la suite d'expériences exécutées sur cette machine que nous avons pu déterminer le coefficient de condensation 0,00091 dont nous nous sommes servi pour évaluer la consommation approximative des moteurs à un seul et à plusieurs cylindres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

compression, il se produit dans les deux cylindres des condensations de la vapeur au contact des parois.

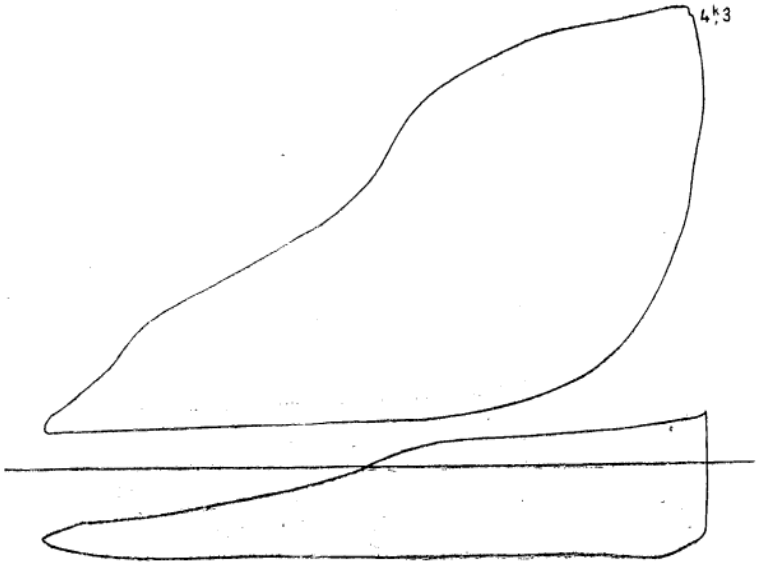


Fig. 19. — Machine Compound : 93 tours. R = 2,55.

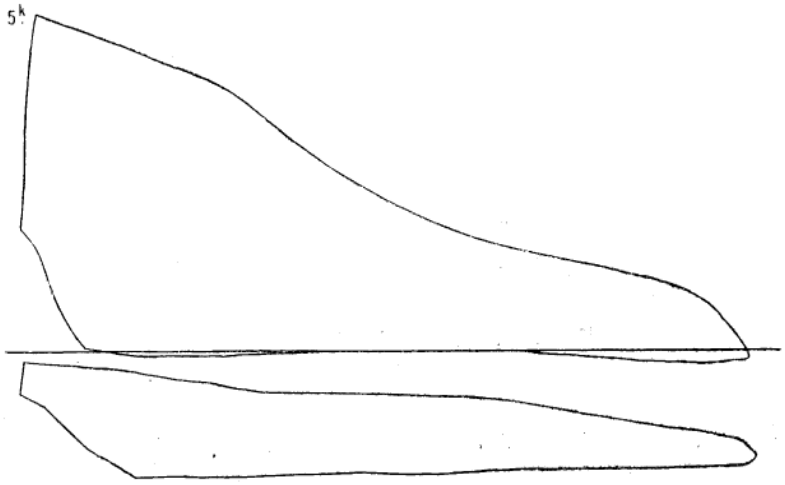


Fig. 20. — Machine marine Compound : 58 tours. R = 3,67.

Nous ne connaissons pas la consommation de cette machine.

Le *diagramme n° 21* a été relevé sur une machine Compound de paquebot

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

identique à la précédente, mais développant une force de 2100 chevaux indiqués. La distribution paraît mieux établie, car les pertes de diagrammes sont

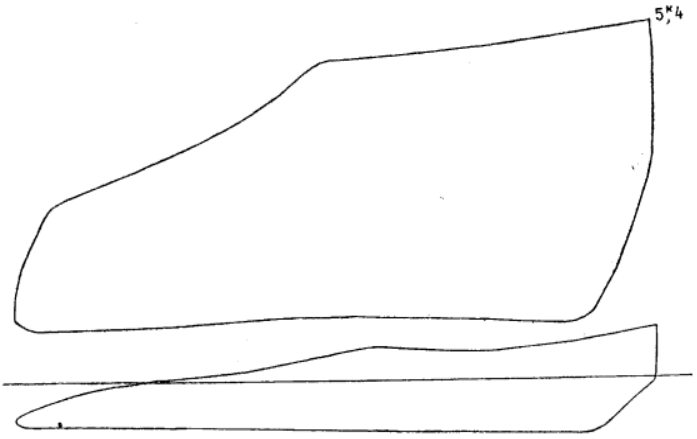


Fig. 21. — Machine marine Compound : 70 tours. R = 3,67.

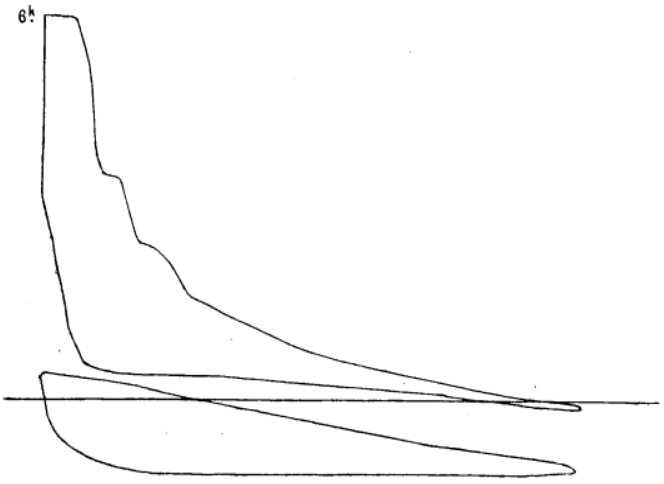


Fig. 22. — Machine Compound : 70 tours. R = 2,5.

moins fortes, malgré que la machine ait une vitesse plus accélérée que celle de la machine citée ci-dessus.

La consommation de cette machine nous est inconnue.

Le *diagramme n° 22* a été relevé sur une machine Compound d'usine fournissant environ 50 chevaux et possédant une distribution à détente variable par le régulateur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On remarque que, dans le premier cylindre, il se produit, au cours de la

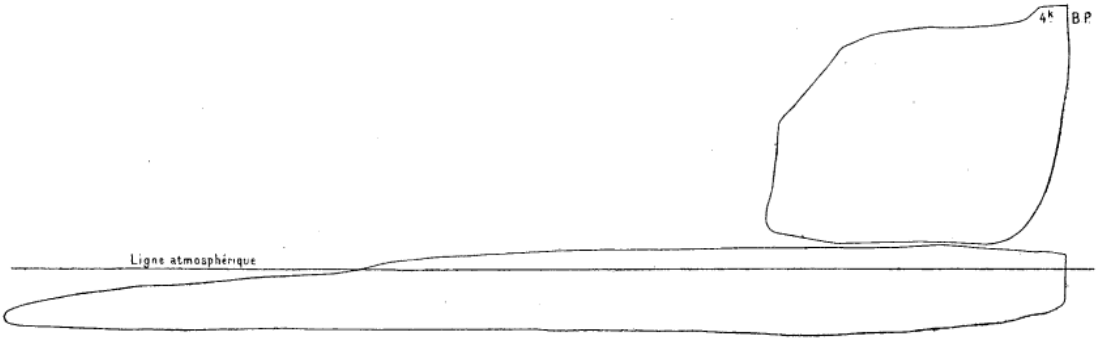


Fig. 23. — Machine marine Compound : 60 tours. R = 3.53.

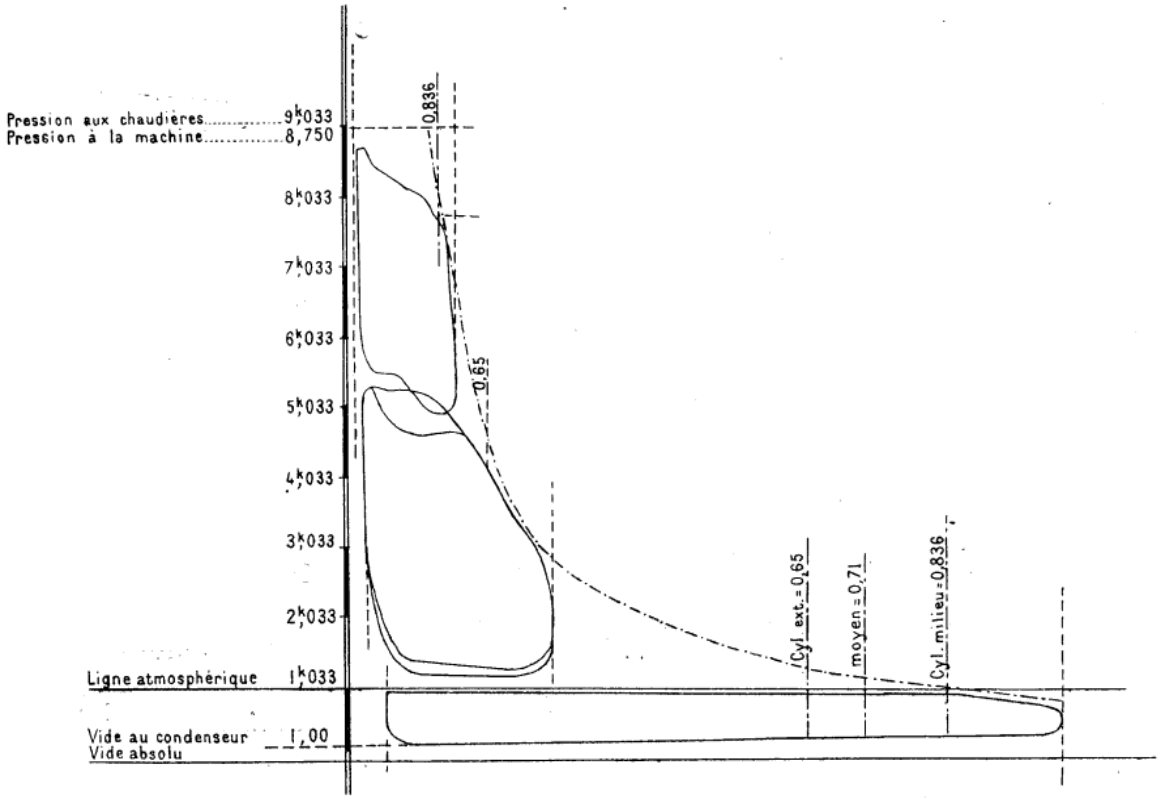


Fig. 24. — Machine marine Compound à triple expansion : 55 tours, 75. R = 2 entre le 1er et le 2e cylindre et 3,46entre le 2e et le 3e.

détente de vaporisations aussi importantes que celles que nous avons vues dans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les moteurs à un seul cylindre. Il se produit aussi des condensations pendant la période de compression dans les deux cylindres.

Nous ne connaissons pas la dépense de vapeur de cette machine. La dépense de combustible a été de 1k,400 environ par cheval effectif et par heure.

Le *diagramme n° 23* a été relevé sur la machine d'un transport militaire, fournissant environ 2650 chevaux indiqués. Cette machine est du type Dupuy de Lôme. La perte due à la déformation du diagramme paraît être ici très importante.

Nous ne connaissons pas la consommation de cette machine.

Le *diagramme n° 24* a été relevé sur une machine marine à triple expansion, développant 6 900 chevaux indiqués. Cette machine a six cylindres. La vapeur est admise dans un seul cylindre, d'où elle se rend dans deux cylindres inter-

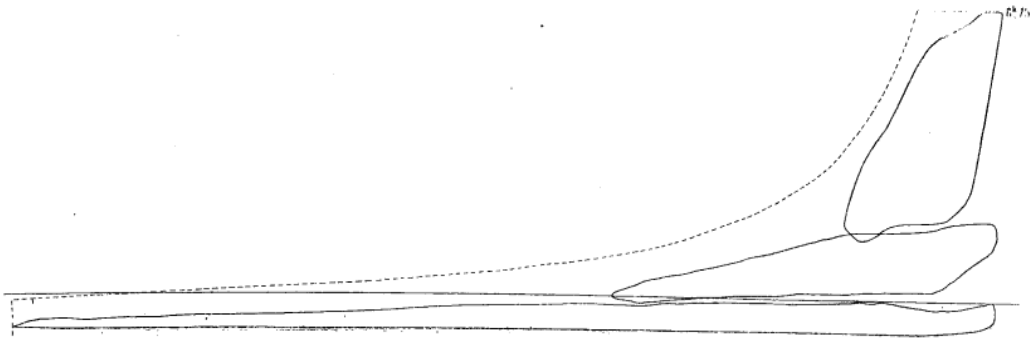


Fig. 23.

médiaires, puis enfin elle passe dans trois cylindres de dimensions plus grandes que les précédents.

Nous ne connaissons pas la consommation de cette machine, mais étant donnée la perte due à la déformation du diagramme total, dont on peut se rendre compte sur la figure n° 24, il y a tout lieu de penser que cette consommation ne diffère pas sensiblement de celles que nous avons données plus haut.

Le *diagramme n° 25* a été relevé sur une machine marine à triple expansion de construction récente. Cette machine a donné en essais des consommations de combustible variant de 0k,742 à 0k,809 par cheval indiqué et par heure. Les consommations de vapeur ne nous sont pas connues.

Le *diagramme n° 26* a été relevé sur une machine à un cylindre, qui a récemment été l'objet de nombreuses expériences dont les résultats seront publiés prochainement par les soins de M. Hirsch, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers.

Cette machine a consommé 6 kilogrammes de vapeur par cheval indiqué et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

par heure, chiffre qui se rapproche sensiblement de ceux que nous avons donnés pour la consommation des moteurs à un cylindre dans notre mémoire de

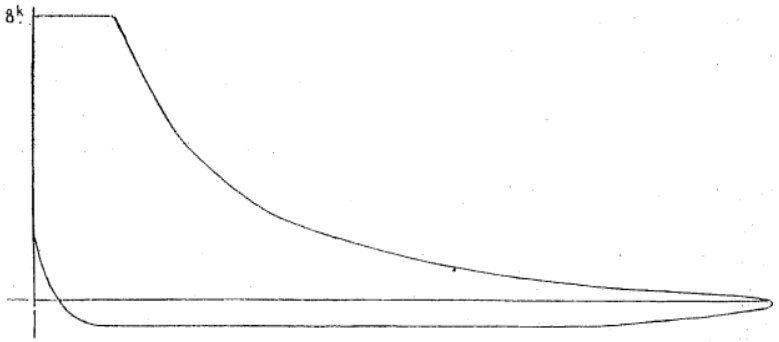


Fig. 26. — Machine monocylindrique : 70 tours.

janvier 1897. La consommation par cheval au frein a été d'environ 7 kilogrammes de vapeur pour une force développée de 300 chevaux effectifs.

RÉSUMÉ

Les quelques consommations relatives aux moteurs Compound que nous avons données ci-dessus diffèrent notablement de celles que nous avons établies dans nos tableaux.

Bien que nous en connaissions encore d'autres, relatives à des moteurs Compound ou triple expansion très perfectionnés et de constructeurs très réputés, nous ne les publions pas, parce qu'elles ne sont pas accompagnées de diagrammes, et aussi parce qu'elles ne descendent pas au-dessous de $6^{kg},500$ de vapeur par cheval indiqué et par heure.

Nous savons, et nous avons dit que les consommations théoriques approximatives inscrites dans nos tableaux sont des consommations limites, auxquelles le plus souvent, il sera difficile d'arriver. Cependant notre opinion est qu'on pourra en approcher très près.

Si les consommations des machines Compound et même à triple expansion construites diffèrent tellement de celles que nous avons déterminées plus haut, au point d'être plus élevées que les consommations qu'on obtient avec les bonnes machines à un seul cylindre, cela tient à ce que le principe qu'on a tant invoqué pour prôner ces machines, à l'encontre de celles à un seul cylindre, n'a pas été appliqué dans toute sa rigueur.

En effet, les partisans des machines Compound répètent volontiers que, par l'emploi de deux ou un plus grand nombre de cylindres, on réduit dans ceux-ci

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les différences ou chutes des températures et que les condensations internes sont par là d'autant réduites. Ce raisonnement est parfaitement juste, mais d'autre part, et en général, on ne tient pas compte de l'étendue de la surface des parois en contact avec la vapeur, si bien que, ce qu'on a gagné par la réduction de la chute des températures, on le perd et au delà par l'augmentation de la surface des parois, et à ce point que la consommation des moteurs Compound, au lieu d'être inférieure à celle des moteurs à un seul cylindre leur devient de beaucoup supérieure, alors que ceux-ci subissent cependant de grandes chutes internes de température, mais ont des parois dont les surfaces sont de plus en plus réduites.

Sous l'action des parois, les condensations internes des moteurs à plusieurs cylindres sont considérables, et ont pour effet immédiat de diminuer par déformation le diagramme réel obtenu pour une dépense donnée de vapeur. La puissance produite est donc diminuée, et plus cette perte de puissance est considérable, plus la consommation augmente.

Tous les efforts doivent donc tendre à diminuer la perte par déformation du diagramme en diminuant les condensations internes qui en sont cause, c'est-à-dire en réduisant le plus possible les surfaces des parois.

Il n'est pas besoin de démontrer l'importance d'un pareil sujet, ni les conséquences à en tirer au point de vue des moteurs à vapeur en général et des machines marines en particulier.

Pour arriver à ce résultat, il faudra souvent renoncer aux distributions par tiroirs uniques, dont le principal défaut est d'exagérer les inconvénients que nous venons de signaler. Nous savons bien que la raison pour laquelle l'emploi de machines Compound a été prôné (1) reposait en grande partie sur ce fait : qu'il était possible de réaliser d'assez grandes détentes sous de faibles chutes de

(1) Pour justifier l'emploi du moteur Compound, on a aussi allégué, qu'en cas de fuites des organes mobiles, le fonctionnement de ces moteurs était moins affecté que celui des moteurs à un cylindre. Les fuites des organes mobiles dépendent en grande partie de la perfection de leur ajustage et ne peuvent jamais être évitées complètement. Quand elles se produisent dans les moteurs à un cylindre, la force développée par ceux-ci n'est généralement pas altérée et la consommation seule augmente. Si, dans les moteurs Compound, les fuites se produisent au premier cylindre, le travail fourni par celui-ci n'est généralement pas altéré et la consommation augmente tout comme pour les moteurs à un cylindre. Mais si ces fuites se produisent au deuxième cylindre, il n'en est plus de même ; la puissance produite par le moteur diminue et sa consommation augmente de ce fait. Ceci se comprend, car si l'on considère un poids de vapeur évoluant dans le deuxième cylindre, ce ne peut être qu'un poids parfaitement déterminé, et qui a été dosé par son passage dans le premier cylindre, et si une partie de ce poids de vapeur s'échappe par des fuites, le travail qui sera produit sera réduit proportionnellement au poids de vapeur resté dans le deuxième cylindre, et tout se passera, en somme, comme s'il s'était produit une condensation de vapeur plus importante que celle qui a lieu réellement dans le deuxième cylindre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

température dans chaque cylindre, et avec des appareils de distribution très simples. comme le sont les distributeurs uniques, mais c'est là précisément qu'a été la cause de la consommation élevée des machines Compound, sur lesquelles les machines à un seul cylindre ont pu conserver une supériorité de consommation, parce que, pour ces derniers moteurs, on a eu recours à tous les moyens propres à les améliorer, et que le principal de ces moyens a été l'emploi de distributions perfectionnées, permettant de réduire les surfaces des parois à leurs dernières limites.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MÉTALLURGIE

APPLICATION DE LA LOI DES PHASES AUX ALLIAGES ET AUX ROCHES.

Note de M. **H. Le Chatelier** (1).

La loi des phases de W. Gibbs a été un guide précieux dans l'étude des équilibres chimiques ; sans elle, il eût été impossible d'aborder les systèmes complexes qui ont fait, dans ces dernières années, l'objet des recherches des savants hollandais.

Cette loi peut encore donner des indications très utiles sur la constitution des corps solides complexes, tels les alliages métalliques, les roches de l'écorce terrestre. Cette constitution est rigoureusement régie par la loi des phases, dans tous les cas où l'état final envisagé est un état d'équilibre, c'est-à-dire a été atteint par une succession de transformations réversibles. Le nombre des matières différentes juxtaposées dans la masse totale sera entièrement déterminé par le nombre des constituants différents qui entrent dans sa composition.

Rappelons l'énoncé de la loi des phases :

Soient : n le nombre des constituants indépendants ; p le nombre des actions physiques : r le nombre des phases, c'est-à-dire des matières homogènes différentes (combinaison, dissolution) qui se trouvent en présence.

Le degré de liberté d'un semblable système, c'est-à-dire le nombre des variations indépendantes que l'on peut lui faire subir, est égal à

$$n + p - r.$$

Si l'on envisage le cas où une seule des actions physiques extérieures : la température, est variable, condition réalisée dans la fusion des corps sous la pression atmosphérique, p est égal à 1, et l'expression du degré de liberté devient

$$n + 1 - r$$

Suivant que cette expression a pour valeur 0, 1, 2,... on dit que le système est *invariant, monovariant, divariant :* cela veut dire qu'il est possible, sans altérer l'état d'équilibre, de faire varier 0, 1, 2,... des conditions qui déterminent son état actuel. Ces conditions sont la température et la composition des différentes phases en présence.

En appliquant cette loi à un mélange de corps solides pris à la température ordinaire et obtenu par une succession de transformations réversibles, telles que solidification par refroidissement, cristallisation d'une dissolution, etc., on arrive à la conclusion suivante :

L'état stable d'un mélange solide (sels fondus, alliage métallique, roche, etc.) correspond à un système monovariant ; c'est-à-dire, que le nombre des phases doit être égal au nombre des constituants indépendants qui entrent dans sa composition.

Prenons comme exemple un alliage de fer et carbone ; à ces deux constituants devront correspondre deux phases, soit les constituants eux-mêmes, soit quelques-unes de leurs combinaisons. Pour le montrer, suivons le mélange depuis son état fondu jusqu'à la température ordinaire.

1° *Fonte liquide.* — 1 phase ; système divariant, température et composition du liquide indépendantes.

(1) *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 8 janvier 1900.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2° *Fonte liquide* et *graphite*. — 2 phases ; système monovariant. La composition du liquide est entièrement déterminée à chaque température. C'est une solution saturée.

3° *Fonte liquide, graphite, solution solide de carbone*. — 3 phases ; système invariant. La composition de la fonte, 3 pour 100 de carbone, celle de la solution solide, 1,3 pour 100 de carbone, et la température, 1150° environ, restent invariables aussi longtemps que l'une des trois phases n'a pas disparu. En continuant à enlever de la chaleur la phase liquide disparaît.

4° *Graphite, solution solide de carbone*. — 2 phases ; système monovariant. La composition de la solution solide (austinite, martensite ou troostite) est entièrement déterminée par chaque température. C'est une solution saturée solide.

5° *Graphite, solution solide de carbone, fer pur*. — 3 phases ; système invariant. La composition de la dissolution solide, environ 0,5 pour 100 de carbone, et la température, voisine de 700°, restent invariables tant que l'une des 3 phases n'a pas disparu, En continuant à enlever de la chaleur la solution solide disparaît.

6° *Graphite* et *fer pur*. — 2 phases ; système monovariant. La température peut varier sans modifier l'état du système qui se conserve jusqu'à la température ordinaire et y est absolument stable.

Le résultat sera toujours le même dans les corps obtenus par fusion ; on ne peut descendre au-dessous du point de dernière solidification qui correspond à un système invariant, que par la disparition de l'une des phases. Le système devient monovariant et il le reste jusqu'à la température ordinaire, si aucun des corps solides ne subit de transformations ultérieures pendant le refroidissement ; sinon, il passe par un nouveau point invariant, comme le fer carburé, et arrive toujours finalement à un système monovariant.

Comme exemple de corps à trois constituants qui doit, après solidification, renfermer trois phases juxtaposées, on peut citer le granite. Ses trois constituants élémentaires sont silice, alumine et potasse ; ses trois phases sont quartz, feldspath et mica.

Si, dans une masse semblable, on trouve un nombre de phases supérieur à celui de ses constituants indépendants, on peut être certain que la série des opérations qui leur ont donné naissance n'est pas réversible et que l'état final obtenu n'est pas stable.

Cela se présente habituellement dans le cas de la fonte, qui est refroidie assez rapidement ; elle est constituée par la juxtaposition de trois corps : fer, graphite et cémentite (Fe^3C). Cet état est instable ; par recuit (fabrication de la fonte malléable), on fait disparaître la cémentite.

Les deux principales causes qui donnent naissance à ces systèmes instables sont d'abord les refroidissements trop rapides, comme dans le cas de la fonte, et, en second lieu, la consolidation successive des différents éléments cristallisés en couches concentriques qui amènent l'isolement complet de certaines parties. C'est ainsi que, dans les alliages de cuivre et de cadmium, on observe souvent trois phases : le cuivre, le cadmium et une combinaison de ces deux métaux. Le cuivre qui s'est déposé en premier ne subsiste que parce qu'il est enveloppé par la combinaison définie et ainsi isolé du cadmium avec lequel il aurait dû finalement se combiner.

Une particularité importante de ces alliages instables est de présenter une constitution et, par suite, des propriétés extrêmement variables avec les conditions de travail qui sont intervenues dans leur préparation.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

SUR LA CULTURE DES LUPINS BLANCS. Note de **MM. P.-P. Dehérain** et **E. Demoussy** (1).

Il y a déjà quelques années, des ensemencements de lupins blancs, jaunes ou bleus, exécutés sur le champ d'expériences de Grignon, dans la Limagne d'Auvergne et encore dans l'Yonne, chez un de nos correspondants, n'ont donné que des résultats médiocres, ou même ont complètement avorté.

Pour déterminer les causes de ces échecs, et bien que cette espèce de légumineuse ait été l'objet de recherches nombreuses et intéressantes dues à MM. Nobbe, Hiltner, Liebscher, Salfeld, Stoklasa et autres, en Allemagne et en Autriche, et à MM. Bréal et Mazé en France, nous nous sommes engagés dans une série de recherches dont nous exposons aujourd'hui à l'Académie les premiers résultats.

Les lupins prospèrent habituellement sur des terres siliceuses, et ont la réputation d'être calcifuges. Pour savoir si c'était en effet la présence de la faible quantité de calcaire qu'elles renferment qui rendait les terres énumérées plus haut incapables de porter ces plantes, nous avons, au printemps de 1897, semé des lupins blancs, dont nous nous occupons spécialement aujourd'hui, dans des sols de sable siliceux, pourvus d'engrais minéraux et divisés en plusieurs lots : le premier a été laissé sans carbonate de chaux, et, aux lots suivants, on a ajouté respectivement, pour 100 grammes de sable, $0^{gr},5$, 1 gramme, 5 grammes et 10 grammes de carbonate de chaux. Dans l'espoir de faire naître sur les racines des nodosités à bactéries fixatrices d'azote, nous avons ajouté à tous nos sols artificiels de la délayure d'une terre prise dans une plate-bande de jardin qui, depuis plusieurs années, porte de la luzerne.

Cette inoculation ayant complètement échoué, nous avons fait venir d'Allemagne des flacons de nitragine ; mais l'épandage du contenu de ces flacons, dilué dans de l'eau tiède, n'a pas fait apparaître de nodosités sur les racines.

Nos lupins ont vécu misérablement, ce qui prouve bien que, sans intervention étrangère, cette plante est incapable de fixer l'azote atmosphérique. Il est bien à remarquer que les lupins du sable pur n'ont pas été sensiblement meilleurs que ceux qui ont vécu dans le sable additionné de carbonate de chaux ; les plantes avaient l'apparence chétive qu'elles présentent quand un aliment essentiel leur fait défaut ; mais elles ont vécu même en présence d'une quantité notable de calcaire, de telle sorte qu'il ne semble pas que ce soit à la présence de la chaux dans le sol que soient dus les échecs constatés en grande culture à Grignon et ailleurs.

En 1898, nous avons semé des lupins blancs en pleine terre dans une plate-bande de notre jardin du Muséum, formée par une ancienne terre maraîchère légèrement calcaire, encore riche en matière organique quoiqu'elle ne soit pas fumée régulièrement, et où végètent normalement des légumineuses variées : luzerne, trèfle, pois, haricots. Les lupins blancs n'ont que médiocrement réussi ; les pieds malingres

(1) Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 2 janvier 1900.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

furent nombreux, mais quelques individus, au contraire, acquirent tout leur développement et mûrirent leurs graines. Deux d'entre eux, arrachés à la fin de juillet, pesaient, après dessiccation, 24gr,9 ; c'est donc environ 12gr,4 pour chacun d'eux; ils renfermaient 2,06 d'azote pour 100 de matière sèche, quantité notable, bien qu'inférieure aux 3,23 d'azote dosés dans une très bonne plante, que M. Berthelot nous avait envoyée de la station de Chimie végétale de Meudon.

Les lupins récoltés au Muséum présentaient de grosses nodosités jaunes, lisses, formant une couronne autour du collet; quelques autres nodosités plus petites étaient éparses sur les racines.

Les grosses nodosités, fréquentes également sur quelques pieds qui ont réussi à Grignon, diffèrent de celles qu'on trouve sur les lupins provenant de terres favorables à leur végétation. Dans ce cas, les tubercules sont petits, fixés sans pédoncules sur sur les racines, y formant comme des chapelets à grains très espacés. Cette forme se rencontre sur les plantes de Meudon; nous l'avons retrouvée sur des lupins blancs d'une terre sablonneuse des environs de Rambouillet et d'une terre de Bretagne.

Un grand nombre de pots à sable reçurent au printemps de 1898 des engrais minéraux non azotés, et des graines germées et inoculées suivant la méthode de M. Bréal, c'est-à-dire dont les radicelles étaient piquées avec une aiguille préalablement trempée dans une nodosité de luzerne.

Cette inoculation réussit dans une certaine mesure ; on obtint quelques pieds pesant 7 grammes après dessiccation, mais contenant seulement 0,94 d'azote pour 100 de matière sèche ; un pied renferme donc 65 milligrammes d'azote, et, comme une graine de lupin n'en contient que 22 milligrammes, l'intervention de l'azote atmosphérique est évidente. Nous retrouvons donc ici les faits constatés il y a dix ans par M. Bréal; les bactéries de la luzerne font naître des nodosités sur le lupin blanc et ces bactéries y travaillent au profit de la légumineuse, mais avec une médiocre activité, puisque la plante présente une teneur en azote, qui n'est que le tiers de celle qu'on trouve dans un lupin bien venant dans un sol qui lui convient.

Quelques-uns de nos pots de sable avaient reçu des graines non inoculées; plusieurs plantes qui en étaient issues ne tardèrent pas à périr; mais d'autres survécurent, elles portaient sur leurs racines de grosses nodosités dont les germes avaient, sans doute, été apportés par le vent. Dans un de ces vases, les deux lupins blancs récoltés pesaient ensemble, après dessiccation, 8gr,7 ; ils ne renfermaient que 0,74 d'azote pour 100 de matière sèche. On trouvait donc, dans les deux plantes réunies, 64 milligrammes d'azote, les deux graines en contenaient 44 milligrammes; la fixation de l'azote par l'intermédiaire des bactéries des grosses nodosités est donc très faible et nullement en rapport avec les dimensions de ces nodosités.

L'apparition de tubercules sur des racines non inoculées soulevait la question de leur origine ; l'absence de nodosités sur les lupins de 1897 semblait bien montrer que les germes des bactéries productrices de nodosités ne se trouvent pas sur les graines elles-mêmes. Pour s'en assurer plus complètement, on sema, au printemps de 1899, dans du sable préalablement calciné, des graines qui avaient séjourné quelque temps dans du bichlorure de mercure au millième (pots 1 et 2), et d'autres qui, au contraire, ne furent pas stérilisées (3 et 4). A la récolte, on trouva des nodosités sur les racines des deux séries de plantes. On est donc en droit de conclure que ce ne sont pas les graines qui apportent les germes de ces tubercules.

Trois des vases ensemencés en 1899 ne reçurent aucune inoculation; un autre, le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

n° 4, fut inoculé un peu tardivement au moyen d'une délayure de nodosités de vesce velue ; les engrais minéraux furent les mêmes pour les quatre vases.

Le pot n° 1 porte deux plantes ; au moment de la récolte, à la fin de juin, elles sont chétives ; elles ont perdu beaucoup de feuilles ; elles ont fleuri et formé des gousses, mais paraissent épuisées ; leurs racines, très longues, descendent jusqu'au fond du pot et y serpentent. A la partie supérieure de ces racines apparaissent des nodosités énormes, jaunes, mamelonnées, de la dimension d'une forte framboise. Après dessiccation, les deux plantes réunies pèsent seulement $5^{gr},35$; on y dose 1,24 d'azote pour 100 ; c'est donc seulement 66 milligrammes d'azote dans les deux plantes ; comme les deux graines dont elles sont issues en renfermaient 44 milligrammes, la fixation d'azote atmosphérique est très faible.

On observe des faits analogues pour le pot n° 2 ; mêmes nodosités, même teneur en azote.

Les lupins du vase n° 3 proviennent de graines non stérilisées. Bien qu'ils portent d'énormes nodosités, tellement singulières qu'on en a pris une photographie que nous avons l'honneur de mettre sous les yeux de l'Académie, on n'y dose que 0,84 d'azote pour 100 de matière sèche ; les deux plantes, pesant ensemble $7^{gr},6$ après dessiccation, ne renferment que 64 milligrammes d'azote.

A voir l'aspect de ces plantes souffreteuses, qui ont perdu toutes leurs feuilles inférieures, on a le sentiment que les bactéries qui ont construit les énormes tubercules de la racine se comportent surtout comme des parasites et ne donnent à la légumineuse hospitalière qu'une bien faible assistance. Peut-être est-ce précisément parce qu'elles travaillent très mal, pour la plante qui les porte, qu'elles réussissent à former des nodosités aussi volumineuses.

Les tubercules de ces trois pots sont donc très différents de ceux qui garnissaient les racines des plantes végétant dans la plate-bande voisine.

Sur le sable du pot n° 4, on a versé, ainsi qu'il a été dit, de la délayure de nodosités de vesce velue ; les racines portent cependant, comme celles des plantes précédentes, de grosses nodosités, en forme de framboises ; mais on aperçoit en outre, sur la racine principale, des excroissances demi-sphériques très rapprochées les unes des autres et disposées à la suite le long de la racine, suivant une génératrice, si on la compare à un cylindre ; il est curieux de constater que ces mêmes nodosités demi-sphériques se rencontrent encore sur une génératrice symétrique de la précédente.

La teneur en azote de ces lupins est un peu plus forte que celle des plantes des pots 1, 2 et 3 ; en effet, bien qu'elle ne s'élève qu'à 1,03 pour 100 de la matière sèche, $7^{gr},6$ de lupins secs contiennent 78 milligrammes d'azote, ce qui surpasse notablement les 44 milligrammes contenus dans les deux graines dont ils sont issus, comme si les bactéries productrices des nodosités hémisphériques avaient organisé plus d'azote aérien que celles qui habitent les grosses nodosités mamelonnées.

Tous les tubercules ont été examinés au microscope ; ils renfermaient des bactéries animées ; mais dans le lupin bien venu à 3,23 pour 100 d'azote on a observé la forme bifurquée caractéristique que l'on n'a pas retrouvée dans les liquides des autres nodosités.

En résumé, nous avons constaté, pendant ces trois années de culture, que les lupins blancs n'acquièrent qu'un très médiocre développement quand ils ne portent pas de nodosités sur les racines, mais que ces nodosités présentent des aspects très divers.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Elles peuvent être petites, espacées comme les grains d'un chapelet, et se rencontrent sur les pieds vigoureux dont la teneur en azote peut atteindre 3 pour 100 de la matière sèche (lupin de Meudon).

Elles sont lisses, de médiocres dimensions, formant parfois des couronnes au collet; nous avons trouvé dans les plantes qui les portent 2 pour 100 d'azote (Grignon, Muséum).

Elles proviennent d'inoculation et sont tantôt demi-sphériques, encastrées sur les racines (vesce velue), tantôt détachées (luzerne); les plantes hospitalières contiennent 1 d'azote pour 100 de matière sèche.

Elles sont énormes, mamelonnées en forme de framboises ; les plantes auxquelles elles appartiennent ne renferment que 0,6 à 0,8 d'azote dans 100 de matière sèche.

Telles sont les observations que nous avons réunies pendant ces trois dernières années, et nous sommes bien loin d'affirmer que ce soient là les seules formes que puissent affecter les nodosités qui apparaissent sur les racines des lupins blancs.

L'insuccès fréquent des cultures de cette légumineuse ne semble pas dû à la teneur en calcaire des sols sur lesquels elles ont été semées, car la terre de Meudon, où prospèrent les lupins blancs, n'en est pas privée. La réussite paraît devoir être attribuée à la présence dans le sol de bactéries favorables à la symbiose, qui organisent pour le lupin l'azote atmosphérique. Elles semblent, en outre, s'opposer à la formation, sur les racines, d'énormes nodosités, dues à d'autres bactéries qui, bien qu'encore utiles, vivent cependant sur la légumineuse plutôt en parasites qu'en associées.

ESSAIS DE CONGÉLATION SUR LES CIDRES. Note de **M. Descours-Desacres** (1).

I. On sait que la fabrication des cidres exige certaines additions d'eau, en l'absence desquelles on ne peut extraire du marc une suffisante quantité de jus ; que cette eau peut être aussi dangereuse pour l'hygiène que nuisible à la fermentation. On sait que cette fabrication donne pour produits des moûts dont la densité, exceptionnellement de 12° Baumé, varie de 6° à 9° Baumé pour les cidres purs et de 4° à 6° pour les produits avec addition d'eau, ou *boissons*, titres insuffisants pour assurer toujours une fermentation normale et pour garantir une conservation des liquides de plus de quelques mois.

On sait que les additions d'eau, dans cette fabrication, augmentent de 35 à 50 p. 100 le volume du jus naturel, déjà trop aqueux, et que les difficultés de logement ajoutées au défaut de conservation des liquides, sont les seules raisons d'être d'une production ultérieure d'eau-de-vie, production toujours onéreuse. A une boisson saine, on substitue *forcément* de l'alcool, alors même que la récolte suivante ne doit pas assurer une consommation à bon marché des boissons de cidre.

II. Afin d'obvier à ces inconvénients, nous avons tenté de soustraire l'eau au cidre pur en la conservant comme sous-produit pour la fabrication des *boissons*.

La congélation, dont les effets sur les cidres n'ont été qu'incomplètement étudiés,

(1) *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 3 janvier 1900.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

répond bien à ce desideratum. On parvient aisément, à l'aide des deux méthodes que nous allons indiquer, à dédoubler le cidre pur sans altération des liquides.

L'un des produits, le *produit de tête*, est une liqueur dont la densité atteint et peut dépasser celle des vins de liqueur les plus riches. L'autre, le *produit de queue*, est un liquide de titre très faible, pauvre en tanin, pouvant, chose imprévue, se conserver assez facilement à l'abri des fermentations ; c'est ce produit qui, dans la méthode nouvelle, remplace l'eau d'addition dans la fabrication des boissons.

III. On peut utilement procéder aux opérations de la congélation quel que soit l'âge du cidre, mais l'expérience démontre que c'est au moment de la fabrication, c'est-à-dire parallèlement aux opérations du pressoir, qu'elles sont le plus avantageusement conduites.

Deux méthodes se présentent avec des résultats sensiblement identiques : la *congélation en masse* et la *congélation fractionnée*.

Pour opérer à l'aide de la première méthode, il suffit d'abaisser, aussi lentement, en environ vingt-quatre heures, et aussi uniformément que possible, la masse de cidre à congeler à la température de — 3° ou — 4° C.

A l'issue de cette opération, le cidre se présente sous la forme d'un bloc glacé strié d'une multitude de canaux capillaires qui contiennent un cidre très riche en sucre et en tanin. Au centre du bloc, le plus souvent, subsiste un noyau liquide de cidre également riche.

On obtient par soutirage de ce bloc aux températures de — 2° puis — 1° et enfin 0° un cidre dont la densité, d'abord très élevée, diminue au fur et à mesure que le soutirage se poursuit.

Les différentes phases de l'opération donnent donc une série d'échantillons de cidres dont les densités décroissent graduellement du début de l'opération, moment où cette densité peut atteindre 19° Baumé, à la fin de l'opération, où elle tombe à 1° Baumé. Cette échelle permet à l'opérateur de retirer de la série tels échantillons de densité moyenne cherchée.

Pour opérer à l'aide de la deuxième méthode, il suffit d'abaisser la température du cidre à congeler à — 6° ou — 7° et de provoquer pendant l'opération un certain mouvement dans le liquide. La congélation se trouve alors fractionnée en une multitude de petits cristaux de titre peu élevé. Ces cristaux, retirés au fur et à mesure de leur formation et maintenus à la température de — 1° à — 2°, sont disposés sur un égouttoir en communication avec le récipient qui contient le cidre à traiter ; on remue leur masse pour faciliter l'égout.

L'opération est arrêtée lorsque le cidre traité a acquis la densité voulne, c'est le *produit de tête*. Les cristaux étant mis à égoutter à la température de — 1° puis de 0°, on recueille comme produit de leur fonte une série de cidres de densité de plus en plus basse jusqu'au produit extrême, qui titre seulement de 1° à 2° Baumé.

Des essais répétés nous ont démontré qu'il y avait intérêt, dans l'une comme dans l'autre méthode de congélation, à donner aux opérations l'un des deux types de séries suivants, qui répondent bien aux nécessités agricoles :

Premier type. — A. *Produits de tête*, dont la densité moyenne doit être de 40 à 50 pour 100 supérieure à la densité primitive. Soutirage à — 2° C.

B. *Produits intermédiaires*, destinés à être traités à nouveau et dont la densité moyenne doit être égale à la densité primitive. Soutirage à — 1° C.

C. *Produits de queue*, fournis par le surplus de liquide et dont la densité ne doit pas dépasser 2° Baumé environ, pour servir à la fabrication des boissons. Soutirage à 2° C.

Deuxième type. — A. *Produits de tête* dont la densité moyenne doit être, comme dans le premier type, de 40 à 50 pour 100 supérieure à la densité primitive. Soutirage à — 2°.

B. *Produits de queue*, destinés à être consommés seuls comme *boissons* dont la densité peut

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

varier de 4° à 6° Baumé et dont la conservation est égale à celle des boissons ordinaires de même densité.

IV. Nos expériences, pendant l'année 1899, ont porté sur quatre échantillons de cidres purs et sur un échantillon de poiré. Voici les résultats de l'ensemble de ces expériences.

					Produits.					
					de tête.		intermédiaires.		de queue.	
Dates.	Échantillons.	Durée de l'expérience.	Température.	Densité du moût.	Densité.	Volume p. 100.	Densité.	Volume p. 100.	Densité.	Volume p. 100.
5 octobre.	Pommes 1re saison.	24h	— 1°	6° B.	8° B.	50	6° B.	33,33	3° B.	16,66
13 octobre.	Pommes 2e saison.	24	— 2	7° B.	11°,5 B. 1 087cc	33,33	7° B.	33,33	2,5 B.	33,33
28 octobre.	Poires de dernière saison.	12	— 1	5° B.	6° B.	50	»	»	4 B.	50
18 nov. . .	Pommes 2e saison.	48	— 3	8° B. 1 060cc	15° B. 1 116cc	33,33	8° B. 1 060cc	25	2,4 B.	41,66
22 nov. . .	Pommes 3e saison.	24	— 5	11° B. 1 083cc	17° B. 1 132cc	50	11° B. 1 083cc	16,66	2° B.	33,33

V. Outre les avantages résultant d'une diminution dans la production de l'alcool comme aussi d'une fabrication plus hygiénique, d'une meilleure fermentation, d'une économie considérable dans le logement, d'un plus grand équilibre dans la valeur annuelle des produits et d'une diminution relative dans le prix des transports, la méthode de la congélation offre cet intérêt de donner lieu à un produit nouveau : le *produit de tête*.

Ce *produit de tête*, dont la densité doit varier, à l'état de moût, entre les points *extrêmes* de 10° à 18° B., est une liqueur riche en tanin, très sucrée ou très alcoolique suivant l'état auquel a été arrêtée la fermentation, de goût bien franc, rappelant par son bouquet les vins parfumés du midi de l'Europe.

Il peut paraître, à ces différents points de vue, intéressant de vulgariser une méthode appelée à passer utilement, semble-t-il, du domaine de la Science dans le domaine de la pratique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

NOTES DE MÉCANIQUE

LE PLANIMÈTRE *Lippincott*

Dans ce planimètre, la mesure des aires est donnée non par le roulement de la roulette, mais par son glissement sur un tube de verre D (fig. 1) convenablement

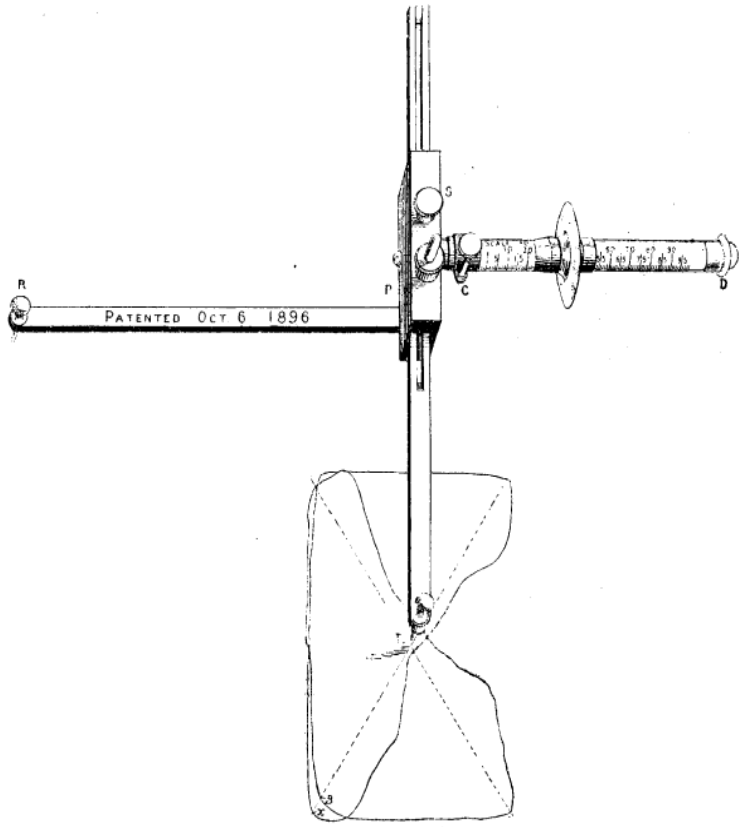


Fig. 1. — Planimètre *Lippincott*.

gradué, de sorte que l'exactitude du résultat est indépendante des altérations du contour de la roulette. Quant à l'échelle de la lecture, elle est donnée par l'écartement

1. *The Engineer*, 22 décembre 1899, p. 614.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des pointes P et T, que l'on mesure (fig. 2) sur une règle *ad hoc* en faisant saillir la pointe P.

Pour planimétrer un diagramme d'indicateur, on écarte les pointes P et T de la longueur même de la course du diagramme, longueur que l'on fixe en serrant la vis S, on dispose l'appareil avec le radial PR perpendiculaire à TP, la roulette au zéro sur le tube D, et la pointe T sur le coin B du diagramme, que l'on décrit avec la pointe T.

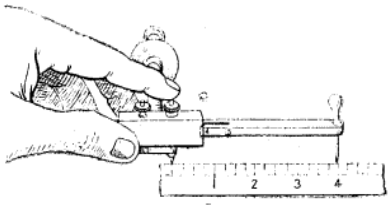


Fig. 2.

La position de la roulette sur le tube à la fin de ce parcours donne immédiatement la mesure moyenne.

Pour expliquer le fonctionnement de cet appareil, supposons d'abord (fig. 3) que la pointe P puisse glisser sur sa règle suivant AB, et que la pointe T suive un parcours élémentaire de la forme $TT_1T_2T_3$, dans lequel on décrit (1°) la droite TT_1, par le transport de TP parallèlement à lui-même en T_1P_1; (2°) l'arc T_1T_2 décrit autour de P_1;

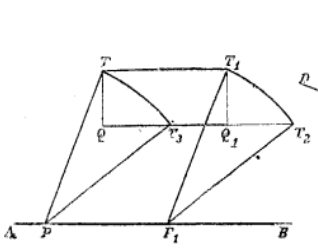


Fig. 3.

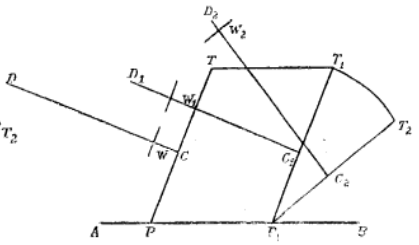


Fig. 4.

3°) la droite P_1P, en amenant P_1T_2 parallèlement à lui-même en PT_3 (4°) l'arc T_3T, en ramenant T_3 en T par son pivotement autour de P : il faut démontrer que l'aire $TT_1T_2T_3$ sera égale au produit de la longueur PT par le glissement de la roulette sur son tube D. A cet effet, supposons que la roulette soit d'abord en W (fig. 4). Dans le déplacement parallèle : (1°) de TP en T_1P_1, CD vient en C_1D_1; la roulette décrit, en roulant sur le papier, une perpendiculaire à CD de longueur WW_1 et, en même temps, glisse sur CD d'une longueur W_1w telle que $TP \times w\,W_1 = TP\,T_1P_1$; (2°) quand ensuite P_1T_1 passe en P_2T_2 par son pivotement sur P_1, W_1 passe en W_2 sur une développante du cercle C_1C_2 en glissant sur C_1D_1 d'une longueur $W_1W_2 =$ arc $C'C_2$. Quand (3°) P_1T_2

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

retourne parallèlement en PT_3 la roulette enregistre comme en (1°) l'aire $P_3T_3T_2P_1$, puis (4°) quand T_3 revient en T, en pivotant autour de P, la roulette recule sur sa tige d'une longueur, égale de nouveau à l'arc C_1C_3, qui annule la première, de sorte que la distance finale de la roulette à son point de départ sur DC, égale à la différence des glissements (1°) et (3°), est bien proportionnelle à la différence des parallélogrammes $TPP_1T_1 - T_2P_1P_3P = QTT_1Q_1$, ou à l'aire $TT_1T_2T_3$, dont les triangles TQT et $T_1Q_1T_1$ sont égaux, et que le produit de cette distance par TP donne bien la surface $TT_1T_2T_3$. Comme on peut toujours décomposer une surface quelconque (fig. 5) en une infinité de surfaces élémentaires $tt_1t_2t_3$, analogues à $T_1T_2T_3T$, et que le trajet final de la roulette sur sa tige sera le même après le parcours de la surface qu'après le parcours

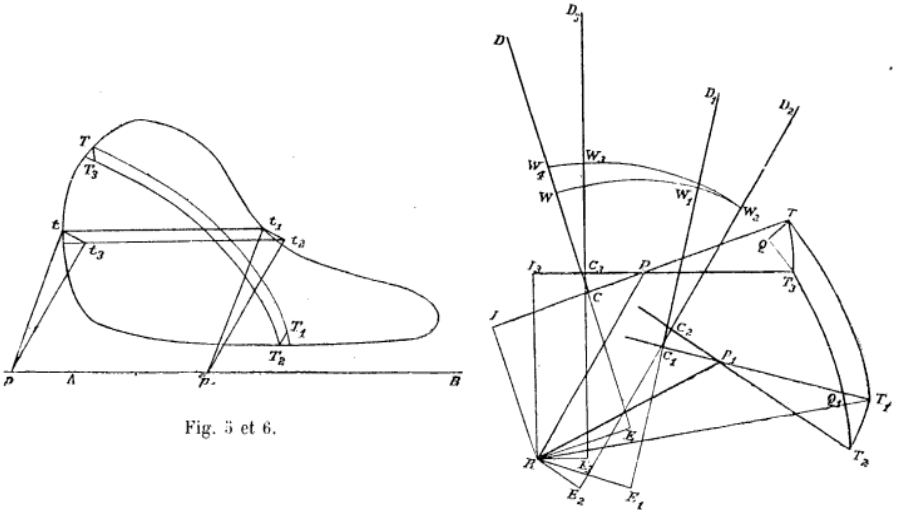


Fig. 5 et 6.

successif de toutes ses aires élémentaires, dont elle décrit chacune des lignes intérieures deux fois en sens contraire, on voit que la démonstration élémentaire précédente peut facilement s'étendre à une surface quelconque.

Dans le planimètre Lippincott, P devient (fig. 6) un arc PP_1, décrit autour du point fixe R, correspondant à la figure élémentaire $TT_1T_2T_3$, limitée par les arcs TT_1 et T_2T_3, décrits de P et de P_1. Quand T va en T_1, la roulette W vient en W_1, en roulant sur une développante du cercle EE_1 : E et E_1 étant les pieds des perpendiculaires abaissées de R sur la tige CD de W dans sa première et sa dernière position. Il en résulte que la roulette W a glissé sur CD de $WW_1 =$ arc EE_1. Quand (2°) T_1 vient en T_2, W roule de W_1 en W_2 en avançant de C_1C_2 sur sa barre. De T_2 à T_3 (3°) W roule de W_2 à W_3, suivant une développante du cercle E_2E_3, et recule sur sa tige d'une longueur égale à l'arc E_2E_3 ; enfin, de T_3 à T_1, pour former le circuit $TT_1T_2T_3$, W passe de W_3 à W_1, sur une développante du cercle C_2C_3, et recule d'une longueur égale à l'arc C_3C. Comme $C_1C_2 = C_3C$, les glissements en (2°) et (4°) s'annulent, de sorte que le glissement résultant de la roulette sur sa barre CD est égal à $EE_1 - E_2E_3 = (RE_1 - RE_2)\,\delta$, en désignant par δ les radiants de l'un quelconque des triangles égaux TRT_3, ERE_1, ERE_2, TRT_1.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'aire $TT_1T_2T_1$ est égale à la différence des secteurs RTT_1 et RT_2T_3, ou à

$$\frac{1}{2}(R.T^2 - RT_3^2)\delta,$$

mais,

RI_2 et RI_3 étant perpendiculaire à TP et T_3P,

on a

$$RT_2 = RP_2 + PT_3 + 2\ IP \times TP$$
$$RT_3 = RP_2 + PT_2 + 2\ I_3P \times TP,$$

d'où :

$$RT_2 - RT_3 = 2\ (IP - I_3P)\ TP = 2\ (IC - I_3C_3)\ TP$$
$$= 2\ (RE - RE_3)\ TP,$$

de sorte que l'aire $TT_1T_2T_1$ est égale au produit de TP pour le déplacement WW_1, de la roulette sur sa barre.

On étend facilement cette démonstration à la mesure d'une surface quelconque, en la considérant comme la somme d'aires élémentaires $TT_1T_2T_1$ (fig. 5) ainsi que pour le cas précédent.

RIPEUSE *Creese* POUR VOIES DE CHEMIN DE FER (1)

Cet appareil se compose (fig. 7.) d'une plate-forme A, très lourde, traînant, articulée à sa traverse d'arrière, une flèche en bois, B de 230 × 230 sur 9 mètres de

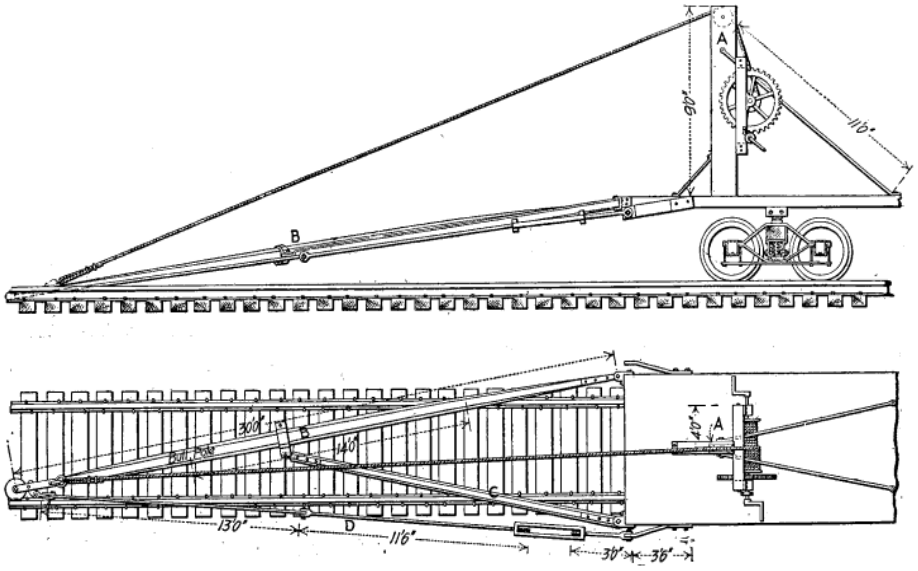


Fig. 7 et 8. — Ripeuse *Creese*.

long, terminée par un galet ripeur de 35 millimètres, maintenue à l'écartement voulu de l'axe de la voie à riper par une fiche C, et appuyée sur le rail extérieur de la voie à

(1) *Engineering News*, 21 décembre 1899, p. 402.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

déplacer par un tirant D, en fer, ajustable et articulé. Il suffit de tirer la plate-forme sur la voie à riper, dont on a eu soin de débourrer les traverses, pour que le galet de B opère le ripage, qui peut aller jusqu'à 0m,66. Pour le transport, on soulève ce galet au-dessus de la voie par le treuil de la plate-forme.

L'essai de cette ripeuse a eu lieu avec un plein succès sur l'une des voies du « Pensylvania » ; le travail se fait à peu près dix fois plus vite qu'à la main.

INSTALLATION MÉCANIQUE DE LA *Metropolitan Street* ET DE LA *Third Avenue* A NEW-YORK (1)

Cette installation est des plus remarquables ; elle comporte en effet 11 machines verticales compound pouvant donner 5 000 chevaux en marche compound et 7 000 en marche simple, et commandant chacune directement une dynamo triphasée.

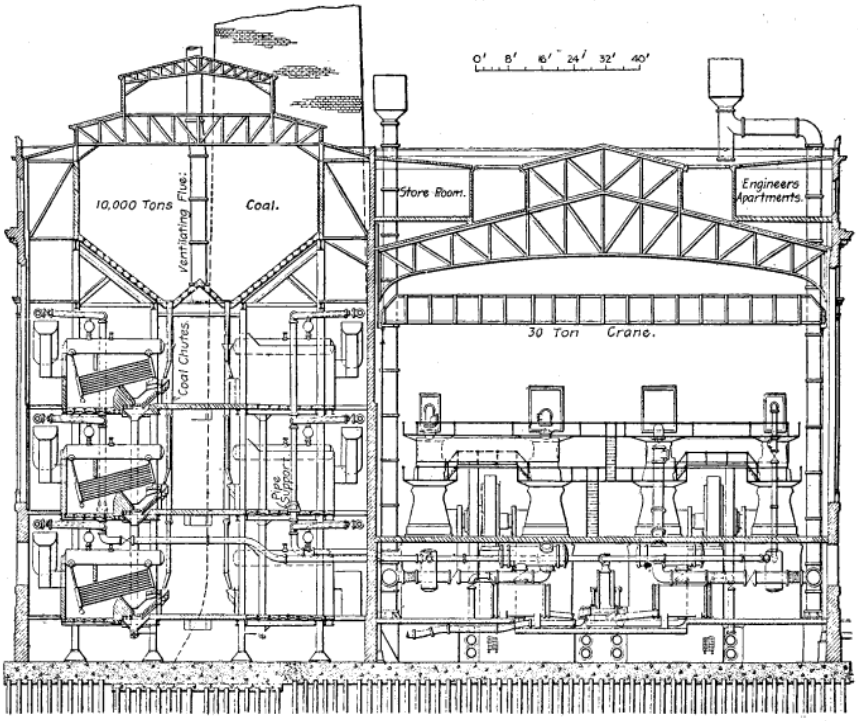


Fig. 9. — Station de la *Metropolitan Street*. Coupe transversale.

Cette station occupe, au bord de l'East River, un bâtiment de 84 mètres × 61 mètres, bâti sur terrain rapporté, dans une excavation creusée à 1m,50 sous le niveau des hautes eaux et sur des pilotis de 12 mètres de long, écartés de 0m,75, arrasés à 0m,30

(1) *Engineering Record*, 23 décembre et 6 janvier 1900, *Street Railway Journal*, janvier 1900.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du sol de l'excavation. Cette excavation fut remplie, au-dessus des pilotis, d'une couche

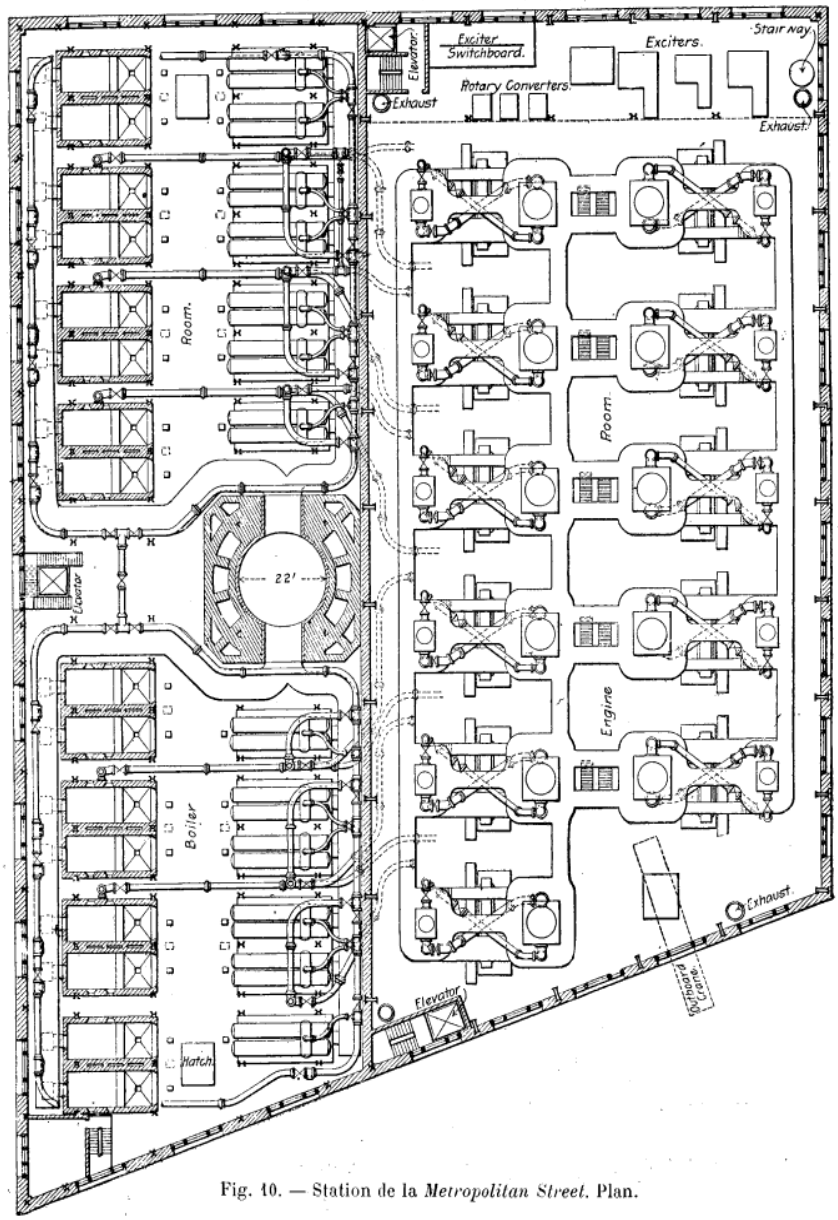


Fig. 10. — Station de la *Metropolitan Street*. Plan.

de béton de ciment de 1m,50 sous la salle des machines, 2m,15 sous celle des chaudières et de 6 mètres sous la cheminée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le bâtiment est divisé par une muraille (fig. 10) en deux parties ; la salle des machines, de 33m,50 de large, et une salle des chaudières de 27m,50. Au rez-de-chaussée

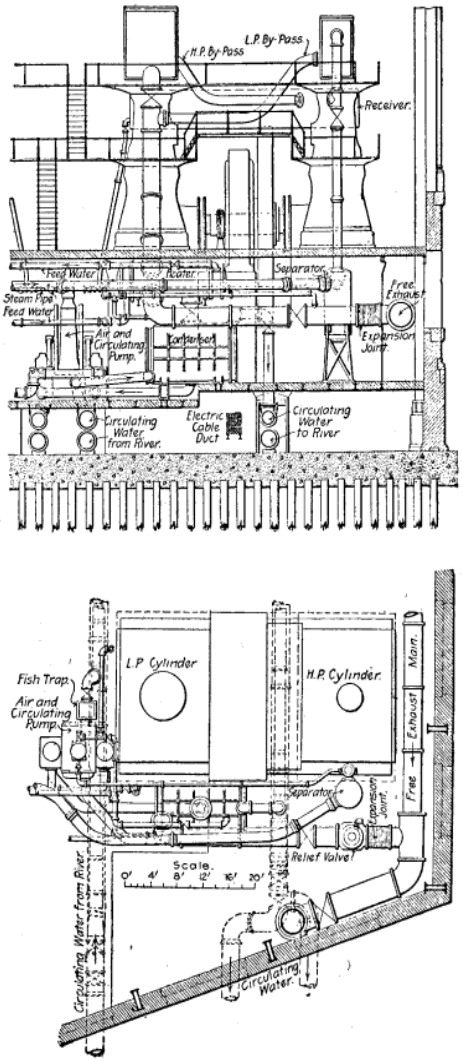


Fig. 11 et 12. — Station de la *Metropolitan Street*. Détail du tuyautage des machines. Élévation et plan.

Heater, réchauffeur ; *Feed Water*, eau d'alimentation ; *H. P.* et *L. P. By Pass*. Dérivations pour les cylindres de haute et de basse pression ; *Air and Circulating Pump*, pompes à air et de circulation ; *Circulating water from and to River*, eau de circulation aspirée puis retournée à la rivière. *Free Exhaust*, échappement libre.

de la salle des machines, se trouvent les condenseurs, les pompes à air et de circulation, les réchauffeurs d'alimentation et leur tuyauterie ; au sous-sol, se trouvent la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tuyauterie des condenseurs et les canalisations électriques. Dans la salle même, circule un pont roulant électrique de 30 tonnes, à 15 mètres au-dessus du plancher. La section des chaudières est à trois étages avec, chacun, deux batteries de chaudières et, au milieu, la cheminée, avec, en face, un ascenseur pour les trois étages. Au-dessus des chaudières, se trouve le magasin à charbons de 10 000 tonnes.

Les machines motrices au nombre de 6 actuellement, sont (fig. 13) verticales, à deux cylindres, de $1^m,68$ à $2^m,19 \times 1^m.53$ de course et marchant à 75 tours par

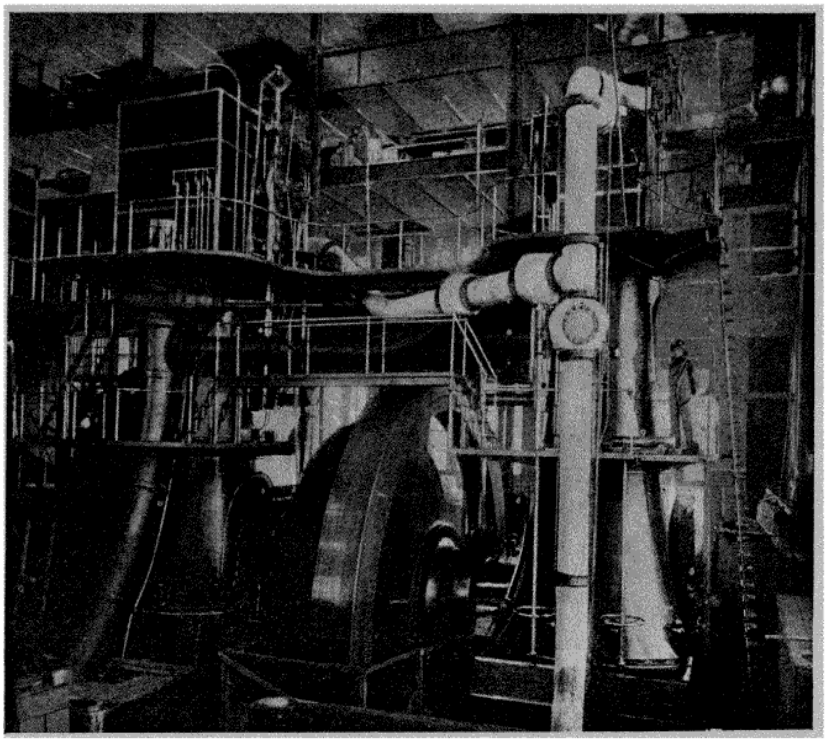


Fig. 13. — Une des machines de la *Metropolitan Street*.

minute, soit avec une vitesse de piston de $3^m,75$ par seconde. La distribution est du type Corliss-Reynolds (1) avec excentriques différentes pour l'admission et pour l'échappement, de manière à prolonger la détente; les cylindres sont tous enveloppés de vapeur, mais avec un réchauffeur intermédiaire. Les portées de l'arbre de couche ont $610 \times 1^m,68$ de long, les tourillons des manivelles 330×330; le volant de $8^m,53$ de diamètre, pèse 36 tonnes; il est en acier coulé en 10 sections comprenant chacune un bras et un segment de jante; les bras sont boulonnés au moyeu et les segments sont reliés entre eux par des mailles d'acier forgé de 760×250 sur 127 d'épaisseur; puis, après le montage de la jante ainsi constituée, qui a 250×735 d'épais-

(1) *Bulletin* d'août 1894, p 523.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

seur radiale, on y ajoute, de chaque côté, huit cours de plaques d'acier de 30 millimètres, assujetties par des rivets de 76 millimètres de diamètre.

L'arbre est en acier coulé forgé sur mandrin aux aciéries de Betlehem, avec une presse de 14 000 tonnes; il a 940 millimètres de diamètre au volant, 865 aux portées, 750 aux manivelles, $8^{m},25$ de long, avec un trou de 400 millimètres d'un bout à l'autre. Son acier au nickel rompt à 53 kilos, limite d'élasticité $24^{k},5$, allongement 25 p. 100 : poids 32 tonnes. On employa, pour forcer sur cet arbre le moyeu de l'armature, celui du volant et les manivelles, l'appareil représenté par les figures 14, 15 et 19 composé de

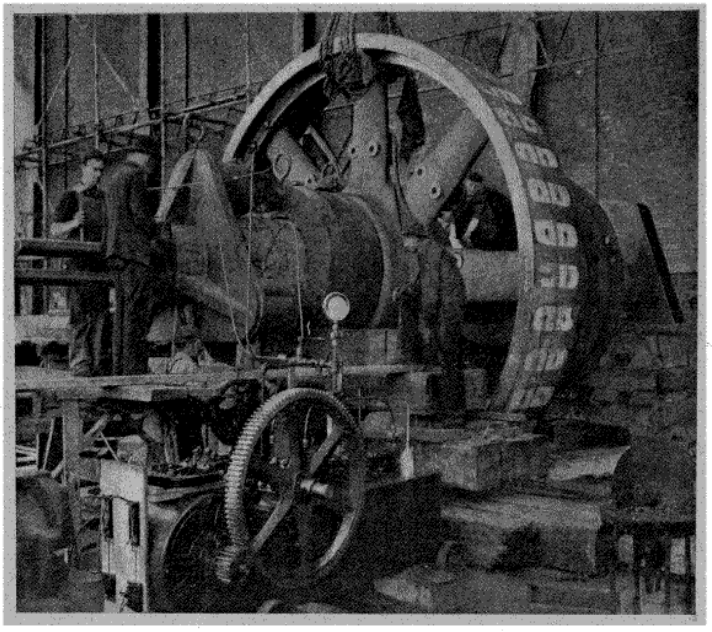


Fig. 14. — Machine de la *Metropolitan Street*. Montage du volant.

trois longs boulons de 100 millimètres, logés dans le creux de l'arbre, et retenant un plateau triangulaire A, pourvu de trois vérins hydrauliques de 200 millimètres de diamètre, marchant avec de l'huile à la pression de 120 atmosphères, et poussant l'armature avec une pression de 825 tonnes par l'intermédiaire des pièces en fer à cheval indiquées au-dessus de la figure 15. On a ainsi avancé l'armature, du poids de 15 tonnes, de $1^{m},80$ sur son arbre en une heure et demie. La pression était fournie par une pompe portative commandée par une dynamo et indiquée en figure 14. Les trous des rivets ont été frappés par la riveuse hydraulique portative (fig. 16) à piston de 200 millimètres, exerçant une pression de 400 tonnes. On a ensuite monté sur le volant un grand pignon, que l'on a fait marcher par un moteur électrique de manière à dresser la jante du volant sur place au moyen d'un chariot à quatre outils, monté sur le bâti de la machine.

L'eau de l'East River étant salée, il a fallu avoir recours à des condenseurs à sur-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

faces du type Worthington (1) : un par machine, avec pompes à air et de circulation indépendantes, indiquées en figures 11. L'eau de condensation se rend, des pompes à air, dans deux grands réservoirs à flotteurs, les alimentant d'eau de la ville pour réparer les pertes, d'où elle passe au réchauffeur chauffé par la vapeur d'échappement des machines, puis aux pompes alimentaires, au nombre de trois, du type Snow, qui la

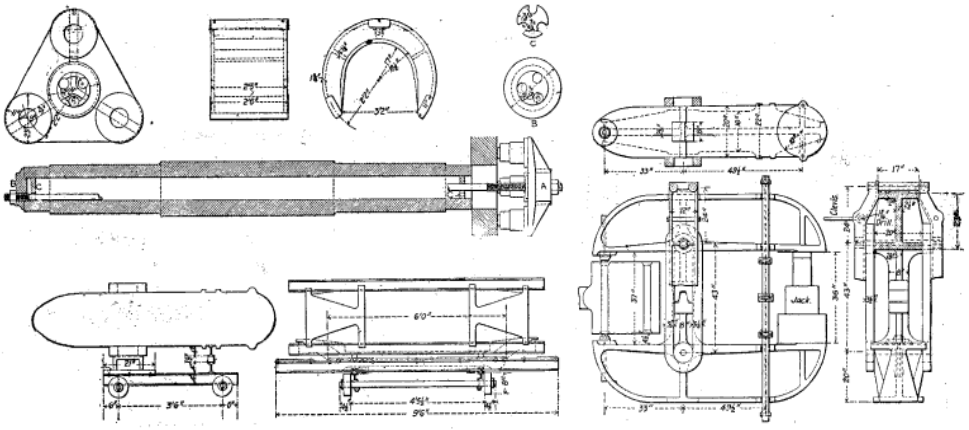


Fig. 15 et 16. — Station de la *Metropolitan Street*. Détail du vérin hydraulique, de la riveuse hydraulique et de son chariot.

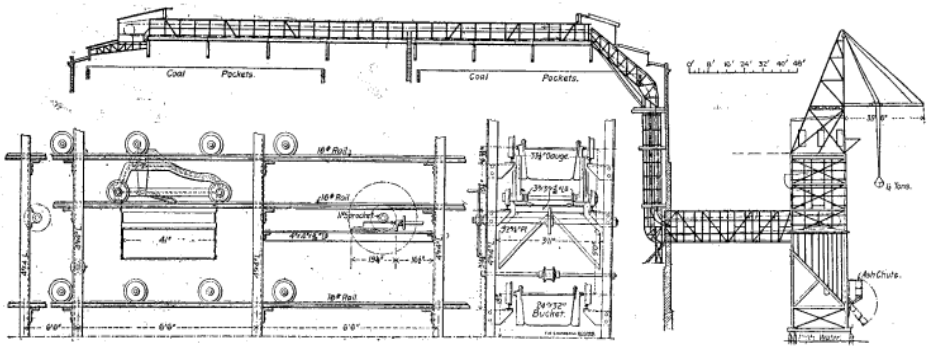


Fig. 17 et 18. — Station de la *Metropolitan Street*. Schéma du conveyeur et détail de ses wagonnets.

refoulent au travers d'un second réchauffeur chauffé par l'échappement des machines auxiliaires.

Les 48 chaudières du type Babcox-Wilcox (2), timbrées à 12 kilogrammes, et à grille Roney (3), ont chacune 250 mètres carrés de chauffe; leur cheminée a 6m,60 de diamètre intérieur sur 106 mètres de haut (4). Les chaudières de chaque étage sont

(1) *Bulletin* d'août 1894, p. 564.
(2) *Bulletin* d'avril 1894, p. 161.
(3) *Bulletin* d'avril 1894, p. 181.
(4) *Engineering Record*, 17 décembre 1898.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

(fig. 10) divisées en deux groupes, sur deux collecteurs que l'on peut réunir : chacune des machines est alimentée par un tuyau indépendant, relié aux trois collecteurs des étages correspondants, et libre de se dilater à partir du second étage, qui le supporte, et les collecteurs sont divisés par des vannes qui permettent d'assurer le service en cas d'avarie à l'une quelconque des chaudières. A côté de chaque prise de vapeur, se trouvent un sécheur et un purgeur. La tuyauterie, à longs coudes flexibles, est en fer avec brides en acier laminé.

L'échappement de chacune des machines traverse d'abord un réchauffeur du type Goubert, puis va au condenseur ou à l'atmosphère par quatre tuyaux de 1m,07 de diamètre, situés aux angles du bâtiment.

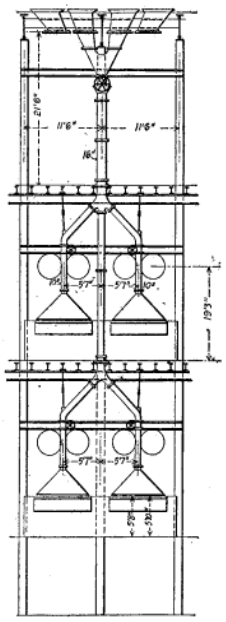


Fig. 19.

Le charbon pris aux bateaux par des grues à bennes de 1 500 kilogrammes est (fig. 17) déchargé dans des trémies à broyeurs, d'où il passe aux bascules automatiques, puis à deux convoyeurs à chaînes et wagonnet, pour l'aller et le retour avec (fig. 18) basculeur sur la voie du milieu, faisant décharger les wagonnets au point voulu du magasin. Du magasin, le charbon est distribué aux grilles par une série de chutes (fig. 19) avec clapets de réglage. D'autres chutes amènent les cendres à un second convoyeur, qui les renvoie aux bateaux.

La station du *Third Avenue Railroad*, actuellement en construction, est au bord de la rivière Harlem. Son bâtiment a (fig. 20 et 21) 82m,30 × 74 mètres; il est très vivement éclairé par de grandes fenêtres de 0m²,56 par mètre carré de plancher. On commença par creuser le sol à 1m,20 et l'on enfonça dans cette excavation 10 000 pilotis de chêne de 12 mètres de long, écartés d'environ 0m,70 : le sol était en sable fin, de sorte que l'on put enfoncer ces pilotis par le procédé hydraulique, consistant à refouler de l'eau sous pression à la pointe du pilotis par un tuyau qui le suit dans son enfoncement, qui se fait ainsi très facilement en 10 minutes. On a ensuite coulé sur ces pilotis un radier en béton de 2m,40, capable de supporter une charge de 160 tonnes par mètre carré. L'eau de circulation des condenseurs arrive, de la rivière, par quatre tuyaux à des puits desservis par autant de pompes centrifuges, et elle retourne à la rivière par un tunnel central du radier.

La salle des machines, desservie par deux ponts roulants Morgan (1) de 50 tonnes, avec chacun deux treuils de 50 et de 15 tonnes, comprendra 16 machines de chacune 4 500 à 7 000 chevaux, à 75 tours, type Westinghouse vertical compound (fig. 22) à cylindres de 1m,12 et de 2m,18 × 1m,52, avec dynamo triphasée montée au milieu de l'arbre; pistons en acier, à tiges de 230 et 250, tiroirs cylindriques commandés séparément pour l'admission et l'échappement, régulateur direct agissant sur les deux cylindres; bielles de 3m,75; paliers de 1m,50 de long, à rotule, avec circulation d'eau, manivelles en acier coulé forcées sur place à la presse hydraulique sur des portées de 760 × 480 de long : diamètre maximum de l'arbre 736, longueur 8m,23; réchauffeur

(1) *L'Éclairage électrique*, septembre 1897, p. 448.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

intermédiaire avec vapeur vive autour des tubes; volant de 8m,53, analogue à celui des machines Allis attaché directement à l'armature de la dynamo; tuyaux d'échappement de 760 et d'admission de 360, avec vanne équilibrée se fermant automatiquement à une certaine vitesse.

La vapeur est fournie par 60 chaudières Babcox-Wilcox de 520 chevaux, groupées

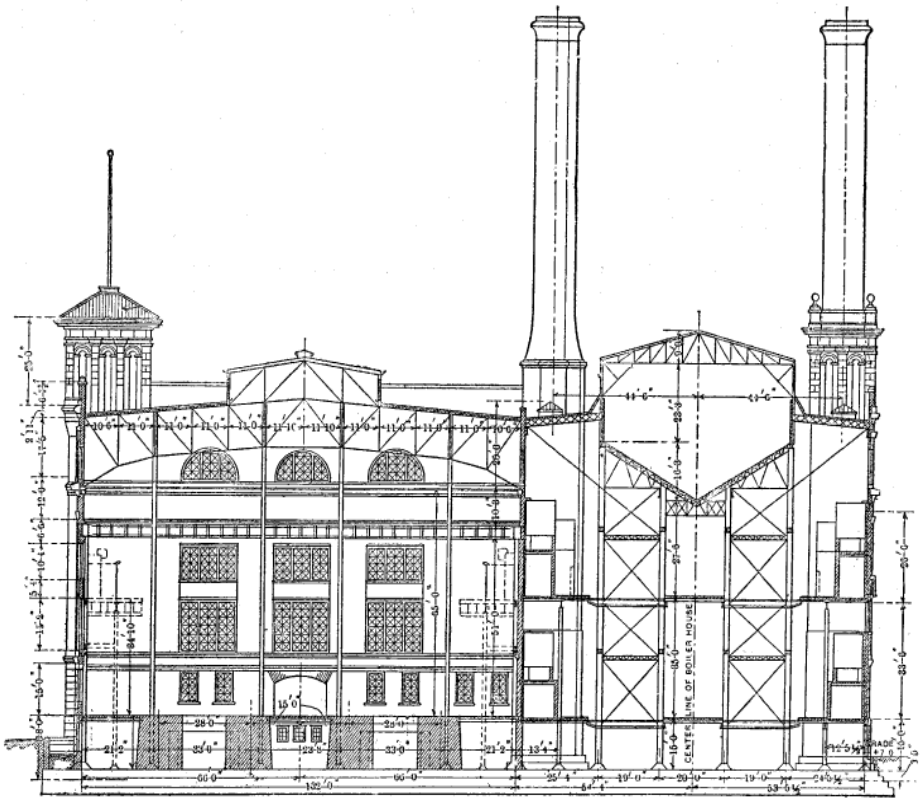


Fig. 20. — Station de la *Third Avenue*. Coupe transversale.

sur deux étages, en quatre batteries de 15 : timbre 14 kilogrammes, avec grille Roney et surchauffeur (fig. 23) (1).

Les échappements des moteurs débouchent (fig. 21) quatre par quatre dans des collecteurs de 1m,40 de diamètre aboutissant à des condenseurs à injection centraux du type Worthington (2) avec tours de refroidissements (3) en attendant qu'on les remplace par des condenseurs à surface évitant une dépense de 500 000 francs d'eau par an.

(1) *Revue de mécanique*, avril 1897, p. 355.
(2) *Bulletin* d'août 1894, p. 364.
(3) *Bulletin* de mars 1896, p. 438.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La manipulation du charbon s'opère, comme au Metropolitan, par double convèyeur et magasin de 12 000 tonnes (fig. 20). Les cendres sont déversées dans un bac à trémies

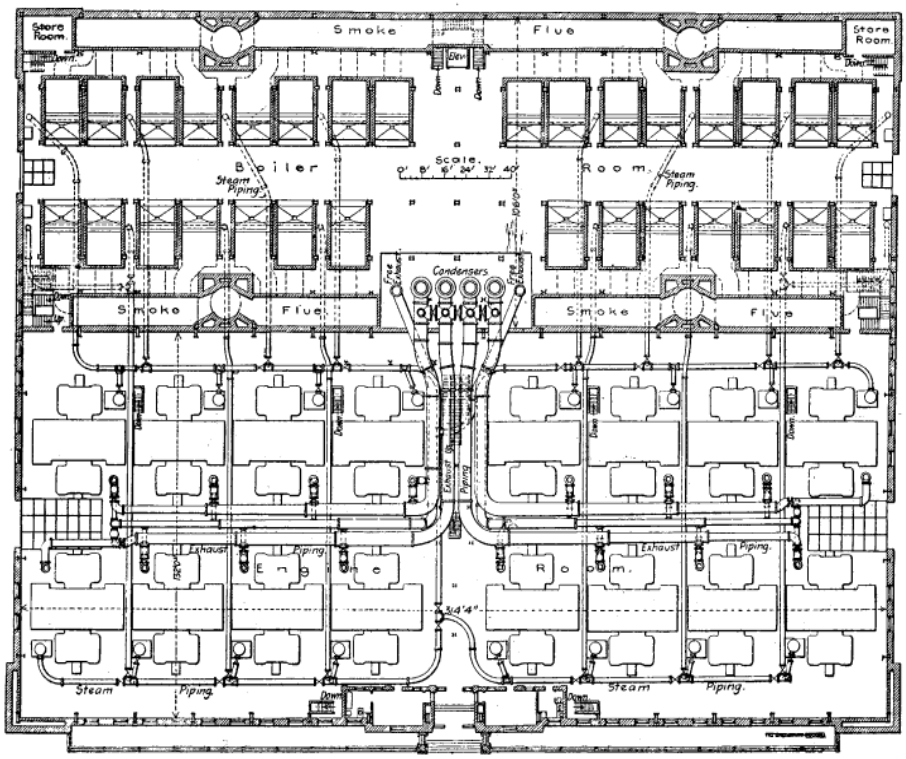


Fig. 21. — Station de la *Third Avenue*. Plan.

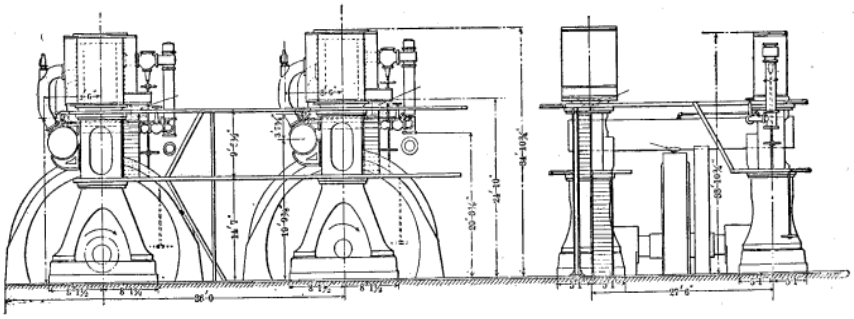


Fig. 22. — Machines Westhinghouse de la *Third Avenue*.

de 500 tonnes. Les foyers des chaudières aboutissent (fig. 21) par de gros carneaux (*Smoke Flues*) à quatre cheminées de 60 mètres, dont 29 mètres en tôle, et de 3m,60 de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

diamètre intérieur, avec huit ventilateurs aspirants à marche lente, équivalents à une hauteur de cheminée de 150 mètres.

Les chaudières sont pourvues d'économiseurs Green, à tubes de $2^m,75 \times 2^m,5$, avec racleurs automatiques, soupapes de sûreté et robinets de purge, essayés sur place à 16 kilogrammes, portant l'eau d'alimentation de 40 à 60°, et pouvant utiliser de 10 à 15 p. 100 de la chaleur du combustible.

L'eau d'alimentation est refoulée, par cinq pompes Worthington à cylindres de

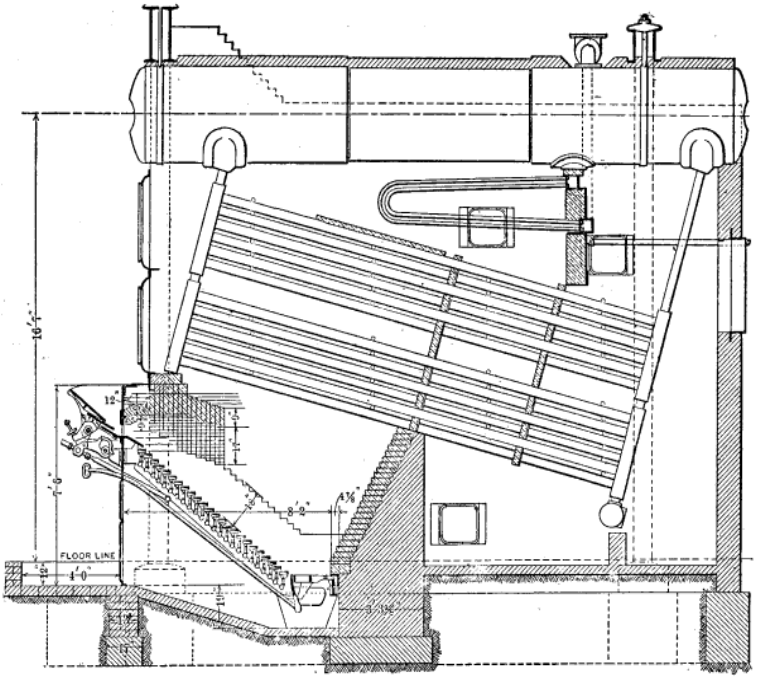


Fig. 23. — Chaudières *Babcox Wilcox* de la *Third Avenue*.

300×430 et 250×380, dans quatre réchauffeurs, qui recoivent la vapeur d'échappement, avec tuyauterie en double et divisions interchangeables en cas d'accidents, puis elle passe de là aux économiseurs reliés aux chaudières par un tuyauterie également en double. La vapeur arrive des chaudières aux machines par des collecteurs analogues (fig. 21) à ceux du Metropolitan, en double, et avec réchauffeurs.

L'huile, fournie par deux réservoirs élevés, passe, des paliers, à deux filtres, d'où elle est repompée aux réservoirs; un troisième réservoir chauffé fournit de même l'huile aux cylindres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

SUR LES DISCONTINUITÉS PRODUITES PAR LA DÉTENTE BRUSQUE DE GAZ COMPRIMÉS. Note de M. **Paul Vieille** (1).

J'ai étudié, dans de précédentes Communications, la propagation par ondes planes, daus un milieu en repos, de perturbations brusques produites par la combustion d'explosifs, et montré que le phénomène de discontinuité prévu par la théorie pouvait être mis en évidence soit par la mesure des vitesses de propagation, soit par l'étude de la déformation du front de l'onde.

La méthode d'enregistrement des vitesses de propagation était fondée sur l'inscription simultanée, sur un même cylindre tournant, de pistons légers placés aux extrémités d'un tube fermé, le phénomène excitateur étant produit au voisinage de l'une des extrémités.

La méthode suppose l'onde initiale symétrique : cette onde peut être obtenue, sans l'emploi des explosifs, à l'aide de gaz comprimés dans des ampoules en verre sphériques du diamètre du tube et dont la rupture par pulvérisation sous pression croissante présente une brusquerie très grande.

Mais on est limité dans cette voie, au point de vue de l'intensité du phénomène, par la capacité relativement faible de la sphère inscrite dans le tube cylindrique. Le coefficient d'affaiblissement de l'onde devient, dans ce cas, considérable, et je n'ai pu observer, dans des tubes de 22 millimètres, sur des parcours de 1 mètre dans l'air, et pour des pressions de rupture de 50 atmosphères, que des vitesses de 430 mètres, supérieures de 100 mètres environ à la vitesse normale du son.

On peut, au contraire, en partageant un tube en deux parties par un diaphragme dont on provoque la rupture par compression lente du gaz dans l'un des segments, donner à la masse excitatrice une valeur quelconque. Mais, en même temps, le phénomène cesse d'être symétrique et les mesures de vitesse de propagation exigent l'enregistrement latéral d'un même côté du diaphragme. L'enregistrement a été obtenu par des pistons légers, normaux à l'axe du tube, et affleurant par leur base sa paroi interne. Ces pistons sont contrebutés par des ressorts dont la déformation s'inscrit parallèlement à l'axe du tube, sur un même cylindre tournant.

On obtient des diaphragmes de faible masse et de grande résistance en utilisant des lames de collodion. Les pressions de rupture de ces lames présentent une régularité bien supérieure à celle des lames de verre trempé ou non trempé, ou de clinquant d'acier, que j'avais expérimentées tout d'abord. La rupture des diaphragmes s'opère suivant les lignes rayonnant du centre et régulièrement espacées, et les segments ainsi formés sont arrachés ou rabattus sur la paroi du tube suivant un mode très favorable à l'écoulement rapide du gaz. Cette rupture s'opère sous le diamètre de 22 millimètres à 27 atmosphères absolues pour l'épaisseur de $0^{mm},29$, et à 14 atmosphères pour l'épaisseur de $0^{mm},11$.

J'ai également utilisé des diaphragmes en papier, rompant sous la pression de 2 atmosphères absolues.

J'ai étudié tout d'abord comment les vitesses de propagation dans l'air variaient avec la pression de rupture et quelle était la loi d'amortissement des vitesses.

Dans ces expériences, le diaphragme était voisin de l'un des fonds du tube (271 millimètres) et formait une chambre de petite capacité : 100 centimètres cubes environ. Le tube avait plus de

(1) Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 26 décembre 1899.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

6 mètres de longueur et recevait en divers points des enregistreurs identiques. Chaque mesure de vitesse comportait cinq à six déterminations effectuées en permutant alternativement les enregistreurs en vue d'éliminer leurs retards propres.

Le tableau suivant résume les résultats observés :

Nature du diaphragme.	Pressions absolues de rupture.	Vitesses moyennes de propagation mesurées entre des points distants du diaphragme de		
		0m,052 et 0m,458.	0m,458 et 1m,888.	0m,458 et 4m,015.
Mm.	Atm.	Mm.	Mm.	Mm.
Collodion 0,29	25	623,4	606,4	570,6
Collodion 0,11	16	»	540,2	»
Papier.	2	»	»	390,2

Il résulte de ces nombres que la détente d'une faible masse d'air comprimé à 27 atmosphères suffit à assurer dans l'air, sous la pression atmosphérique, des vitesses de propagation en tube cylindrique supérieures à 600 mètres, et que ces vitesses se soutiennent sur plusieurs mètres avec le même ordre de grandeur, la décroissance de la vitesse étant de 20 mètres environ par mètre de parcours dans les limites observées.

Des détentes brusques beaucoup plus faibles assurent encore des vitesses de propagation très supérieures à celles du son. Les explosifs ne jouent donc aucun rôle essentiel dans les phénomènes de propagation à grande vitesse que j'ai antérieurement signalés.

En second lieu, j'ai cherché comment la capacité du réservoir influait sur la vitesse de propagation.

A cet effet, le diaphragme était disposé à 2m,508 de l'un des fonds, de façon à décupler environ la longueur et le volume de la chambre à gaz.

Les essais ont porté sur les diaphragmes les plus résistants de 0mm,29 avec rupture à 27 atmosphères. La vitesse mesurée entre les points distants du diaphragme de 0m,458 et 1m,888 a été trouvée de 606m,9 dans six expériences comportant la permutation alternée des enregistreurs. Elle diffère donc à peine de la vitesse 606m,4, obtenue dans des conditions identiques avec le petit réservoir de 140 centimètres cubes.

Il y a donc lieu de penser que la discontinuité qui assure la vitesse de propagation reste la même dans ces divers cas et que l'influence de la capacité du réservoir s'exerce seulement sur le mode d'alimentation de cette discontinuité.

L'étude directe de la forme de l'onde propagée justifie cette prévision et permet de montrer que la grandeur de la discontinuité qui assure des vitesses de propagation de 600 mètres est, conformément aux données théoriques, bien inférieure à la pression de 27 atmosphères, qui produit la rupture des diaphragmes.

Cette étude fera l'objet d'une prochaine Communication.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PROCÈS-VERBAUX

Séance du 22 décembre 1899.

Présidence de *M. A. Carnot*, président.

M. Collignon, secrétaire, dépouille la correspondance.

Il fait part du décès de *M. Petit de Forest*, membre correspondant du Comité des Arts mécaniques.

M. Topie, directeur de la Librairie Française Ferdinandova Trida, 9, à Prague et représentant de la Société d'Encouragement nationale tchèque, demande l'appui de notre Société pour faciliter la visite de l'Exposition de 1900 aux membres de la Société nationale tchèque et prie les membres de notre Société de lui signaler les établissements industriels de France qui pourraient être utilement visités.

M. Céret, à Montreuil, envoie une notre sur *l'utilisation des déchets de charbon* pour les chaudières. (Arts mécaniques.)

M. A. Mine, à Dunkerque, envoie *une statistique graphique* du commerce de ce port avec la République Argentine. (Commerce.)

M. G. Halphen présente l'ensemble de ses *recherches sur les corps gras*. (Arts chimiques.)

M. Ch. Vieillard remercie le Conseil de sa nomination comme membre de la Société.

Correspondance imprimée. — Sont présentés au Conseil, avec remerciements aux donateurs, les ouvrages mentionnés à la page 1835 du *Bulletin* de décembre 1899.

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

MM. Jules Chévrier, ingénieur à Chalon-sur-Saône, présenté par *MM. Dupuis* et *Richard;*

Léon Picot, ingénieur à Audincourt, présenté par *MM. Dupuis et Richard.*

Conférence. — *M. Levasseur* fait une conférence sur la *comparaison de la main-d'œuvre dans le travail à la main et le travail à la machine.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. le Président, s'associant aux applaudissements de l'auditoire, remercie vivement M. Levasseur de sa remarquable conférence, qui sera reproduite au *Bulletin*.

Séance du 12 janvier 1900.

Présidence de *M. A. Carnot*, président.

M. le Président fait part du décès de *M. Michel Perret*, membre correspondant de notre Comité d'agriculture, et donne lecture de l'allocution suivante, qu'il a prononcée à ses obsèques, le 8 janvier :

C'est au nom de la *Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale* que je viens, à mon tour, rendre hommage à la mémoire de M. Michel Perret, et signaler en quelques mots les services importants rendus à notre industrie par cet homme de bien et ce chercheur infatigable.

S'il a, comme on vient de le dire, donné de bons et utiles exemples aux agriculteurs, il a aussi introduit dans l'industrie des méthodes nouvelles, qui ont eu les conséquences les plus heureuses.

C'est à ses persévérantes recherches que l'on doit la découverte du procédé de grillage des pyrites de fer, qui a permis de substituer ces minerais abondants au soufre natif, rare au contraire sur notre territoire, pour la fabrication de l'acide sulfurique.

Cette fabrication et, par suite, l'abaissement du prix de revient de l'acide sulfurique ont entraîné la transformation de la grande industrie des produits chimiques et celle de toutes les industries dérivées.

La perfection du grillage obtenu a permis aussi l'utilisation des résidus, c'est-à-dire de l'oxyde de fer produit, comme minerai de fer pour la métallurgie. Ce fut là un second service rendu à l'industrie française par l'invention de M. Michel Perret, et c'est à cette occasion que la Société d'Encouragement lui décerna, pour 1885, la *grande médaille de Lavoisier*.

Plus récemment, il eut aussi l'idée d'employer pour la combustion du poussier de houille une disposition un peu analogue à celle qui lui avait si bien réussi pour la pyrite de fer. Il obtint de ce côté un nouveau succès, et son système de grillage permit d'utiliser les immenses quantités de poussier que, dans bien des endroits, on laissait perdre, faute de moyens convenables pour les brûler. De là une économie considérable dans la production de la force motrice, surtout au voisinage des mines de houille.

Enfin, il y a quelques années seulement, M. Michel Perret tirait encore parti de la même idée pour la création d'un nouveau système de chauffage domestique, qui s'est assez rapidement répandu.

L'industrie française a perdu en M. Michel Perret un de ses membres les plus distingués, et qui lui a rendu les plus signalés services.

Il faisait, d'ailleurs, un noble et charitable emploi de la fortune que lui avaient value ses inventions.

La Société d'Encouragement lui rend par ma voix l'hommage le plus respectueux.

Correspondance. — *M. Collignon*, secrétaire, dépouille la correspondance.

M. Mascart, président de la commission d'organisation du *Congrès interna-*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tional d'électricité à l'Exposition de 1900, adresse à M. le président de la Société d'Encouragement la lettre suivante :

MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

A l'occasion de l'Exposition Universelle de 1900, un Congrès international d'électricité s'ouvrira à Paris le 18 août prochain. Nous serions très heureux si votre Société s'y faisait représenter, et nous vous prions de vouloir bien transmettre notre invitation à ceux de vos collègues qui seraient disposés à nous prêter leur précieux concours.

M. Willot présente ses travaux sur la *destruction du nématode de la betterave* et demande l'aide de la Société pour les continuer. (Agriculture.)

MM. Moudain et *Pincet*, 1, rue Sainte-Croix-de-la-Bretonnerie, demandent l'aide de la Société pour la construction d'une *machine à river les chaussures*. (Arts économiques.)

M. G. Moreau, ingénieur civil des mines, propose l'institution d'un comité pour l'étude de la *combustion du pétrole et de la gazoline dans les moteurs*.

M. Ch. Chenu, 71, rue Saint-Jacques, à Étampes, présente un *coussinet à serrage automatique* pour voies de chemins de fer. (Constructions et Beaux-Arts.)

M. Colomb-Pradel, directeur de la Station agronomique de Nancy, présente un mémoire pour concourir au prix pour la *meilleure production des orges de brasserie*. (Agriculture.)

MM. A. Coudon et *L. Bussard* présentent un mémoire pour concourir au prix relatif à la *culture de la pomme de terre alimentaire*. (Agriculture.)

MM. Richefeu, père et fils, 148, avenue de la République, à Montrouge, présentent un projet de *vidanges atmosphériques fixes* devant améliorer la salubrité de la ville de Paris. (Constructions et Beaux-Arts.)

M. Castello Paris demande une annuité de brevet pour un *distributeur d'allumettes*. (Arts économiques.)

M. Bertrand, dit Tramber, remercie la Société de l'annuité de brevet qui lui a été accordée pour son vaporisateur.

CORRESPONDANCE IMPRIMÉE. — *M. Collignon* présente au Conseil, avec remerciements aux donateurs, les ouvrages mentionnés à la page 146 du présent *Bulletin*.

NOMINATIONS DE MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ. — Est nommé membre de la Société, *M. Potain*, présenté par *M. Livache*.

RAPPORTS DES COMITÉS. — *M. Sauvage* fait, au nom du Comité des Arts méca-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

niques, un rapport sur la *Pompe pour frein à air comprimé de la Compagnie de Fives-Lille.*

Déclaration d'une vacance. — *M. Bardy*, au nom du Comité des Arts économiques, déclare une vacance par suite du décès de *M. Meyer.*

Communications. — *M. Engel* fait une communication sur un *nouveau mode d'ornementation du bois.*

M. Malat fait une communication sur le *commerce de la France avec les Principautés danubiennes.*

M. le Président remercie *MM. Engel* et *Malat* de leurs intéressantes communications, qui seront renvoyées aux Comités des Beaux-Arts et du Commerce.

Élections pour le bureau de 1900. — *M. le Président* proclame les résultats suivants des élections pour le bureau de 1900:

Président, M. Carnot; *vice-présidents*, MM. Lavalard, Levasseur, Linder et Carpentier; *secrétaire*, M. Collignon; *censeurs*, MM. Bordet et Simon; *trésorier*, M. Goupil de Préfeln.

Sont ratifiées les nominations, comme membres du Conseil, de MM. Dumont, Bénard, Larivière, Lalance, Raphaël-Georges Lévy et Pillet.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LIVRES ET OUVRAGES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE

EN JANVIER 1900

Journal of the Iron and Steel Institute, vol. LVI. Principaux mémoires : *Wiborg*, Emploi du minerai de fer très finement divisé; *Mac Neill*, Les trieurs magnétiques; *Rosdale*, Pratique de l'analyse microscopique; *Miller*, Les cassures des fontes et leur valeur dans la pratique de la fonderie; *Sauveur*, Relation entre la structure de l'acier et son traitement mécanique.

Bulletin de l'Institut international de bibliographie 4e année, fascicule 3-4. Bruxelles, 1, rue du Musée.

Di Alcune proprieta delle rocce e delle terre in relazione alla ricerca di acque potabili, par M. G. Uzielli, in-8°, 50 p. Rome, typographie Bencini.

Bureau of Labor Statistics of the State of New-York, 1898. In-8°, 1180 p. Imprimerie Wynkoop, New-York.

Institution of Mechanical Engineers. London. Meeting de Plymouth, juillet 1899. Principaux mémoires : *Sir F. Bramwell*, Le chemin de fer atmosphérique du South Devon; *Champness*, Lancement d'un cuirassé; *Gibbons*, Viaducs de chemin de fer en Cornouailles; *Eliot*, Machines employées pour la construction des docks de Keylam; *Mayton*, Machines des cuirassés *Proserpine* et *Psyché; Garret*, Destruction des ordures ménagères, à Torquay.

Livre d'Or de l'Institut Égyptien, publié à l'occasion du centenaire de sa fondation. In-8°. 200 p. et atlas. Le Mans, Imprimerie de l'Institut de bibliographie.

Données par M. G. Simon. **Journal des papetiers. Le travail national**, et la **Revue de la Chapellerie**, année 1899.

Premières visites à l'Exposition de 1900, par M. Max de Nansouty. In-18, 325 p. 50 fig. Paris, Flammarion.

Du ministère de l'Instruction publique. **Réunion des Sociétés des Beaux-Arts des départements**, 23e session. In-8°, 860 p., 40 pl. Paris, Plon et Nourrit.

Répertoire général ou Dictionnaire méthodique de Bibliographie des industries tinctoriales et des industries annexées, par M. J. Garcon, vol. I, Introduction et vol. II, de A à K, in-8°, 76 et 880 p. Paris, Gauthier-Villars.

American Society of mechanical Engineers. *Transactions*, vol. XX (1899). In-8, 1017 p., 359 fig. Principaux mémoires : *R. Wilkesbare*, Production et utilisation de la vapeur;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Vail, Expériences sur un condenseur à récupération; *Kerr*, Théorie des moments d'inertie; *B. Cleveland*. Expériences sur l'éclatement des petits volants en fonte; *Bryan*, Installation mécanique d'un bâtiment commercial moderne; *Carpenter et Sickles*, Expériences sur l'écoulement de la vapeur dans les tuyaux; *Batchellar*, La poste pneumatique de New-York; *Newcombe*, Expériences sur différents types d'éjecteurs hydrauliques pour incendies; *Hendersone*, Fabrication des roues de wagons; *Darling*, Installation mécanique de l'université Colombia; *Bessell*, Expériences sur de longues tiges de pompes; *Hale*, Rendement des chaudières et des foyers; *Pratt*, Les ascenseurs; *Bolton*, Équipement des grands buildings de New-York; *Bull*, Chauffage central de l'université de Wisconsin; *Fritz*, Les volants de laminoirs; *Gordon*, Nouvelles soupapes pour moteurs et compresseurs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LITTÉRATURE

DES

PÉRIODIQUES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIÉTÉ

Du 15 Décembre 1899 au 15 Janvier 1900

DÉSIGNATIONS ABRÉGÉES DES PUBLICATIONS CITÉES

Ag. . . . Journal de l'Agriculture.
Ac. . . . Annales de la Construction.
ACP. . . Annales de Chimie et de Physique.
AM. . . . Annales des Mines.
AMa . . . American Machinist.
Ap. . . . Journal d'Agriculture pratique.
APC. . . Annales des Ponts et Chaussées.
Bam. . . Bulletin technologique des anciens élèves des écoles des arts et métiers.
BMA . . . Bull. du ministère de l'Agriculture.
CN. . . . Chimical News (London).
Cs. . . . Journal of the Society of Chemical Industry (London).
CR. . . . Comptes rendus de l'Académie des Sciences.
DoL. . . . Bulletin of the Department of Labor, des États-Unis.
Dp. . . . Dingler's Polytechnisches Journal.
E. . . . . Engineering.
E'. . . . . The Engineer.
Eam. . . Engineering and Mining Journal.
EE. . . . Eclairage électrique.
Elé. . . . L'Électricien.
Ef. . . . Économiste français.
EM. . . . Engineering Magazine.
Es. . . . . Engineers and Shipbuilders in Scotland (Proceedings).
Fi . . . . Journal of the Franklin Institute (Philadelphie).
Gc. . . . Génie civil.
Gm. . . . Revue du Génie militaire.
IC. . . . . Ingénieurs civils de France (Bull.).
Ie. . . . . Industrie électrique.
Im . . . . Industrie minérale de St-Étienne.
IME. . . . Institution of Mechanical Engineers (Proceedings).
IoB. . . . Institution of Brewing (Journal).
La . . . . La Locomotion automobile.
La Nature.
Ms. . . . Moniteur scientifique.
MC. . . . Revue générale des matières colorantes.
N. . . . . Nature (anglais).
Pc. . . . Journal de Pharmacie et de Chimie.
Pm. . . . Portefeuille économ. des machines.
Rcp . . . Revue générale de chimie pure et appliquée.
Rgc. . . . Revue générale des chemins de fer.
Rgds. . . Revue générale des sciences.
Ri . . . . Revue industrielle.
RM. . . . Revue de mécanique.
Rmc. . . Revue maritime et coloniale.
Rs. . . . . Revue scientifique.
Rso. . . . Réforme sociale.
RSL. . . . Royal Society London (Proceedings).
Rt. . . . . Revue technique.
Ru. . . . . Revue universelle des mines et de la métallurgie.
SA. . . . Society of Arts (Journal of the).
ScP. . . . Société chimique de Paris (Bull.).
Sie. . . . Société internationale des Électriciens (Bulletin).
SiM. . . . Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse.
SiN. . . . Société industrielle du Nord de la France (Bulletin).
SL. . . . . Bull. de statistique et de législation.
SNA. . . Société nationale d'agriculture de France (Bulletin).
SuE. . . . Stahl und Eisen.
USR. . . . Consular Reports to the United States Government.
VDI. . . . Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure.
ZOI. . . . Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieure und Architekten-Vereins.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

Bétail. Phtiriase du cheval et du bœuf. *Ap.* 12 *Déc.*, 880.
— Relation nutritive d'une ration. *Ag.* 16 *Déc.*, 968.
— Alimentation au blé. *Ag.* 13 *Janv.*, 53.
— Chèvre laitière. *Ag.* 16 *Déc.*, 987.
— Fièvre aphteuse dans les départements du centre. *Ag.* 16-23 *Déc.*, 975-1016.
Blé. Sélection généalogique (Lavonie). *Ag.* 6 *Janv.*, 12.
Céréales. Production en France et dans le monde (Grandeau). *Ap.* 21 *Déc.*, 875.
Cheval. Pays d'élevage et de production en France. *Ap.* 4 *Janv.*, 16.
Cuscute et luzerne. *Ap.* 21 *Déc.*, 878.
Cidre. Essai de congélation. *Ap.* 11 *Janv.*, 60.
Cultures industrielles en 1898 (Statistique des) (Grandeau). *Ap.* 11 *Janv.*, 46.
Défoncements à l'aide de treuils (Ringelmann). *Ap.* 4 *Janv.*, 23.
Engrais dans les prairies basses (Antonis). *SNA. Nov.*, 670.
Ferme du Poirier en Poitou. *Ag.* 16 *Déc.*, 979.
Forêts. Reboisement des landes en Bretagne. *Ap.* 4 *Janv.*, 12.
Fourrages. Récolte en 1898. *Ap.* 4 *Janv.*, 11.
Fromages (Germes purs pour les). *Ag.* 13 *Janv.* 61.
Germination (Évolution de la matière minérale dans la) (André). *CR.* 26 *Déc.*, 1262.
Glaciers (Les) (Ringelmann). *Ap.* 11 *Janv.*, 56.
Lupins blancs (Culture des) (Dehérain, Demoussy). *Ap.* 11 *Janv.*, 48.
Maïs au Brésil. *Ap.* 28 *Déc.*, 912.
— Valeur de la paille. *Id.*, 907.
— en Chalose. *Ap.* 4 *Janv.*, 15.
Marais de Saint-Omer. *Ag.* 13 *Janv.*, 64.
Métayage dans l'Allier. *Ap.* 21 *Déc.*, 887.
Pommes de terre. Expériences de Grignon. *Ag.* 23-30 *Déc.*, 1008-1030; 6 *Janv.*, 15.
Riz. Culture au Cambodge (Leclère). *Rs.* 6 *Janv.*, 11.
Semences (Qualité des) (Bénard). *SNA. Nov.*, 688.
Sériciculture. Enquête de 1899. *Ap.* 21 *Déc.*, 874.
Tabacs. Culture en Meurthe-et-Moselle. *Ap.* 11 *Janv.*, 50.
Vigne. Reconstitution du vignoble en Champagne. *Ag.* 16 *Déc.*, 971.
— dans l'Aude. *Id.* 5 *Janv.*, 25.
— Nouveautés en vinification (Roos) *Rgds.* 30 *Déc.*, 943.
— dans la Charente-Inférieure. *Ap.* 11 *Janv.*, 42.

CHEMINS DE FER

Chemins de fer du Great Northern. *E'.* 22-29 *Déc.*, 617, 640.
— de Marienbad-Carlsbad. *E'.* 22 *Déc.*, 624.
— du Lancashire Derbyshire. *E.* 29 *Déc.*, 815.
— d'Europe en 1898. *Rm. Janv.*, 110.
— Métropolitain de Berlin (Haag). *Rgc. Janv.*, 18.
Chauffage des trains par la vapeur. Lancrenon et Dery (Belleroche). *Rm. Nov.*, 130.
Démarrage des trains. *Gc.* 23 *Déc.*, 123.
Frein à air comprimé (Dutton). *Rm. Déc*, 696.
Locomotives Compound express. Chemins Irlandais. *E'.* 5 *Janv.*, 8.
— anciennes. *E.* 12 *Janv.*, 63.
— à trois essieux couplés du Lake Shore and Michigan. *Rm. Déc.*, 695.
— à voie de 0m,75 Hunslet. *E'.* 12 *Janv.*, 38.
— (Chaudières de). *E'.* 12 *Janv.*, 42.
— Clapet de vidange (Butler), *Rm. Déc.*, 696.
— Entretoises mobiles (Johnston). *Rm. Déc.*, 696.
Station de Wawerley. Édimbourg. *E.* 5 *Janv.*, 9.
Signaux en Amérique. *E'.* 29 *Déc.*, 643.
Train-hôpital anglais. *E.* 22 *Janv.*, 48.
Voie. Traverses métalliques (Moreau). *IC. Nov.*, 692.
Voitures du central danois. *E'.* 29 *Déc.*, 644.

TRANSPORTS DIVERS

Automobiles. Divers. *Dp.* 5-13 *Janv.*, 16-27; *VDI.* 13 *Janv.*, 48.
— Exposition de Berlin. *Dp.* 16-28 *Déc.*, 161, 180; *VDI.* 6 *Janv*, 13; *URS. Déc.*, 517.
— Progrès récents (Beaumont). *EM. Janv.*, 523.
— Rapport de l'Association de Liverpool. *E'.* 29 *Déc.*, 642.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Automobiles. Direction par essieu brisé. *La.* 21 *Déc.*, 814.
— Concours du journal *la Locomotion automobile*. *La.* 4 *Janv.*, 9.
— de guerre. *La.* 6 *Janv.*, 95.
— *à pétrole*. Moteurs. *Ri.* 16, 23, 30 *Déc.*, 6
— — *Janv.*, 494, 505, 514. 8. *E'.* 5-12
— — *Janv.*, 1, 29; *Dp.* 13 *Janv.*, 29.
— — Plass. *La.* 28 *Déc.*, 835.
— *à acétylène*. Offen. *La.* 4 *Janv.*, 14.
— *Électriques*. Transformateurs pour accumulateurs d'allumage. *La.* 21 *Déc.*, 810.
— — à accumulateurs. Concours de l'Automobile-Club. *EE.* 13 *Janv.*, 57.
— — Krieger. *EE.* 30 *Déc.*, 481.
— — de New-York (Pélissier). *EE.* 13 *Janv.*, 41.
— — Avant-train Solignac. *Ln.* 13 *Janv.*, 119.
— — Générateurs et moteurs. *Ri.* 13 *Janv.*, 18.

Tramways *électriques* (Lès). *Rmc. Janv.*, 112.
— d'Orléans avec station génératrice au gaz pauvre. *Bam. Déc.*, 1293.
— de Boulogne. *EE.* 6 *Janv.*, 28.
— Canalisations aériennes. *Elé.* 6 *Janv.*, 5.
— Connecteur de rails (Boult). *EE.* 6 *Janv.*, 29.
— Appareils pour essais de la résistance des joints des rails. *EE.* 5 *Janv.*, 30.
— à accumulateurs. Concours de l'Automobile-Club, *EE.* 13 *Janv.*, 57.
— *à vapeur* Purrey. *Rmc. Janv.*, 77.

Transports en commun dans Paris et sa banlieue (Jean). *Gc.* 13 *Janv.*, 165.

Vélocipédie. Fourche Dunlop. *RM. Déc.*, 697.

CHIMIE ET PHYSIQUE

Acétylène. Divers. *Cs.* 30 *Déc.*, 1109.
— Produits de l'explosion (Mixter). *American Journal of Science. Janv.*, 1.
— Exposition de Canstatt. *Dp.* 16 *Déc.*, 171.
— Éclairage à l'acétylène et au pétrole (Wedding). *Société d'Encouragement de Berlin. Déc.* 326.
— Dérivés métalliques (Bertelot et Délépine). *ACP. Janv.*, 5.
— Revue de l'Industrie (Tarragon). *Rcp. Janv* , 23.

Acides. Divers. *Cs.* 30 *Sept.*, 1122.

Acides. sulfurique. Dosage en présence du fer (Wirouboff). *ScP.* 20 *Déc.*, 1046.
— Concentration dans les récipients en fer (Hartmann). *CN.* 22 *Déc.*, 295.
— antimoniques et antimoniates (Delacroix). *ScP.* 20 *Déc.*, 1049.
— Azotique. Fabrication par distillation dans le vide. *Cs.* 38 *Déc.*, 1122.

Argent ammoniacal (Azotate d') et argent-ammonium (Berthelot et Délépine). *ACP. Janv.*, 57.
— Alcaloïdes. Divers. *Cs.* 30 *Déc.*, 1150.

Argentacétyle (Iodures d') (Berthelot et Délépine). *ACP. Janv.*, 47.

Arsèniate ammoniaco-magnésien. Constitution (Austin). *American Journal of Science. Janv.*, 55.

Argon et ses combinaisons (Berthelot). *Acp. Janv.*, 66.
— *et azote*. Réactions sur les radicaux mercuriels (Berthelot). *ACP. Janv.*, 89.

Azote. Dosage par la méthode de Kjeldahl (Attenberg). *Ms. Janv.*, 32.
— Recouvrement dans la distillation de la houille. *Cs.* 30 *Déc.*, 1899.

Brasserie. *Cs.* 30 *Déc.*, 1143.
— Bières à double face (Van Laer). *CR.* 2 *Janv.*, 53.
— Expériences sur la culture du houblon (Marskin). *IoB. Déc.*, 497.
— Broyage de l'orge. *Id.* 514.
— Fabrication du malt en flocons (Facwett). *Id.* 555.

Caoutchouc vulcanisé Analyse de (O. Weber). *CN.* 5 *Janv.*, 5.
— (Extraction du) Deiss). *Mc. Janv.*, 15.

Carbure de calcium (Prix du). *E'.* 22 *Déc.*, 61
— Usine de Saint-Marcel-d'Aoste. *EE.* 30 *Déc.*, 496.
— Procédé Freeman. *EE.* 6 *Janv.*, 31.

Céramique. Divers. *Cs.* 30 *Sept.*, 1125.

Cellulose. Cross et Bevan. *Mc. Janv.*, 25.

Chaux et ciments. Divers. *Cs.* 30 *Sept.* 1126.
— Enlèvement des poussières dans les moulins. *Le Ciment. Déc.*, 179.
— dosage de la chaux libre dans le Portland. *Le Ciment. Déc.*, 181.
— Industrie du ciment Portland (Green). *Le Ciment. Déc.*, 357.
— Four tournant Gates. *Eam.* 23 *Déc.*, 761.

Corps gras. Divers. *Cs.* 30 *Déc.*, 1132.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cuivre. Réactions microchimiques (Pozzi-Escot). *CR.* 8 *Janv.*, 90.

Distillerie. Épuration des esprits par le traitement en plein air (Scott). *Cs.* 30 *Déc.*, 1082.

Eau oxygénée et hydrate de bioxyde de sodium (de Forcrand). *CR.* 26 *Déc.*, 1246.

Eaux. Contamination des eaux de sources dérivées à Paris (Rocques). *Rgds.* 15 *Déc.*, 915.

— Purification par l'ozone. *Cs.* 30 *Déc.*, 1148. Stérilisation par l'ozone (Andreoli). *Elé.* 23 *Déc.*, 412.

— Purification des eaux d'usines (Hawskley) *E.* 12 *Janv.*, 61.

Égouts de Paris. *E'.* 22 *Déc.*, 626.

— Utilisation des destructeurs. *E'.* 22 *Déc.*, 632.

Émaillage sur métaux (Cunyngame). *SA.* 29 *Déc.*, 137; 5-12 *Janv.*, 160, 162.

Essences et parfums. Essence de bergamote, genèse des constituants (Charabot). *ScP.* 28 *Déc.*, 1083.

— Extracteur de la Société des Parfums du Littoral. *Ln.* 23 *Déc.*, 49.

— Essence de géranium. *Scp.* 5 *Janv.*, 37.

Explosifs. Divers. *Cs.* 30 *Déc.*, 1155.

— (Théorie des) (Sarrau). *Rcp.* 5 *Janv.*, 11.

— Stabilité du fulmi-coton et des poudres sans fumée (Hoitsema). *CN. Déc.*, 305.

Fermentation (Stéréochimie de la) (Ling). *IoB. Déc.*, 532.

— Pastorisateur. *New. Cs.* 30 *Déc.*, 1146.

Gaz. Solubilité dans l'eau. *CN.* 12 *Janv.*, 13.

Gaz d'éclairage. Divers. *Cs.* 30 *Déc.*, 1110.

— Bec Saint-Paul. *Ln.* 23 *Déc.*, 68.

Huiles (Analyse des) (Tixier). *Ms. Janv.*, 16.

Hydrocarbures. Relation entre les points de fusion et d'ébullition (Bayley). *CN. Janv.*, 1.

Hydrogène. Occlusion par le cobalt (Baxter). *CN.* 22-29 *Déc.*, 297, 309.

Industries chimiques en 1899. *Eam.* 6 *Janv.*, 26.

— Modifications probables (Lunge). *Ms. Janv.*, 5.

Ignifuges pour le bois (Cowper Coles). *Cs.* 30 *Déc.*, 1086.

Laboratoire. Dosage des halogènes dans les composés organiques (Valeur). *CR.* 26 *Déc.*, 1265.

— Arsenic et antimoine. Séparation et dosage (Beck et Fischer). *Ms. Janv.*, 37.

Laboratoire. Chaux et magnésie. Dosage dans les cendres (Haywood). *Ms. Janv.* 40.

— Acidimétrie (L') (Imbert et Astruc). *CR.* 2 *Janv.*, 35.

— Essais d'alcaloïdes (Gordin et Prescott). *CN.* 29 *Déc.*, 310.

Magnésium. Dosage volumétrique (Meade). *CN.* 15 *Déc.*, 287.

Mélanges à point d'ébullition fixe (Ryland). *CN.* 12 *janv.*, 15.

Molybdate d'ammoniaque comme réactif du chlorure d'étain (Longstaff). *CN.* 16 *Déc.*, 282.

— (Bioxyde de molybdène) (Guichard). *ScP.* 20 *Déc.*, 1043. Sciliciures (Vigouroux). *CR.* 26 *Déc.*, 1238. Bisulfure (Guichard). *Id.*, 1239.

Optique. Theodolite Berger. *Eam.* 9 *Déc.*, 697.

Papier. Nature des liqueurs perdues des usines (Menzies et Aitkin). *Cs.* 30 *Déc.*, 1097.

Peintures pour le fer (Smith). *Cs.* 30 *Déc.*, 1093.

Pétroles. Divers. *Cs.* 30 *Déc.*, 1113.

Phénols du commerce. Dosage (Schryver). *Ms. Janv.*, 34.

Photographie dans le noir (Russell). *CN.* 16 *Déc.*, 288.

Poids atomiques et propriétés physiques des éléments (Bayley). *CN.* 15 *Déc.*, 282.

Résines et vernis. Divers. *Cs.* 30 *Déc.*, 1134.

Rhammose (La). Tanrot. *ScP.* 20 *Déc.*, 1065.

Rhodium et iridium, sesquichlorures (Leidié). *CR.* 26 *Déc.*, 1249.

Tannerie. Divers. *Cs.* 30 *Déc.*, 1135.

Sucrerie. Divers. *Cs.* 30 *Déc.*

— Analyse des sirops. *Id.*, 1091.

Teinturerie. Indigo. Dosage. *Ms.* 48.

— Matières colorantes sulfurées (Jack). *MC. Janv.*, 2.

— Brevets divers. *MC. Janv.*, 25.

— Divers. *Cs.* 30 *Déc.*, 1114, 1119.

Tungstène (Analyse des composés) de (Ibbotson et Briarley). *CN.* 22 *Déc.*, 293, 294.

— Propriétés des paratungstates (Hallopeau). *ACP. Janv.*, 92.

— et molybdène. Séparation (Ibbotson et Briarley). *CN.* 12 *Janv.*, 13.

COMMERCE ET ÉCONOMIE POLITIQUE

Agriculture. Situation agricole d'un canton du Pas-de-Calais (Yan Keravic). *Rso.* 1er *Janv.*, 44.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Alcool. Monopole en Suisse. *SL. Déc.*, 580.
Australie. Situation actuelle. *Ef.* 6 *Janv.*, 9.
Boërs. Leur état social (J. Leclerq). *Rso.* 1er *Janv.*, 70.
Boulangeries coopératives rurales (Enquête sur les) (Musée social). *Déc.*, n° 12.
Brevets (Réforme de la loi des). *E.* 12 *Janv.*, 55.
Chemins de fer français. Projet de rachat. *Ef.* 30 *Déc.*, 921.
— (Réformes à introduire dans l'administration des). *Ef.* 6 *Janv.*, 1.
Concurrence américaine (Dickie). *E.* 22-29 *Déc.*, 777, 813, 839. (Morton). *Id.* 5 *Janv.*, 21, 24. (Porter), 13 *Janv.*, 40.
Colombo (Port de) (Ferguson). *SA.* 15 *Déc.*, 73.
Emigration (L'). Remède au malaise social (Piolet). *Rso.* 16 *Janv.*, 140.
France. Mouvement de la population en 1898. *Rs.* 30 *Déc.*, 841.
— Anarchie postale. *Ef.* 13 *Janv.*, 33.
— (La) au Sahara. *Cf.* 13 *janv.*, 36.
Indo-Chine. État actuel. *Ef.* 6 *Janv.*, 5.
Industries textiles. Situation des soies et laines. *Ef.* 6 *Janv.*, 3.
Lock-out en Danemark. *DoL. Déc.*, 192.
Madagascar. Chemins de fer et travaux publics. *Ef.* 23 *Déc.*, 890.
— (La France à). *Rso.* 16 *Janv.*, 113.
Propriété industrielle. Réforme de la législation. *Ef.*, 30 *Déc.*, 927.
Salaires. Travail aux primes (Norris). *EM. Janv.*, 572.
Sociétés communistes et le fondement religieux (Sagot). *Rso.* 16 *Janv.*, 164.
Tasaso ou bœuf desséché. Commerce à La Plata. *USR. Déc.*, 575.
Trust et les ouvriers. *DoL. Déc.*, 188.

CONSTRUCTIONS ET TRAVAUX PUBLICS

Entrepôt des sucres à Dunkerque. *Gc.* 23 *Déc.*, 113.
Exposition de 1900. Entrée de la place de la Concorde. *Gc.* 16 *Déc.*, 1897.
— Palais de la mécanique. *Gc.* 30 *Déc.*, 129; 6 *janv.*, 145.
Maçonnerie avec joints métalliques coulés (Tavernier). *APC.* N° 37.
— Action de l'eau sous pression (Breuillé). *APC.* N° 43.
Ponts. Mouvements vibratoires des ponts à poutres droites et suspendues (Lebret). *APC.* N° 40.
Tunnel de Turchino. Sur la ligne du Genis-Ovado-Asti. *Gc.* 23 *Déc.*, 119.
Viaduc de la Trent. E. 29 *Déc.*, 815.

ÉLECTRICITÉ

Accumulateurs. Concours de l'Automobil-Club. *Elé.* 13 *janv.*, 20; *EE.* 13 *janv.*, 57; *Ie.* 10 *janv.*, 5.
— tampons (Juman). *EE.* 13 *janv.*, 51.
Boîte de jonction. Mac Evan. *EE.* 23 *Déc.*, 467.
Bornes Shattuck. *EE.* 23 *Déc.*, 466.
Canalisations aériennes (Appareillage des). *Elé.* 23 *Déc.*, 4121.
Conducteurs cylindriques traversés par des courants alternatifs. Résistance réelle. *Ie.* 25 *Dé.*, 556.
Conductibilité du cuivre. E. 22 *Déc.*, 804.
Coupe-circuits. AMa. 7 *Déc.*, 1150.
— fusibles Gray, *EE.* 23 *Déc.*, 467.
Courants (Énergie des) (Pirot), *EE.* 6 *Déc.*, 5.
Distributions diverses (Guilbert). *EE.* 6 *Janv.*, 13.
Dynamos. Production d'un champ magnétique décalé de 90° (Braun). *EE.* 30 *Déc.*, 491.
— Alternateurs. Théorie empirique (Blondel). *Ie.* 10-25 *Déc.*, 529, 555.
— — Couplage des alternateurs actionnés par un moteur à gaz (Ditmar). *EE.* 30 *Déc.*, 502.
— — Compoundées de la General Electric C°. *Ie.* 25 *Déc.*, 553.
— *Moteurs.* Frottement à vide. *EE.* 13 *Janv.*, 64.
Éclairage. *Incandescence.* Lampe Nerst. *Elé.* 30 *Déc.*, 429.
Électro-aimants. Force portative. *Ie.* 10 *Janv.*, 10.
Électro-Chimie. Divers. *Cs.* 30 *Déc.*, 1131.
— Précipitation de l'argent d'un alliage faiblement argentifère. *EE.* 23 *Déc.*, 460.
— Fabrication des produits chimiques par l'électrolyse. État actuel (Guillet). *Gc.* 16 *Dé.*, 101.
— Chaleur de formation des ions (Hollard). *Rgds.* 30 *Déc.*, 939.
— Diaphragme poreux Hollard et Laurie. *EE.* 6 *Janv.*, 30.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Électro-Chimie. Déshydratation du chlorure de zinc Lyta. *EE.* 6 *Janv.*, 31.
— Électro-déposition du chrome (Cowper Cowles). *CN.* 12 *Janv.*, 17.
Mesures. Essai du matériel électrique de l'usine de Cusset. *EE.* 23 *Déc.*, 441.
— Ampère-heure Liebnow. *EE.* 13 *Janv.*, 75.
— Instrument de mesure universel pour automobiles. *Elé.* 30 *Déc.*, 425.
— — nouveaux pour courants alternatifs. *Elé.* 6 *Janv.*, 1.
— Galvanomètre enregistreur Callendar. *EE.* 30 *Déc.*, 499.
— Mesure de la différence de phase des moteurs à champ tournant (Breitfeld). *EE.* 30 *Déc.*, 504.
— Appareils de mesure à champ tournant. Dispositif Siemens et Holske, pour obtenir un décalage de 90°. *EE.* 13 *Janv.*, 76.
— Dispositif Hartmann et Braun, pour obtenir un décalage de phase dans les instruments à courants alternatifs. *EE.* 13 *Janv.*, 77.
— Moyens d'obtenir de grands décalages de phase. *EE.* 31 *Janv.*, 77.
Parafoudres industriels (Neesen). *EE.* 23 *Déc.*, 467, 505.
Pile. Hydra. *EE.* 30 *Déc.*, 491.
Station centrales hydro-électriques de Paderno-Milan. *Ie.* 10-25 *Déc.*, 551, 557; *E'* 22 *Déc.*, 620; *Ri.* 13 *Janv.*, 14.
— Aux États-Unis (Delmas). *IC. Nov.*, 635.
— San Gabriel. *E.* 22-29 *Déc.*, 781, 813.
Téléphonie. Postes multiples Dardeau. *Elé.* 23-30 *Déc.*, 409, 426.
— Tableau pour lignes doubles. Tournaire. *Elé.* 13 *Janv.*, 13.
— En Suède. *E.* 29 *Déc.*, 830.
— A Vienne. *ZOI.* 15-23 *Déc.*, 696, 725.
Transformateurs tournants (Les) (Parshall et Hobart). *E.* 22 *Déc.*, 785.
Transports d'énergie à haute tension (Guje). *EE.* 23-30 *Dec.*, 452, 487.
— Par courants alternatifs (Preller). *E.* 12 *janv.*, 37.

HYDRAULIQUE

Distribution d'eau de Melbourne. *E.* 5 *Janv.*, 3.
Écoulement de l'eau dans les conduites en acier et en bois. *Gc.* 6 *Janv.*, 151.
Filtre pour eaux industrielles. Bennet et Beresford. *Ri.* 30 *Déc.*, 513.
Indicateur d'écoulement Kaisben. *Ri.* 5 *Janv.*, 6.
Pompes. Progrès récents (Bavier). *VDI.* 6 *Janv.*, 1.
— Allis, de 550 chevaux. Essai. *E.* 12 *Janv.*, 44.
— (Les) (Masse). *RM. Déc.*, 632.
— centrifuge Waring, Gwynne et Sergeant. *RM. Déc.*, 697.
Turbines. Réglage indirect (Pfarr). *VDI* 16, 23 *Déc.*, 1553, 1594.

MARINE, NAVIGATION

Bateau pilote à vapeur Eltungham. *E.* 29 *Déc.*, 825.
Bassin de radoub de Missiessy (Guiffart). *APC.* N° 38.
— Bossoir Leslie. *RM. Déc.*, 714.
Canaux du Canada. *E.* 22 *Déc.*, 797.
Canal latéral à la Loire. Transformation. *Gc.* 13 *Janv.*, 161.
Chantier de construction des grands lacs. *E.* 22 *Déc.*, 784.
Constructions navales en Angleterre en 1899. *E.* 29 *Déc.*, 834; 12 *Janv.*, 48.
Gouvernail Brown. *RM. Déc.*, 713.
Lignes des courants (Théorie des) (Niles). *E'.* 12 *Janv.*, 47.
Mâtures à voile (Calcul des), *E'.* 12 *Janv.*, 31.
Marée dans la Manche. Théorie (Bourdelles). *APC* N° 36.
Marines de guerre *allemande*. Manœuvres de 1899. *Rmc. Nov.*, 379.
— *anglaise* en 1899. *E.* 22 *Déc.*, 798; 12 *Janv.*, 56. Croiseurs *Pegasus et Pyramus*. *E.* 22 *Déc.*, 788; *Rmc. Nov.*, 446. Manœuvres navales de 1899. *Rmc. Nov.*, 374.
— *Amérique*. *E.* 29 *Déc.*, 829.
— — Croiseurs type *Denver*, *E.* 29 *Déc.*, 819; 12 *Janv.*, 50; *Rmc. Nov.* 451.
— — Monitors. *E'.* 29 *Déc.*, 646.
— — Installations électriques des croiseurs *Kearsage* et *Kentucky* (Woodward). *E.* 5 *Janv.*, 30.
— Danemark. *Rmc. Nov.*, 460.
— *France*. Défense des côtes de Dunkerque à Bayonne au XVII^e siècle (Toudouze). *Rmc. Nov.*, 307.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Marine de guerre. Italie. *Rmc. Nov.*, 456.
— Japon. *Rmc. Nov.*, 457.
— Russie. *Rmc. Nov.*, 458.
Paquebots Kaiser Wilhelm. Dp. 5 *Janv.*, 1.
Phare d'Eckmuhl (Duperrier). *APc. N°* 39.
Portes étanches électriques. E. 29 *Déc.*, 819, 821.
Sous-marins (Les). *Rt.* 25 *Déc.*, 559.
Sauvetage (Opérations remarquables de) (Farwell). *EM. Janv.*, 585.

MÉCANIQUE GÉNÉRALE

Air comprimé. Compresseurs Cummings. Simmons. *RM. Déc.*, 715.
Broyeurs à tubes Clark. *Eam* 9 *Déc.*, 701.
Cuirs emboutis (Théorie des) (Gollner). *Dp.* 16 *Déc.*, 166.
Dragues Bates pour le Volga. *E.* 29 *Déc.*, 823.
— Simonds. *E'.* 29 *Déc.*, 646; *RM. Déc.* 670.
Engrenages. Transmission pour moteurs électriques (Lasche). *VDI.* 16 *Déc.*, 1363.
Chaudières (Résistance des) (Sinigaglia). *RM. Déc.*, 593.
— Emploi des combustibles bon marché (Crompton). *E.* 12 *Janv.*, 69.
— Explosion à Sheffield. *E.* 29 *Déc.*, 841.
— à tubes d'eau (Accidents des). *Ri.* 30 *Déc.*, 515.
— — Lagrafel et Dallest. *Ri.* 16 *Déc.*, 493.
— — Siebert, Lagosse. *RM. Déc.*, 690.
— — à la mer. *E'.* 22 *Déc.*, 625; *E.* 5 *Janv.*, 20.
— — Circulation. Expériences de Halliday. *E'.* 29 *Déc.*, 653.
— désincrustants (Emploi des). *AMa.* 7 *Déc.*, 1152.
— Eaux corrosives et incrusto-corrosives (De la Coua). *Gc.* 23, 30 *Déc.*, 117. 139; 6 *Janv.*, 149.
— Filtre-réchauffeur Watson. *E.* 12 *Janv.*, 51.
— Grille Reagan. *RM. Déc.*, 691.
— Foyer Caddy. *Ri.* 13 *Janv.*, 15.
— Humidité de la vapeur. Eau entraînée (François). *Ru. Nov.*, 153.
— Injecteur Brunbauer. *RM. Déc.*, 692.
— Rupture d'un tube à fumée (Léon). *AM. Oct.*, 436.
— Réchauffeur Bredt. *RM. Déc.*, 693.
Chaudières. Résistance des fonds (Bach.) *VDI.* 23, 30 *Déc.*, 1585, 1613.
— Soupapes de sûreté Schmidt. *RM. Déc.*, 693.
— Surchauffeur Schmidt. *RM. Déc.*, 694.
Frottements dans les paliers Bam. Déc., 321, 12.
Garnitures (Frottement des) (Benjamin). *E.* 12 *Janv.*, 67.
Graisseur suédois. *E.* 12 *Janv.*, 46.
Levage. Pont électrique Adamson de 50 tonnes. *E.* 5 *Janv.*, 13.
— Transports mécaniques divers (Little). *EM. Janv.*, 501.
— Chèvre Maxon. *RM. Déc.*, 699.
Machines-outils. Ateliers Baker. *AMa.* 14 *Déc.*, 1179. de la Waltham Watch C°. *EM. Janv.*, 530.
— américaines et anglaises. *E'.* 29 *Déc.* 639.
— Cisaille Shultz. *E.* 22. *Déc.*, 791.
— Découpeuses (Fabrication des) (Lundwald et Klube). *AMa.* 28 *Déc.*, 1235.
— Alésoir pour lingots (Craven). *E'.* 29 *Déc.*, 653.
— Étau limeur Flather. *RM. Déc.*, 702.
— Fraiseuses Richards pour tubulures, *Ri.* 23 *Déc.*, 501.
— — pour engrenages Gould, — Eberhardt. *RM. Déc.*, 688.
— Filière Williams. *RM. Déc.*, 703.
— Affûteuse Hermsdorf. *RM. Déc.*, 701.
— Marteau Bradley. *E'.* 22 *Déc.*, 629.
— Machine à fabriquer les barils métalliques Barraclough et Heaton. *Ri.* 13 *Janv.*, 13.
— Perceuse-aléseuse quadruple pour radiateurs. *AMa.* 7 *Déc.*, 1147.
— — variable automatique Barker. *AMa.* 14 *Déc.*, 1175.
— — radiale Fosdick. *E'.* 12 *Janv.*, 33 Warren. *AMa.* 4 *Janv.*, 25.
— — pour rails Moore. *RM. Déc.*, 706.
— Protège-scies Glover. *E'.* 5 *Janv.*, 12.
— Presse à dresser Muncaster. *RM. Déc.*, 677.
— — à forger Hamel et Lucy. *Id.*, 678.
— Porte-outils Armstrong, Hogdson, *AMa.* 14 *Déc.*, 1178.
— Taraudeuse pour tubes Platt. *E.* 5 *Janv.*, 27.
— Riveuse Fielding. *RM. Déc.*, 708.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Machines-outils. Tour à cuivre de la Britannia Cº. *E.* 29 *Déc.*, 837.
— — à vis Spencer, Pratt-Whitney, Herbert-Austin, Roberts, Sandstrom et Bommer, Siewert, Brown et Smith Hill, Hewitt (G. Richard). *RM. Déc.*, 644.
— — à revolver Hartness. *RM. Déc.*, 683.
— *à bois* (Scie à ruban). Ransome. *RM. Déc.*, 708.
Moteurs à vapeur surchauffée (Doerfel). *VDI.* 16 *Déc.*, 1558.
— pour tramways électriques (Hague). *EM. Janv.*, 558.
— Thomson Eckford. *RM. Déc.*, 729.
— Street, Robinson et Sankey. *Id.*, 720.
— de 2000 chevaux Hicks-Hargreaves. *E'.* 12 *Janv.*, 35.
— Diagrammes (Géométrie des) (Baills). *Rmc. Nov.*, 273.
— Régulateurs (Les) Lecornu. *RM. Déc.*, 611. Palmiter, Lindley. *Id.*, 720.
— Pompe à air Thom. *RM. Déc.*, 721.
— **à gaz** Marmonier. *Ri.* 16 *Déc.*, 494. Raymond. *RM. Déc.*, 721.
— — Échappement Crossley. *RM. Déc.*, 724.
— — Mise en train Simon, *Id.*, 725.
— — pauvre. Gazogène, Fichet et Heurtey. *Bam. Déc.*, 1300.
— — — de haut fourneau Differdange. *SuE.* 1er *Janv.*, 34.
— **à pétrole.** Romain Lee, Fesseer, Winton. *RM. Déc.*, 725. Diesel. *E.* 5 *janv.*, 5.
— — Pour vélos. *Bam. Déc.*, 1345.
— — Turbine Curtis. *RM. Déc.*, 728.
— — Carburateurs Lambert, Hay. *RM. Déc.*, 727.
Planimètre Greenhill. *E'.* 22 *Déc.*, 614.
Palier, Ewald. *RM. Déc.*, 716.
Résistance des matériaux. Dilatation des cylindres épais sous la pression (Dunbar). *AMa.* 7 *Déc.*, 1155.
— Épaisseur et forme à donner aux tôles embouties (Levy). *Gc.* 30 *Déc.*, 134.
Ventilateurs à hélice (Essais des) (Innes). *E.* 12 *Janv.*, 67.

MÉTALLURGIE

Alliages. Or-aluminium (Heycock et Neville). *CN.* 15 *Déc.*, 281.
Bronzes japonais (*Société d'Encouragement de Berlin*). *Déc.*, 188.
— Action de l'eau de mer (Diegel) (*Société d'Encouragement de Berlin*). *Nov.*, 312.
Fer et acier. Sidérurgie en Lorraine et Luxembourg. (*Société d'Encouragement de Berlin*). *Déc.*, 197.
— Développement de la sidérurgie aux États-Unis pendant les soixante-quinze dernières années (Fritz). *Fi. Déc.*, 437; *E.* 5, 12 *Janv.*, 34, 65.
— Acier comprimé (L') (Loss). *Fi. Déc.*, 461.
— — au tungstène et au molybdène. *Id.*, 475.
— Procédé Bertrand — Thiel (Howe). *Ru. Nov.*, 153.
— Trempe (Couleurs de la). *E.* 29 *Déc.*, 843.
— Dosage du carbone dans le fer et l'acier sans appareil de combustion (Dougherty). *Ms. Janv.*, 52.
— Dosage volumétrique du soufre dans la fonte (Thill). *Ms. Janv.*, 53.
— Aciéries impériales du Japon. *SuE.* 15 *Déc.*, 1141.
— *Hauts fourneaux* (*Rc*). Réchauffeurs Bretherton. *Eam.* 9 *Déc.*, 698.
— — Machine soufflante d'Augsbourg *RM. Déc.*, 717.
— — Machine à mouler Uehling. *SuE.* 1er *Janv.*, 25.
Mercure. Traitement aux mines de La Mar. *Eam.* 30 *Déc.*, 787.
Or (Analyse de l') (Witter). *Ms. Janv.*, 50.
Plombs argentifères (Affinage des) (W. Iles). *Eam.* 9, 30 *Déc.*, 695, 788.
— Usine de Granby. Colombie britannique. *Eam.* 16 *Déc.*, 730.
Zinc, aluminium, mercure, Métallurgie (Schnabel). *VDI.* 23 *Déc.*, 1599.

MINES

Arrêt de cages Smith. *E'.* 12 *Janv.* 34.
Épuisement. Pompe Armstrong. *Ri.* 23 *Déc.*, 506.
États-Unis. Statistique minérale pour 1899. *Eam.* 6 *Janv.* 1.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Extraction (Machine d') Radonavic. *RM. Déc.*, 718.
Galerie souterraine des mines de Gardane à la mer (Domage). *AM. Oct.*, 349.
Graphite. Mine de Cranston. États-Unis. *Eam.* 9 *Dec.*, 694.
Houillères. Lignite des provinces rhénanes. *Ru. Nov.*, 186.
— Grand'Combe. Nouvelle méthode d'exploitation. *Gc.* 16 *Déc.*, 104.
Mercure. Mines de La Mar, Utah. *Eam.* 23 *Déc.*, 754.
Mines et métallurgie. Progrès pendant trois quarts de siècle (Kirchoff). *Fi. Déc.*, 424.
Or. Placers de Minersville. *Ru. Nov.*, 190.
— du Bear Carfeh (Montana). *Eam.* 23 *Déc.*, 757.
— Republic Mine. Washington. *Eam.* 16 *Déc.*, 725.
— Neme. Alaska. *Id.*, 727.
Parachute à coins Satta. *Ru. Nov.*, 186.
Perforatrice Ambrose. *RM. Déc.*, 717.
Roulage par moteurs à pétrole. *Eam.* 16 *Déc.*, 724. — électriques. *E'.* 12 *Janv.*, 36.
Transvaal. Industrie minière (Bracke). *RM. Nov.* 105.
Trieur magnétique Bomelow. *Ri.* 6. *Janv.*, 4.

Le Gérant : Gustave Richard.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

99e ANNÉE. Cinquième Série, Tome V. FÉVRIER 1900.

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

ARTS MÉCANIQUES

RAPPORT fait par **M. E. Sauvage**, au nom du *Comité des Arts mécaniques*, sur un *compresseur d'air à deux phases*, présenté par la *Compagnie de Fives-Lille*.

La dépense d'air comprimé, pour actionner les freins des véhicules de chemins de fer, devient importante lorsque les trains sont longs et les arrêts fréquents; à la consommation nécessaire pour la manœuvre des appareils s'ajoute l'effet des fuites. En outre, on a trouvé pour l'air comprimé, que porte la locomotive, divers usages accessoires : on s'en sert au lieu de vapeur pour projeter du sable sous les roues motrices ; il commande l'appareil de démarrage de certaines locomotives compound ; dans le système Lancrenon (1), il circule avec la vapeur dans les conduites de chauffage des trains.

Il convient d'ailleurs que l'air comprimé puisse être rapidement fourni en grande quantité, lorsqu'il s'agit de charger d'air les véhicules d'un train avant le départ.

Les locomotives portent un compresseur à vapeur appelé souvent « petit cheval », qui doit être simple et peu encombrant : c'est pour ce motif qu'on emploie fréquemment un appareil à commande directe, composé d'un cylindre à vapeur à double effet et d'un cylindre compresseur, avec tige commune des pistons. A cause de leur simplicité, on fait souvent usage de ces

(1) *Bulletin de la Société d'encouragement*, 4e série, t. X (1895), p. 39.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mêmes appareils pour produire l'air comprimé dans les ateliers de chemins de fer et dans d'autres établissements industriels.

Cette machine très simple a le défaut d'exiger beaucoup de vapeur ; avec une forte consommation d'air comprimé, elle entraîne une dépense de combustible qui n'est pas négligeable. On voit facilement pourquoi ce moteur ne peut pas être économique : l'air comprimé n'atteint sa pression la plus forte que vers la fin de la course des pistons, pendant la période de refoulement : il faut donc qu'à ce moment la pression sur le piston moteur ait aussi sa plus grande valeur, de sorte que le cylindre moteur se trouve entièrement rempli de vapeur à la plus forte tension à chaque course simple ; toutefois cette

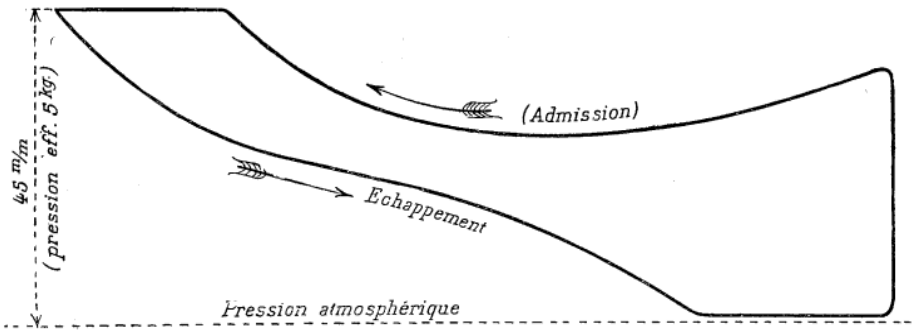


Fig. 1. — Diagramme du cylindre à vapeur d'un compresseur direct monocylindriq ue.

tension est souvent inférieure à celle de la chaudière, par suite des laminages. Les diagrammes relevés à l'indicateur sur le cylindre moteur de ces compresseurs montrent bien leur forte dépense de vapeur. La figure 1 reproduit un de ces diagrammes, sur lequel on voit que la pression effective de la vapeur la plus forte (5,5 kilogrammes par centimètre carré ; ordonnée de 45 millimètres) est effectivement atteinte en fin de course.

Le compresseur de la Compagnie de Fives-Lille (fig. 2 et 3), établi d'après les plans de M. Bassères, ingénieur, chef du service de mécanique générale de cette Compagnie, comporte deux cylindres à air successifs : le premier aspire l'air dans l'atmosphère, et le refoule dans le second cylindre, qui est plus petit ; celui-ci continue la compression de l'air, et le refoule dans le réservoir qu'il doit alimenter (ceci suppose une certaine pression déjà atteinte dans ce réservoir). Chacun des cylindres fonctionne à double effet : une seule tige porte les deux pistons compresseurs et le piston moteur. Par suite de ces dispositions, l'effort à produire au moment où il atteint sa plus

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

grande valeur, c'est-à-dire en fin de course, est moindre que dans un com-

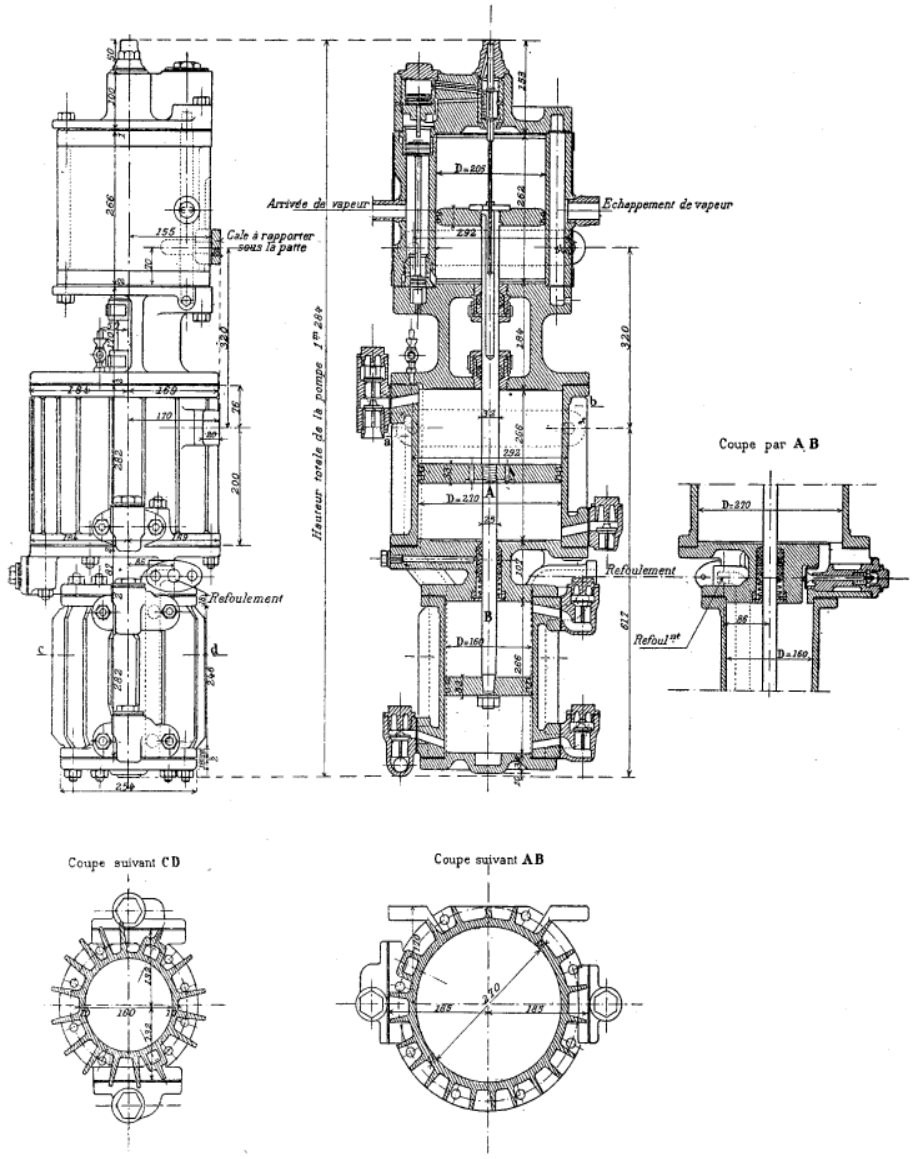


Fig. 2. — Compresseur étagé de *Fives-Lille*.

presseur simple. Comparons deux compresseurs de même débit : le premier cylindre à air du compresseur double est le même que le cylindre unique du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

compresseur simple, puisque les deux appareils doivent aspirer dans l'atmo-

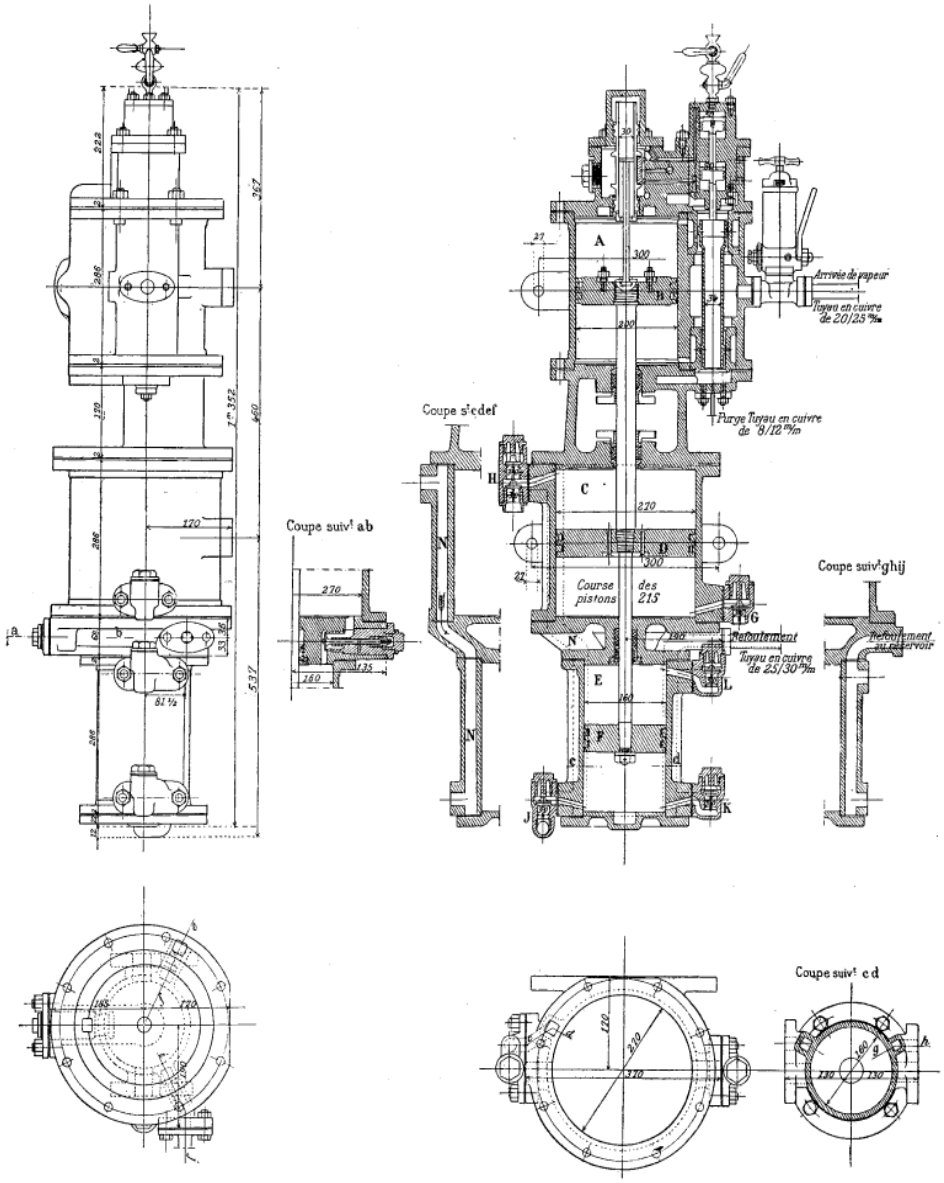


Fig. 3. — Compresseur étagé de *Fives-Lille*.

A et B, cylindre et piston à vapeur; C et D, E et F, cylindres et pistons du compresseur à basse et haute pression; G, soupape d'aspiration: H, soupapes d'aspiration et de refoulement; I, soupape de refoulement; J, soupape de retenue; K et L, soupapes de refoulement.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sphère le même volume d'air à chaque coup de piston. En fin de course, le piston du compresseur simple est soumis, sur l'une de ses faces, à la pression finale de l'air, et, sur l'autre face, à la pression de l'atmosphère ; dans l'autre appareil, le même piston n'est alors soumis qu'à une pression intermédiaire, qui dépend du rapport des sections des deux cylindres ; l'autre face supporte de même la pression de l'atmosphère ; à l'effort sur le premier piston s'ajoute, sur le second piston, qui est plus petit, la pression finale de l'air, diminuée de la pression intermédiaire sur l'autre face : l'effort total en est évidemment réduit.

Par exemple, avec des cylindres successifs de 270 millimètres et de 160 millimètres de diamètre, dimensions d'un des modèles de Fives-Lille, devant fournir l'air à la pression effective de 8 kilogrammes par centimètre carré, la pression intermédiaire, en négligeant l'effet des laminages, des espaces libres, de l'échauffement pendant la compression, se calcule en multipliant la pression initiale (soit 1 kilogramme par centimètre carré) par le rapport des volumes des cylindres, puisque le poids d'air à la pression atmosphérique aspiré dans le grand cylindre est refoulé dans le petit : on trouve ainsi que la pression effective est de $1^{kg},85$ par centimètre carré. La surface du grand piston supporte donc une pression finale de $1^{kg},85$ sur 570 centimètres carrés, soit 1 060 kilogrammes ; le petit piston porte 8 moins $1^{kg},85$, ou $6^{kg},15$, sur 200 centimètres carrés, soit 1 230 kilogrammes : c'est au total un effort de 2290 kilogrammes. Le piston du compresseur simple porterait 8 kilogrammes sur 570 centimètres carrés, c'est-à-dire 4650 kilogrammes, ou le double environ.

Comme cet effort doit être produit par le piston à vapeur, une surface moitié moindre suffira pour le compresseur à deux phases. Si, au contraire, on conserve le même cylindre moteur, on augmentera la section du premier cylindre à air, et le débit de l'appareil compresseur sera doublé.

En outre, l'espace libre réduit moins le volume aspiré par le compresseur à deux phases, puisque l'aspiration ne commence qu'au moment où l'air comprimé dans l'espace libre s'est détendu jusqu'à la pression de l'atmosphère : or, la pression de cet air dans l'espace libre, à la fin d'une course, est bien moindre avec la compression en deux temps.

L'air s'échauffe pendant la compression. Dans un compresseur simple à action directe, on pourrait penser que la substitution de la compression adiabatique à la compression isotherme n'augmente pas la dépense de vapeur, puisque cette dépense ne dépend que de la pression finale de l'air,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qui reste la même : la vapeur, fort mal utilisée d'ailleurs, fournirait ainsi en plus l'excédent de travail nécessaire pour la compression adiabatique. Mais le volume à refouler est plus grand quand l'air est chaud ; les laminages augmentent alors la pression finale sur le piston ; en outre, le cylindre, étant chaud, chauffe l'air pendant l'aspiration dans l'atmosphère, ce qui réduit le poids aspiré à chaque course.

Dans le compresseur à deux phases, l'effet de la compression adiabatique augmentera la pression intermédiaire de l'air refoulé dans le petit cylindre, et par suite l'effort final à produire par le piston moteur ; il est vrai que, dans le premier cylindre, l'échauffement ne peut être très grand parce que la comparaison n'y est pas forte.

Pour éviter le plus possible ces inconvénients, la Compagnie de Fives-Lille a muni d'ailettes extérieures les cylindres à air de ses compresseurs. La Compagnie des chemins de fer de l'Ouest emploie du reste la même disposition pour ses compresseurs simples. Sur une locomotive en marche, ces ailettes peuvent être particulièrement efficaces. Il est curieux de noter, à cette occasion, que, fréquemment, on munit d'enveloppes isolantes les cylindres à air des compresseurs des locomotives, avec le même soin que leurs cylindres à vapeur.

Pour déterminer quel doit être le rapport des volumes des deux cylindres compresseurs, ou, ce qui revient au même, le rapport des surfaces de leurs pistons, on doit connaître la pression finale de l'air qu'on veut obtenir : d'après cette pression finale, on détermine le rapport qui donne le moindre effort en fin de course (1).

La disposition des soupapes présente une particularité : il suffirait à la rigueur d'avoir 6 soupapes, soit 2 pour l'aspiration du premier cylindre, 2 pour le refoulement d'un cylindre dans l'autre et 2 soupapes pour le refoulement du second cylindre au réservoir d'air. Mais, tandis qu'un passage très court amène l'air de la partie inférieure du premier cylindre à la partie supérieure du second, placé en dessous du premier, le conduit qui met en rela-

(1) En négligeant les espaces libres, et en supposant une compression isotherme, si 1, p' et p sont les valeurs successives de la pression absolue (initiale, à la fin de la première compression, et finale), la pression intermédiaire p' est égale au rapport n des volumes V_1 et V_2 des deux cylindres ($V_1 = nV_2$). Les surfaces des pistons étant proportionnelles à ces volumes, l'effort final est $V_1(p' - 1) + V_2(p - p')$. En remplaçant p' par n et V_2 par $\frac{V_1}{n}$, cette expression devient $V_1\left[n - 1 + \frac{p-n}{n}\right]$ ou $V_1\left[n + \frac{p}{n} - 2\right]$. Elle prend sa plus petite valeur pour $n = \sqrt{p}$.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tion la partie supérieure du premier cylindre et la partie inférieure du second est très long. Une seule soupape sur ce long conduit augmenterait beaucoup l'espace libre de l'un ou de l'autre cylindre (ou de tous les deux). Aussi, a-t-on muni ce conduit d'une soupape à chacune de ses extrémités, de sorte qu'il reste rempli d'air sous la pression intermédiaire finale pendant la course descendante des pistons.

Le fonctionnement de la pompe n'est plus le même pendant la période de chargement du réservoir d'air comprimé, où la pression varie depuis celle de l'atmosphère jusqu'à la pression finale adoptée. Au début de l'opération, tant que la pression intermédiaire, qui dépend du rapport des volumes des deux cylindres, n'est pas atteinte dans le réservoir, le second cylindre ne sert à rien : le premier cylindre refoule directement dans le réservoir à travers le second cylindre. Il semblerait même que, pendant cette période, le second cylindre serait plutôt nuisible, en introduisant des résistances sur le trajet de l'air. Néanmoins, l'appareil à double phase conserve encore un avantage sur le compresseur simple, tenant à ce que son cylindre à vapeur est proportionnellement plus petit : toutefois, il ne serait pas juste de dire que la dépense de vapeur se réduit proportionnellement au volume du cylindre, parce que le laminage peut en diminuer davantage la pression dans le plus grand cylindre moteur (1).

Une fois la pression intermédiaire atteinte, les deux cylindres compresseurs travaillent; mais le rapport de leurs volumes n'est pas le plus favorable, puisque ce rapport devrait être environ la racine carrée du rapport de la pression finale à la pression initiale.

Les expériences faites sur cette pompe par l'administration des chemins de fer de l'État, et par les Compagnies des chemins de fer de l'Est, du Nord et de l'Ouest ont confirmé ces déductions théoriques. D'une manière générale, ces expériences ont montré que, pour produire un volume d'air déterminé sous la pression exigée (6 à 8 kilogrammes effectifs par centimètre carré), le compresseur de Fives-Lille ne dépensait à peu près que la moitié de ce qu'exige un compresseur à simple phase. Ces dépenses de vapeur étaient estimées d'après le volume des cylindres moteurs et la pression finale. Cette méthode ne tient pas compte des condensations dans le cylindre; mais on sait que ces condensations sont peu importantes dans un moteur sans détente, à cylindre bien enveloppé.

(1) Ou, si les cylindres moteurs sont égaux, dans celui qui commande le cylindre à air unique, plus petit que le premier cylindre à air du compresseur à deux phases.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En outre, les expériences ont montré, qu'avec le même cylindre à vapeur, le compresseur à double phase permettait de charger d'air comprimé un réservoir plus rapidement que le compresseur simple. Nous donnons en annexe quelques détails sur ces expériences.

Les frais d'entretien d'un compresseur à double phase seront probablement un peu plus grands que ceux d'un compresseur simple; la garniture de la tige des pistons entre les deux cylindres à air n'est pas accessible de l'extérieur, et peut donner lieu à quelques fuites, si l'entretien n'est pas très soigné; deux garnitures séparées, comme entre le cylindre à vapeur et le premier cylindre à air, seraient préférables à ce point de vue; mais elles augmenteraient encore la longueur de l'appareil, déjà plus long qu'un compresseur simple. Toutefois, cet excès de longueur n'empêche pas, en général, le montage de l'appareil sur les locomotives.

En ce qui concerne le prix de revient de la construction, abstraction faite des droits de brevet, le compresseur à deux phases ne coûterait certainement pas plus cher qu'un compresseur simple donnant le même débit d'air pour le même nombre de coups de piston. On peut aussi, sans dépense exagérée, transformer un compresseur simple en compresseur double en utilisant le cylindre moteur avec son mécanisme de distribution.

En résumé, le compresseur de Fives-Lille offre de sérieux avantages, non seulement pour les locomotives, mais aussi pour certaines installations fixes. Il a déjà reçu dans les chemins de fer des applications assez nombreuses (1).

Aussi le Comité de mécanique vous propose de remercier la Compagnie de Fives-Lille de sa communication, et d'insérer le présent rapport, avec ses figures et son annexe, dans le *Bulletin* de la Société.

Signé : E. Sauvage, *Rapporteur.*

Lu et approuvé en séance le 12 janvier 1900.

ANNEXE

Essais des chemins de fer de l'Est.

Les essais de la Compagnie des chemins de fer de l'Est ont donné lieu à la rédaction d'une note très complète par M. Troisier, inspecteur du matériel de cette Compagnie.

(1) Chemins de fer de l'État, de l'Est (50 appareils en service ou en construction au 23 novembre 1899), de l'Ouest (51 appareils en service ou en construction au 1er décembre 1899), du Nord, de Paris à Orléans, du Midi.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour obtenir des résultats précis dans les essais de compresseurs, certaines précautions sont nécessaires : lorsqu'on compte le nombre de coups de piston pendant le remplissage d'un réservoir d'air sous une pression donnée, il faut que cet air soit toujours ramené à la même température, sinon le compresseur qui remplira le plus vite le réservoir aura un avantage apparent, puisqu'en général il refoulera de l'air plus chaud, et par conséquent, un poids moindre. Pour éviter cette cause d'erreur, on a employé, dans les expériences de la Compagnie de l'Est, des réservoirs pleins d'eau, dont on réglait l'écoulement de manière à réaliser des remplissages à pression, température et vitesse constantes. Toutefois, pour se rapprocher des conditions de la pratique, on a effectué aussi des remplissages à pression croissante.

Les données principales des appareils essayés étaient les suivantes :

Pompe à simple phase :

Diamètre du cylindre à vapeur	203 millimètres.
Diamètre du cylindre à air	190 —
Courses des pistons	233 —

Pompe double de Fives-Lille :

Diamètre du cylindre à vapeur	204 —
Diamètres des cylindres à air	160 —
	270 —
Course des pistons	233 —

Les principaux résultats de ces essais et de ceux exécutés sur les lignes du Nord, de l'État et de l'Ouest sont donnés aux tableaux suivants :

Essais comparatifs faits aux ateliers du Chemin de fer de l'Est sur la pompe ordinaire à simple phase et sur la pompe Fives-Lille à double phase.

Résumé des essais de compression de l'air à la pression effective de 6 kg. par cm².

LÉGENDE.	VITESSES de marches en coups doubles par minute.	POMPE à simple phase ordinaire.	POMPE de Fives-Lille.
		kg.	kg.
Poids d'air comprimé à l'heure	24	13,83	24,00
	60	25,89	70,14
	80	32,33	91,23
Coût minimum en kilogrammes de vapeur du kilogramme d'air comprimé en une heure	24	6,10	4,05
	60	8,71	4,02
	80	10,11	4,74

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Essais comparatifs faits au Chemin de fer du Nord sur la ligne de Paris à Dammartin avec la Machine 3019 dont les réservoirs avaient les capacités suivantes :

(*Renseignements communiqués par la Compagnie de Fives-Lille*)

Réservoir principal.	260 litres.
Réservoir secondaire	80 —
Tuyauterie.	10 —
TOTAL.	350 litres.

ESSAIS DU 9 NOVEMBRE 1899

1° Sur une pompe modifiée par la Compagnie de Fives-Lille, et ayant les dimensions suivantes :

Diamètre du cylindre à vapeur.	205 mm.	Diamètre de la tige du cylindre à vapeur.	32 mm.
— du grand cylindre à air. . . .	270 —	— — du grand cylindre à air.	32 —
— du petit cylindre à air. . . .	160 —	— — du petit cylindre à air.	25 —
COURSE COMMUNE.	233 mm.		

N°s des ESSAIS.	NATURE des ESSAIS.	NOMBRE de coups de pistons doubles employés.	TEMPS employé pour le remplissage.	VITESSE des pistons par minute en coups doubles.	VAPEUR DÉPENSÉE en volume.	VAPEUR DÉPENSÉE en poids.	OBSERVATIONS.
			min. sec.		litres.	kilogr.	
1er	Remplissage	82	1 50	45	1 238	5, 905	Les deux cylindres à air de la pompe modifiée par la Compagnie de Fives-Lille sont munis d'ailettes destinées à refroidir l'air pendant la compression.
2e	des	81	1 52	43	1 223	5, 833	
3e	réservoirs	81	1 45	46	1 223	5, 833	
4e	de	79	1 30	53	1 193	5, 690	
5e	0 à 6 kg.	82	1 27	65	1 238	5, 905	
					6 115	29, 196	
6e	Remplissage	31	42	44	468	2, 232	La vapeur a constamment été maintenue à une pression moyenne de 9 kilogrammes par centimètre carré.
7e	des	30	38	47	453	2, 160	
8e	réservoirs	31	40	46	468	2, 232	
9e	de	33	38	52	498	2, 375	
10e	3 à 6 kg.	34	35	58	513	2, 447	
					2 400	11, 446	Les remplissages se faisaient aux stations entre Paris et Dammartin.

ESSAIS DU 11 NOVEMBRE 1899

2° Sur une pompe à simple phase ordinaire, grand modèle.

Diamètre du cylindre à vapeur.	205 mm.
— du cylindre à air.	190 —
— de la tige des pistons.	32 —
COURSE COMMUNE.	233 mm.

N°s des ESSAIS.	NATURE des ESSAIS.	NOMBRE de coups de pistons doubles employés.	TEMPS employé pour le remplissage.	VITESSE des pistons par minute en coups doubles.	VAPEUR DÉPENSÉE en volume.	VAPEUR DÉPENSÉE en poids.	OBSERVATIONS.
			min. sec.		litres.	kilogr.	
1er	Remplissage	227	3 55	58	3 428	16, 354	La vapeur, pendant toute la durée des expériences, a été maintenue à la pression moyenne de 9 kilogrammes par centimètre carré.
2e	des	233	2 54	81	3 519	16, 785	
3e	réservoirs	239	3 05	77	3 610	17, 219	
4e	de	234	3 03	76	3 534	16, 857	
5e	0 à 6 kg.	238	3 02	78	3 594	17, 143	
					17 685	84, 355	Les remplissages se faisaient aux stations entre Paris et Dammartin.
6e	Remplissage	100	1 19	76	1 510	7, 202	
7e	des	100	1 21	74	1 510	7, 202	
8e	réservoirs	103	1 33	66	1 555	7, 417	
9e	de	97	1 15	77	1 465	6, 988	
10e	0 à 6 kg.	101	1 17	78	1 525	7, 274	
					7 565	36, 083	

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Essais faits aux ateliers des Chemins de fer de l'État

(Renseignements communiqués

Sur une pompe à simple phase, ayant les dimensions suivantes :

Diamètre du cylindre à vapeur. . . . . 203 mm.
— — à air. . . . . 216 —
— de la tige . . . . . 32 mm. Course commune . . . . . 262 —

	PRESSION D'AIR effective kg par cm².	VOLUME D'AIR refoulé.	VOLUME D'AIR refoulé pour un accroissement de 1 kilogr. par cm².	NOMBRE DE COUPS DE PISTONS Partiels.	NOMBRE DE COUPS DE PISTONS Totaux.	TEMPS EMPLOYÉ Partiel.	TEMPS EMPLOYÉ Total.	COUPS DE PISTONS par minute.	VAPEUR. VOLUME.	VAPEUR. POIDS.
		litres.				min. sec.	min. sec.		litres.	kilogr.
	0 à 1	270	270	15	15	11	11	81	254	0,863
	2	540	270	15	30	15	26	60	508	1,726
1er essai.	3	810	270	15	45	14	40	64	762	2,589
	4	1 080	270	15	60	15	55	60	1 016	3,452
	5	1 350	270	19	79	24	1′ 19	47	1 337	4,545
	6	1 620	270	25	104	57	2′ 16	26	1 760	5,984
	4									
2e essai.	5	1 350	270	15	15	14	14	60	254	0,863
	6	1 620	270	33	48	1′ 30	1′ 44	21	812	2,760
	0 à 1	270	270	15	15	10	10	90	254	0,863
	2	540	270	15	30	12	22	70	508	1,726
3e essai.	3	810	270	15	45	14	36	64	762	2,589
	4	1 080	270	15	60	13	49	69	1 016	3,452
	5	1 350	270	17	77	21	1′	48	1 303	4,430
	6	1 620	270	46	123	3′	4′	15	2 281	7,755
	4									
4e essai.	5	1 350	270	15	15	17	17	33	254	0,863
	6	1 620	270	43	58	2′ 40	2′ 57	16	981	3,335
	0 à 1	270	270	15	15	11	11	81	254	0,863
	2	540	270	15	30	11	22	81	508	1,726
5e essai.	3	810	270	15	45	13	35	69	762	2,589
	4	1 080	270	15	60	14	49	64	1 016	3,452
	5	1 350	270	17	77	21	1′ 10	48	1 303	4,430
	6	1 620	270	47	124	3′	4′ 10	16	2 099	7,136
	4									
6e essai.	5	1 350	270	15	15	15	15	60	254	0,863
	6	1 620	270	43	58	2′ 40	2′ 55	16	981	3, 335
Dépense de vapeur pour les six expériences.									8 914	30,305

à Saintes, le 4 novembre 1898.

par la Cie de Fives-Lille.)

Sur une pompe à 2 phases, types de la Cie de Fives-Lille, ayant les dimensions suivantes :

Diamètre du cylindre à vapeur. . . . . 150 mm.
— des cylindres à air : grand. . . 200 — Petit. . . . . 120 mm.
Diamètre des tiges. { Cylindre à vapeur et grand cylindre à air. . 32 — } Course commune. . 214 —
{ Petit cylindre à air. . . . . 24 — }

	PRESSION D'AIR effective kg par cm².	VOLUME D'AIR refoulé.	VOLUME D'AIR refoulé pour un accroissement de 1 kilogr. par cm².	NOMBRE DE COUPS DE PISTONS Partiels.	NOMBRE DE COUPS DE PISTONS Totaux.	TEMPS EMPLOYÉ Partiel.	TEMPS EMPLOYÉ Total.	COUPS DE PISTONS par minute.	VAPEUR. VOLUME.	VAPEUR. POIDS.
		litres.				secondes.	min. sec.		litres.	kilogr.
	0 à 1	270	270	21	21	14	14	90	158	0,537
	2	540	270	23	44	17	31	83	331	1,125
1er essai.	3	810	270	23	67	16	47	86	505	1,717
	4	1 080	270	22	89	18	1′ 5	73	670	2,278
	5	1 350	270	22	111	24	1′ 29	55	836	2,842
	6	1 620	270	31	142	56	2′ 25	33	1 069	3,634
	4									
2e essai.	5	1 350	270	26	26	23	23	68	196	0,666
	6	1 620	270	28	54	35	58	48	406	1,380
	0 à 1	270	270	21	21	12	12	100	158	0,537
	2	540	270	21	42	13	25	96	316	1,074
3e essai.	3	810	270	21	63	15	40	84	474	1,611
	4	1 080	270	21	84	23	1′ 3	55	632	2,148
	5	1 350	270	23	107	27	1′ 30	51	806	2,740
	6	1 620	270	35	142	69	2′ 39	45	1 069	3,634
	4									
4e essai.	5	1 350	270	21	21	18	18	70	158	0,537
	6	1 620	270	26	47	39	57	40	354	1,203
	0 à 1	270	270	21	21	11	11	110	158	0,537
	2	540	270	21	42	13	24	96	316	1,074
5e essai.	3	810	270	21	63	15	39	84	474	1,611
	4	1 080	270	21	84	15	54	84	632	2, 148
	5	1 350	270	21	105	21	1′ 15	60	790	2, 686
	6	1 620	270	28	133	44	1′ 59	38	1 001	3,403
	4									
6e essai.	5	1 350	270	21	21	16	16	86	158	0,537
	6	1 620	270	25	46	37	53	40	346	1,176
Dépense de vapeur pour les 6 expériences.									4 243	14,430

Essais faits au dépôt de la Compagnie des Chemins de fer de l'Ouest aux Batignolles le 26 février 1898.

1° Sur une pompe ordinaire à simple refoulement, petit modèle, ayant :

Diamètre du cylindre à vapeur. . . . 152 mm.
Diamètre du cylindre à air. . . . . 165 —
Course. . . . . 230 —

2° Sur une pompe ordinaire à simple refoulement, petit modèle, transformée par la Compagnie de Fives-Lille en pompe à double refoulement, ayant :

Diamètre du cylindre à vapeur. . . . 152 mm.
— du grand cylindre à air. . . 200 —
— du petit cylindre à air . . . 120 —
Course . . . . . 225 —

PRESSION D'AIR EFFECTIVE en kilogr. par cm².	VOLUME D'AIR refoulé.	COMPRESSEUR D'AIR (Machine 3568) A SIMPLE REFOULEMENT. Nombre de coups doubles de piston.	Temps employé.	Coups doubles de piston par minute.	VAPEUR. Volume calculé en litres.	VAPEUR. Poids en grammes.	OBSERVATIONS.
	litres.		min. sec.				
1	492	54	1 36	34	443	2 082	L'expérience a été faite avec trois réservoirs d'une capacité totale de 492 litres.
2	984	114	3 34	32	936	4 400	
3	1 476	190	6 20	30	1 561	7 339	
4	1 968	281	9 41	29	2 308	10 851	
5	2 460	381	13 35	28	3 130	14 715	
6	2 952	492	17 34	28	4 046	19 022	

PRESSION D'AIR EFFECTIVE en kilogr. par cm².	VOLUME D'AIR refoulé.	COMPRESSEUR D'AIR (Machine 3569) A DOUBLE REFOULEMENT. Nombre de coups de piston F.	Temps employé.	Coups doubles de piston par minute.	VAPEUR. Volume calculé en litres.	VAPEUR. Poids en grammes.	OBSERVATIONS.
	litres.		min. sec.				
1	492	36	1 11	30	289	1 358	L'expérience a été faite avec trois réservoirs d'une capacité totale de 492 litres.
2	984	80	2 29	32	643	3 023	
3	1 476	128	4 9	30	1 028	4 833	
4	1 968	180	6 16	28	1 447	6 803	
5	2 460	245	8 18	29	1 969	9 257	
6	2 952	310	10 23	30	2 492	11 716	

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS MÉCANIQUES

RAPPORT fait par **M. Édouard Bourdon,** au nom du *Comité des Arts mécaniques*, sur le *Monte-courroies articulé* de M. EUGÈNE MICAULT, mécanicien à Paris.

Dans les usines, le remontage des courroies sur les poulies de commande constitue une manœuvre dangereuse lorsque les ouvriers y procèdent sans prendre certaines précautions indispensables. Nous ne croyons pas utile d'énumérer les circonstances variées qui peuvent occasionner des accidents; nous nous contenterons simplement d'indiquer les trois moyens principaux auxquels on peut recourir pour les éviter :

1° Le remontage à la main, avec la condition expresse d'un ralentissement à 2 ou 3 tours par minute de la vitesse de la transmission;

2° L'emploi des monte-courroies fixes;

3° L'usage de la perche à crochet.

Le monte-courroies présenté à l'examen de la Société d'Encouragement par M. Eugène Micault rentre dans cette troisième catégorie.

La perche à crochet ordinaire est un appareil simple, facile à déplacer, d'un maniement commode et d'un prix modique; ces conditions font que l'usage s'en est généralisé depuis longtemps dans presque tous les ateliers; on doit néanmoins reconnaître que, dans certaines circonstances, son emploi n'est pas possible, et nous citerons particulièrement les cas suivants : la courroie est trop large; ou bien elle est très élevée au-dessus du sol, ou encore elle est rapprochée d'un mur. C'est pour obvier à ces inconvénients que M. Micault a combiné un appareil portatif, peu compliqué, facile à manœuvrer, qui se substitue avantageusement à la perche à crochet et s'applique dans un plus grand nombre de cas. C'est, en principe, une perche à crochet dont la partie supérieure, qui porte le doigt monte-courroie, peut se replier sur la partie inférieure.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'appareil se compose (fig. 1 et 2) d'une douille G, qui se fixe au sommet d'une perche en bois et qui porte un bras articulé à charnière C, maintenu ouvert ou fermé par un ressort analogue à ceux qu'on emploie dans les couteaux à fermoir. A l'extrémité de ce bras C, est monté un doigt D, formé d'un galet caoutchouté, mobile sur un axe qui peut s'orienter à droite ou à gauche suivant les besoins; on le maintient dans l'une ou l'autre de ces positions par le serrage d'une vis de pression.

Pour montrer de quelle manière on fait usage de cet appareil, nous indi-

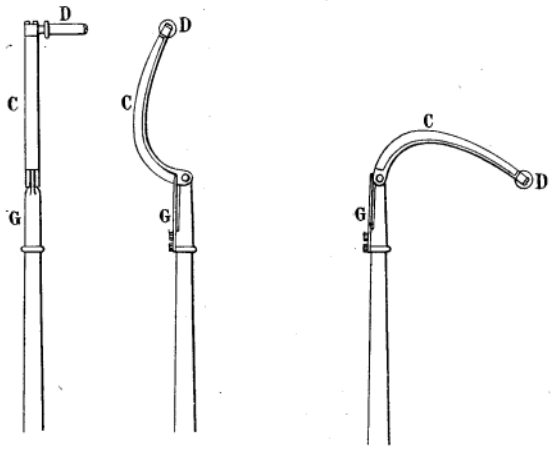


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1 et 2. — Monte-courroies *Micault*.

querons seulement deux cas, où le remontage d'une courroie présente certaines difficultés; c'est lorsque l'arbre de transmission est le long d'un mur, près d'un plafond, et que la courroie est droite (fig. 3) ou croisée (fig. 4); dans ces deux figures, la position de l'appareil au moment de placer la courroie est tracée en traits pleins, tandis que sa position après le montage est tracée en pointillé.

La manœuvre s'opère de la façon suivante :

On saisit la courroie avec l'appareil ouvert, on l'amène au contact de la poulie, le doigt engagé entre celle-ci et la courroie (position 1). L'entraînement se produit (position 2) et lorsque le doigt arrive à la partie supérieure de la poulie, la perche se pliant, le doigt continue son mouvement jusqu'à ce qu'il arrive au point d'échappement (position 3).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'appareil dont nous venons de décrire les dispositions et le fonctionnement a obtenu la plus haute récompense au concours ouvert en 1897 par l'*Association des industriels de France contre les accidents du travail*, pour la création d'un monte-courroies portatif; nous ne saurions mieux résumer tous ses avantages qu'en transcrivant ici les conclusions du rapporteur de la Commission, en ce qui le concerne.

« Il se prête aux positions diverses que le voisinage d'un mur, d'une

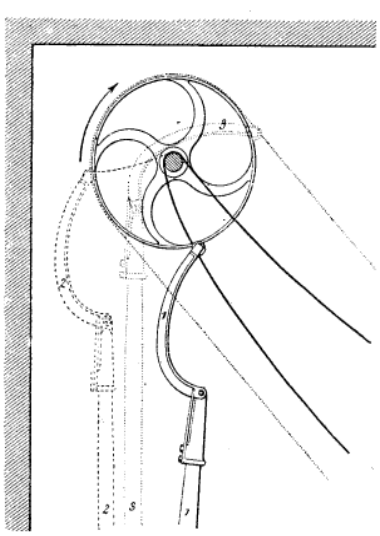


Fig. 3.

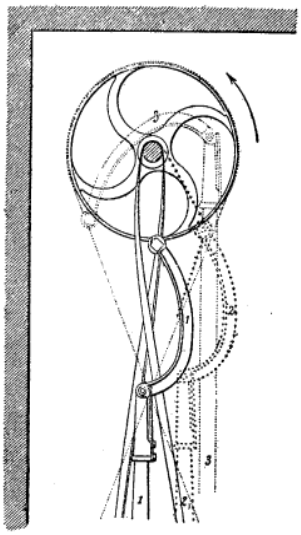


Fig. 4.

Fig. 3 et 4. — Manœuvre du monte-courroies *Micault*, avec courroie ouverte et croisée.

colonne, d'un obstacle quelconque peut obliger à prendre pour effectuer le montage. La simplicité de sa construction, sa solidité qui n'exclut pas la légèreté, la possibilité de le transporter d'un point à un autre de l'atelier aussi aisément qu'une perche à crochet, la présence d'une seule articulation qu'on peut faire d'autant plus résistante, ce qui diminue la crainte de voir l'appareil se disloquer, la facilité de remonter la courroie quel que soit le sens de rotation de la transmission, une latitude assez grande dans le diamètre des poulies auxquelles peut convenir le même appareil, telles sont les qualités très sérieuses qui placent cet appareil au premier rang de ceux que nous avons examinés jusqu'ici. »

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nous vous proposons en conséquence de remercier M. Eugène Micault de sa très intéressante communication et de décider que le présent rapport sera inséré au *Bulletin* avec les figures explicatives qui y sont jointes.

Signé : E. Bourdon, *Rapporteur.*

Lu et approuvé en séance le 6 février 1900.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS ÉCONOMIQUES

Rapport présenté par **M. Violle**, au nom du *Comité des Arts économiques*, sur le *Thermostat régulateur* de M. Dorian.

Messieurs,

M. Dorian soumet à la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale une série d'appareils de réglage et de mesure de température, dans

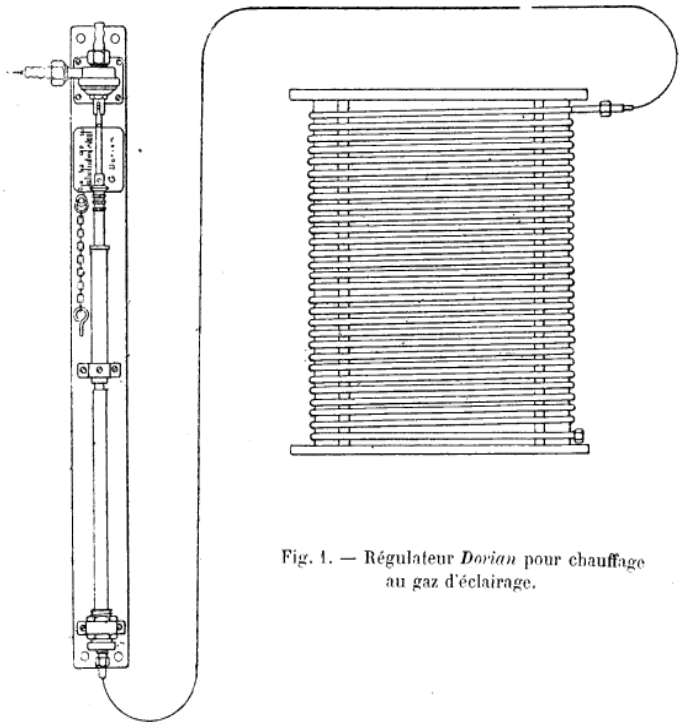


Fig. 1. — Régulateur *Dorian* pour chauffage au gaz d'éclairage.

lesquels la dilatation du liquide thermométrique se transmet à un organe élastique spécial, dont la déformation est utilisée pour produire le résultat cherché.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Considérons par exemple (fig. 1) le régulateur pour étuves chauffées au gaz d'éclairage. A l'intérieur de l'étuve est un long serpentin formant le réservoir thermométrique rempli d'alcool et relié par un tube capillaire à l'organe élastique situé au dehors. Cet organe élastique, qui est la partie originale de l'appareil, se compose essentiellement d'un tube de caoutchouc logé

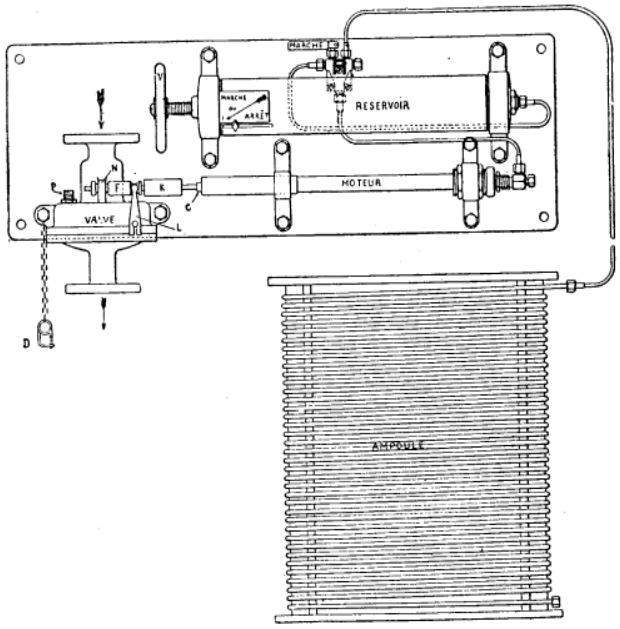


Fig. 2. — Régulateur *Dorian* pour chauffage à la vapeur.

Le moteur glisse librement dans un tube qui lui sert de guide et de support. L'extrémité mobile C se prolonge par une tige passant librement au travers des pièces K et F. La pièce F fait partie de la valve dont elle commande le levier L; sa course est limitée par les faces de la nervure N dans laquelle elle coulisse. La pièce K est une boîte à ressort de sûreté dont le rôle est de rendre impossible le bris de l'appareil dans le cas de chauffage excessif au départ. Lorsque le moteur est armé, l'extrémité C, la boîte à ressort K et la pièce ou manchon F se touchent et sont rendues solidaires par une goupille D, engagée dans un trou percé à cet effet dans la tige centrale. Soit par exemple à entretenir dans une étuve, au moyen de cet appareil, une température régulière de 40°. On ouvre le robinet de vapeur placé au-dessus de la valve de réglage jusqu'à ce que la température de l'étuve soit à 40°; on tourne alors le volant V du réservoir jusqu'à ce que la tige centrale du moteur sorte de la pièce F et découvre le trou percé à son extrémité; on ferme le robinet R, on ramène le volant V à sa position première, et on engage la goupille D dans le trou de la tige centrale. L'appareil règle alors la température automatiquement à 40°. Si l'on veut ensuite arrêter l'appareil, on retire la goupille D et on ouvre le robinet R.

dans l'intérieur d'un ressort à boudin en acier dont les spires contiguës forment un véritable frettage qui s'oppose à la dilatation transversale sans gêner l'allongement longitudinal.

Le tube rempli de mercure et le ressort qui l'enveloppe sont réunis par leurs extrémités seulement sur deux colliers qui les rendent solidaires. L'un des colliers est fixe; l'autre est mobile, entraîné par l'allongement du sys-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tème, et commande le robinet d'arrivée du gaz : de là, le nom de moteur donné par M. Dorian à l'organe élastique au moyen duquel il peut agir sur un mécanisme déterminé.

Un réservoir muni d'un robinet de barrage et placé en dérivation sur le tube capillaire permet au besoin d'arrêter l'appareil et sert à le régler, comme le montre la figure 2, où le moteur agit sur la valve d'une conduite de vapeur.

Ces appareils sont robustes et d'un bon usage. Des régulateurs en service depuis plusieurs années dans de grandes usines n'ont pas cessé de fonctionner d'une façon tout à fait satisfaisante.

Votre Comité des Arts économiques vous propose d'adresser des remercîments à M. Dorian pour son très intéressant envoi et d'ordonner l'insertion du présent rapport au *Bulletin*.

Signé : J. VIOLLE, *Rapporteur*.

Lu et approuvé en séance le 6 février 1900.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

RAPPORT fait, au nom du *Comité d'Agriculture*, sur les *procédés de mouture et de panification du système Schweitzer*, par **M. A. Muntz**.

M. J. Schweitzer a soumis à la Société un système de fabrication du pain qui mérite de fixer l'attention. Ce système forme un ensemble ; il part du blé comme matière première et aboutit au pain comme produit fabriqué.

M. Schweitzer est parti de ce principe que le grain de blé n'est pas, dans les systèmes actuels de mouture aux cylindres, utilisé de manière à donner le rendement en farine qu'on peut en espérer, ni le maximum d'éléments nutritifs qu'il renferme. Le grain de blé a, en effet, une constitution anatomique très complexe ; il n'est pas homogène et ses différentes parties n'ont pas la même composition. Les cylindres, généralement employés aujourd'hui pour la mouture du blé, agissent comme de véritables laminoirs ; aussi certaines parties du grain, qui peuvent être regardées comme parfaitement alimentaires, se trouvent-elles aplaties et dès lors ne passent pas au blutoir ; elles ne se transforment donc pas en farine et restent dans le son.

M. Schweitzer a repris, en les portant à un haut degré de perfection, les procédés de mouture encore en usage il y a quelques années. Deux meules en acier, montées sur des dispositifs mécaniques qui en assurent le parallélisme parfait, décortiquent, à l'aide de leurs cannelures, le grain, en granulant les parties de l'amande que les moulins à cylindres aplatissent et laissent dans le son. On comprend aisément qu'on obtient ainsi une proportion de farine notablement plus élevée.

Nous aurons à étudier si la partie ainsi gagnée a une valeur nutritive égale à celle des parties farineuses proprement dites et si, effectivement, le procédé de M. Schweitzer retire, d'un même poids de blé, une plus grande quantité de matériaux pouvant servir à l'alimentation de l'homme.

Le problème a son importance ; s'il était démontré qu'il en est réellement ainsi, les conditions économiques de la production et de la consommation du blé se trouveraient considérablement modifiées.

N'envisageons ici que l'alimentation de notre pays.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nous savons que, dans ces dernières années, par suite de l'amélioration dans les procédés de culture, du choix des semences et de l'emploi des fumures, la production du blé par hectare de surface s'est sensiblement

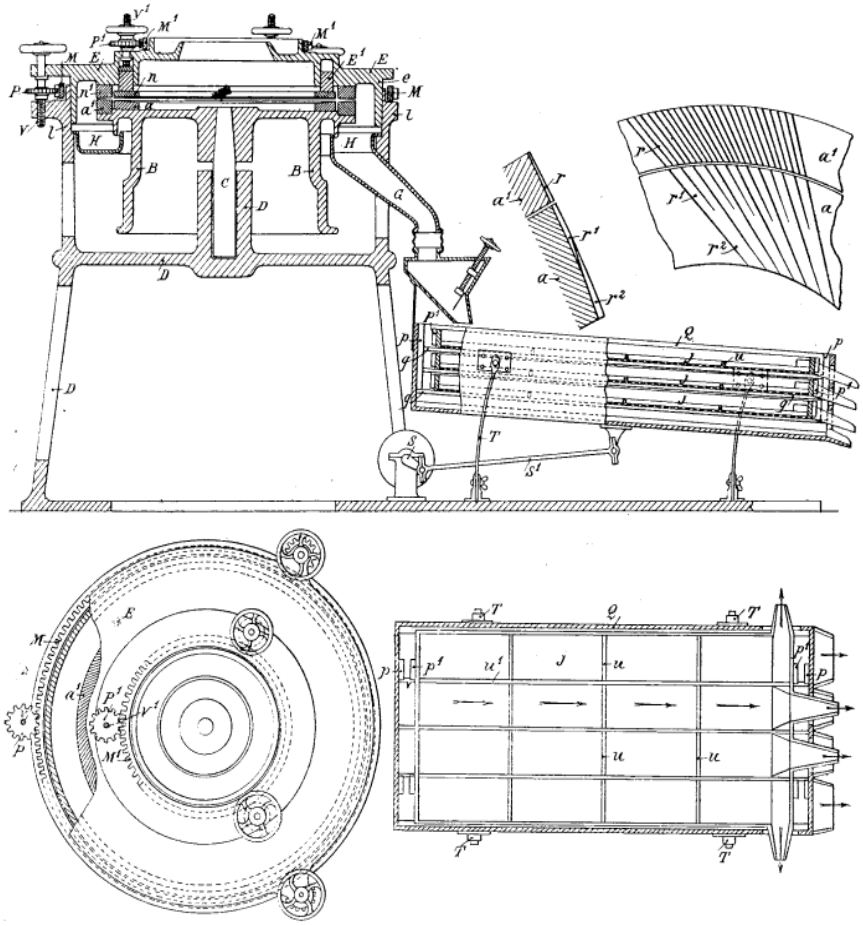


Fig. 1. — Moulin et blutoir *Schweitzer*.

aa, meule inférieure; *n n*, meule supérieure; B, poulie porte-meules; C, arbre de B.; D, bâti du moulin; E, plateau porte-meules; G, goulette; H, auget circulaire; J, tamis; M M, couronnes dentées; *p p*, heurtoirs; *q q*, cadres en bois; Q, caisse du blutoir; *r r r*, cannelures; S, bielle; T, support du blutoir; *u u*, traverses; V V, vis de réglage; P P, volants de manœuvre.

accrue. Nous avons donc, à peu près, atteint le point où notre territoire peut produire tout le blé nécessaire à notre consommation et nous pourrons cesser de payer un tribut important à l'agriculture étrangère. Nous pourrions même devenir exportateurs si, d'une même quantité de blé, nous

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pouvions tirer une plus grande quantité de farine. C'est à ce résuttat que tend le système de M. Schweitzer. En effet, le système de mouture et de blutage de M. Schweitzer donne (fig. 1), pour des produits comparables entre eux, une quantité de farine notablement plus élevée. On obtient dans le système Schweitzer, par un deuxième et troisième repassage, une moyenne

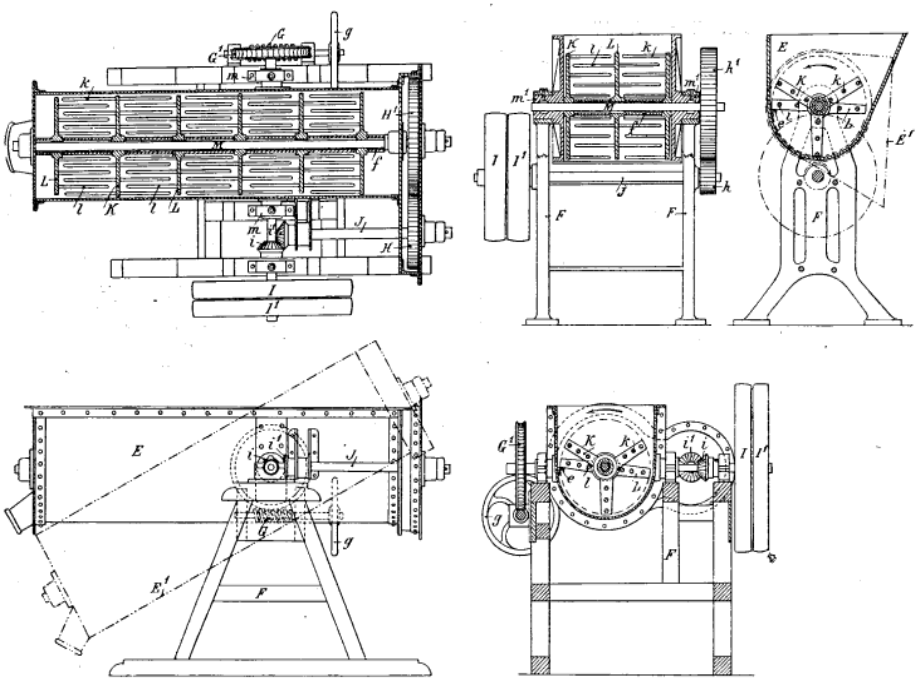


Fig. 2. — Pétrin mécanique *Schweitzer*.

, vis sans fin ; G H H, engrenages ; I I, poulies de commande, fixe et folle ; *i i*, engrenages d'angle ; F, bâti ; J, arbre de commande ; *g*, volant de manœuvre ; E, cuve du pétrin, position horizontale ; E, cuve du pétrin, position inclinée ; *e*, heurtoir d'arrêt ; K, croisillon mobile ; *k*, broches mobiles ; L, croisillon fixe ; *l*, broche fixe ; M, arbre porte-croisillons ; *m*, paliers supportant la cuve.

de 75 à 78 de farine p. 100 de blé, tandis qu'avec les moulins à cylindres, on arrive péniblement, après 6 ou 7 convertissages et même davantage, à un rendement de 70 p. 100 (1). Il y a donc, dans le système Schweitzer, une extraction plus complète des éléments nutritifs, débarrassés des sons et issues et, par suite, une augmentation notable de farine, ce qui équivaut, en réalité, à une production supplémentaire de blé par surface cultivée.

(1) Voici deux exemples de travail des moulins à cylindre, textuellement empruntés au Rapport de M. Lucas à la Commission des farines, instituée par décret du 9 février 1894.

M. Lucas a puisé dans les rapports présentés par M. Aimé Girard, les 11 juillet 1894 et 2 juil-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

A égalité de surface cultivée en blé, cette augmentation, donnant une

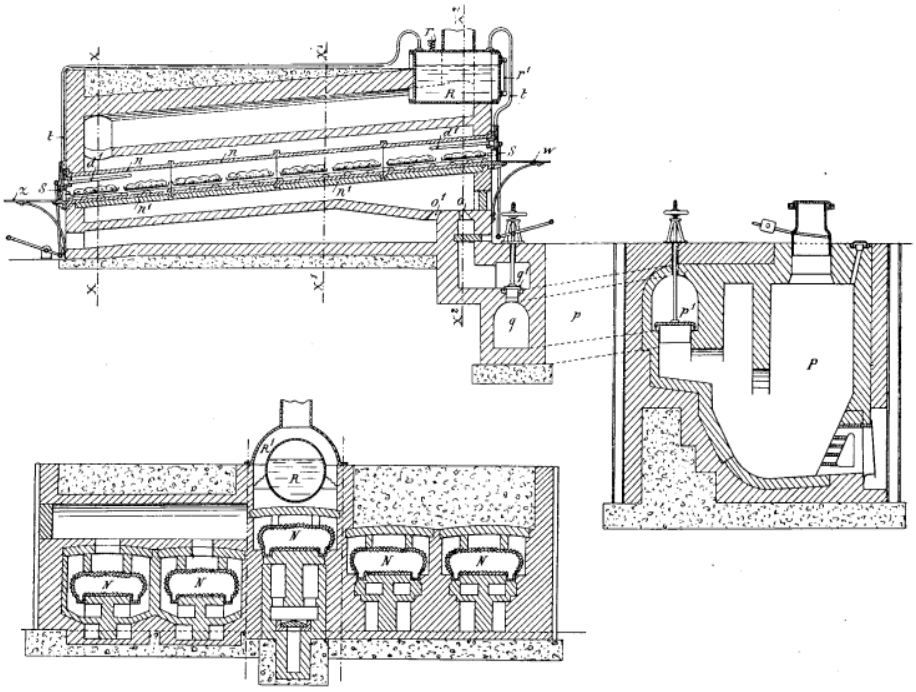


Fig. 3. — Four continu *Schweitzer*.

d, pyromètres ; P, gazogène ; *o*, arrivée de gaz combustible ; *o*, arrivée d'air ; *p*, conduit des gaz ; *p*, vanne ; N, four *n*, cornue ; *q*, conduit collecteur ; *q*, vanne de prise de gaz ; R, chaudière à vapeur ; *r*, soupape de sûreté ; *r*, niveau d'eau ; S, porte de cornue ; *t*, tuyau de vapeur ; W, enfournement ; Z, détournement.

quantité de farine plus élevée, permet de nourrir une plus nombreuse population.

let 1895, les éléments dont il avait besoin pour aborder la question du rendement des blés en farines et en semoules.

MOULINS DE M. LOIR

pour 100 kilos de blé :

	Kil.
Farine de broyage	32,2
— 1er convertissage	13,0
— 2e —	5,5
— 3e —	7,3
— 4e —	3,7
— 5e —	4,0
Total farine blanche	65,7
Farine bise, fin de mouture et brosse	5,2
En toutes farines	70,9

MOULINS DE M. CH. VAURY

pour 100 kilos de blé :

	Kil.
Farine 1er jet	52,30
Produits du 5e convertissage	2,75
— des 6e, 7e et 8e convertissages	4,95
— du 9e convertissage	0,85
— du 5e broyage	3,02
Total farine blanche	63,87
Farine de brossage	1k,53
— 2e et 3e	3k,65
Fin de mouture	1k,38
	6,56
En toutes farines	70,43

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Son procédé de mouture ayant permis à M. Schweitzer de retirer du blé toutes les parties farineuses qu'il renferme, il s'est préoccupé de les transformer en pain. A cet effet, il a imaginé (fig. 2) un outillage ingénieux. Le pétrissage et l'incorporation du levain se font mécaniquement ; il supprime

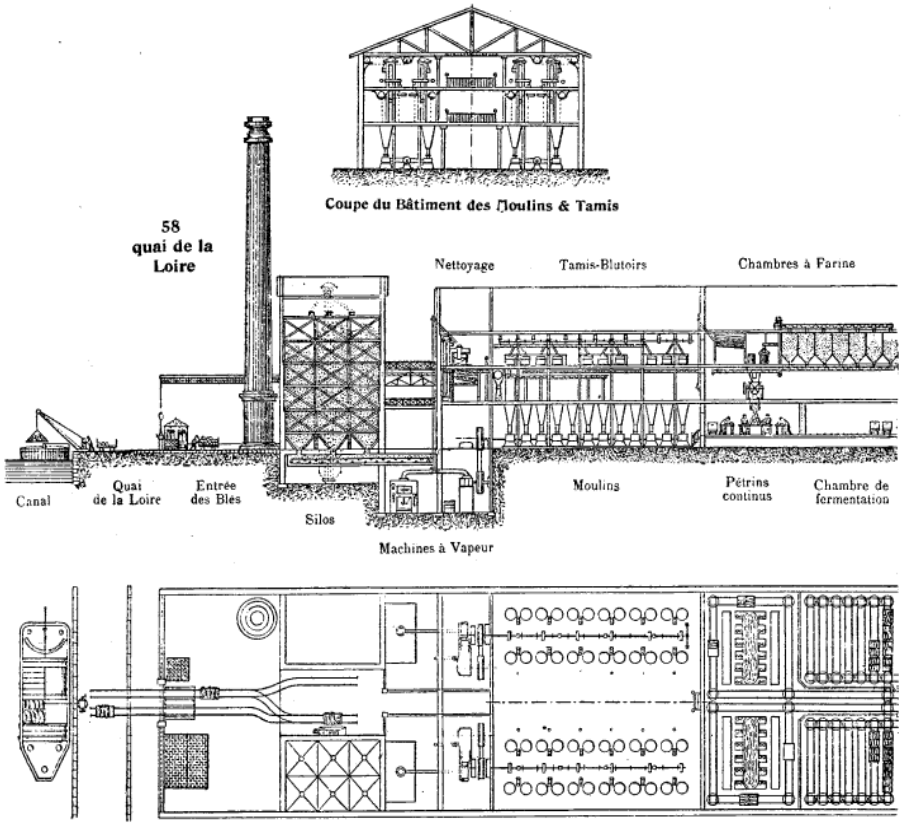


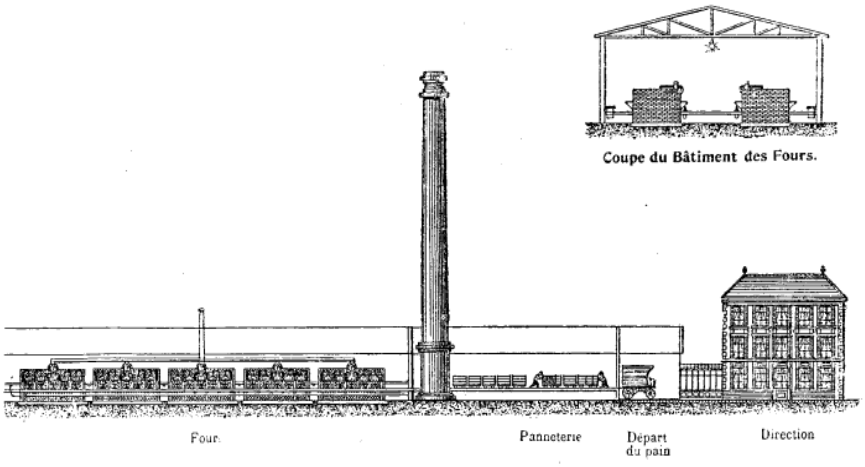
Fig. 4. — Usine *Schweitzer*

ainsi complètement le travail à bras d'homme et l'introduction des souillures du corps. La levée de la pâte est faite dans des étuves, le pain est mis dans des fours continus (fig. 3), entrant par une des portes du four et sortant par l'autre.

M. Schweitzer a réalisé (fig. 4), à la Villette, son installation sur une grande échelle ; à l'une des extrémités de l'usine, le blé est déchargé des bateaux ; il subit un criblage pour en éliminer les poussières et les impuretés ; il va directement aux meules et aux blutoirs, puis aux pétrins, à l'étuve et aux fours.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'ensemble de cette installation modèle fonctionne dans les conditions économiques les plus rationnelles, et tous les détails sont conformes aux règles de la propreté et de l'hygiène. Non seulement le contact du corps humain est supprimé, mais on se sert encore de levures cultivées, jeunes, qui ne donnent pas de levains aigris, comme ceux qu'on emploie habituellement.



de *la Villette*.

Les moulins du système de M. Schweitzer offrent des dimensions variables. Ceux qui sont à grande production nécessitent de la force mécanique. Mais il y en a d'autres (fig. 5 et 6) de dimensions plus restreintes, pouvant être mus à bras d'homme et qui trouvent leur application dans les campagnes, soit dans les fermes elles-mêmes, soit dans les villages (fig. 7).

Le consommateur supprimerait ainsi l'intermédiaire du meunier et du boulanger et ce serait un grand bienfait pour l'agriculture de notre pays de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pouvoir utiliser, pour les arrosages, l'eau dilapidée pour la mouture des grains, avec un rendement insignifiant de force mécanique.

Des fours spéciaux, à cuisson continue, de dimensions appropriées (fig. 8),

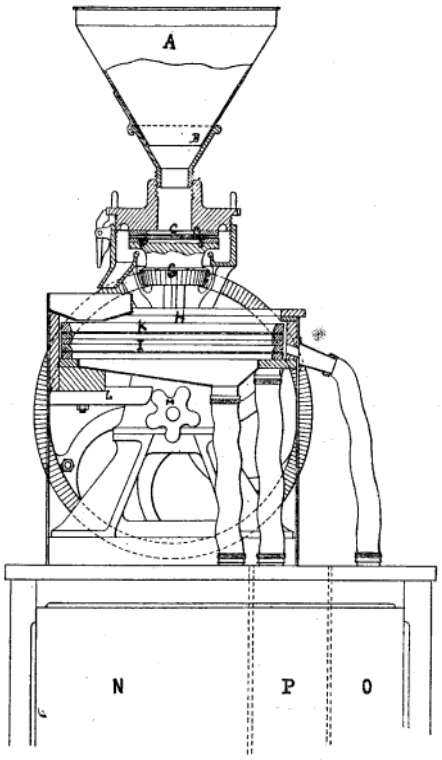


Fig. 5. — Moulin à bras n° 5.

A, trémie ; B, vis de réglage de la distribution ; C, plateau porte-meule supérieure ; D, meule supérieure ; E, meule inférieure ; F, vis de réglage de la mouture ; G, plateau porte-meule inférieure ; H, caisse du blutoir ; K, tamis supérieur ; I, tamis inférieur ; L, heurtoir ; M, came ; N, farine ; O, gruaux ; P, sons.

complètent l'installation, qui se prête à toutes les exigences de la fabrication en grand et en petit.

COMPOSITION DES FARINES

Sans insister sur cet ensemble très bien compris, qui permet une fabrication régulière et continue, abordons l'étude des farines ainsi produites, en les comparant aux farines les plus usuellement employées.

Le grain de blé a été examiné par de nombreux observateurs, qui ont dis-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Fig. 6. — Moulin à bras.

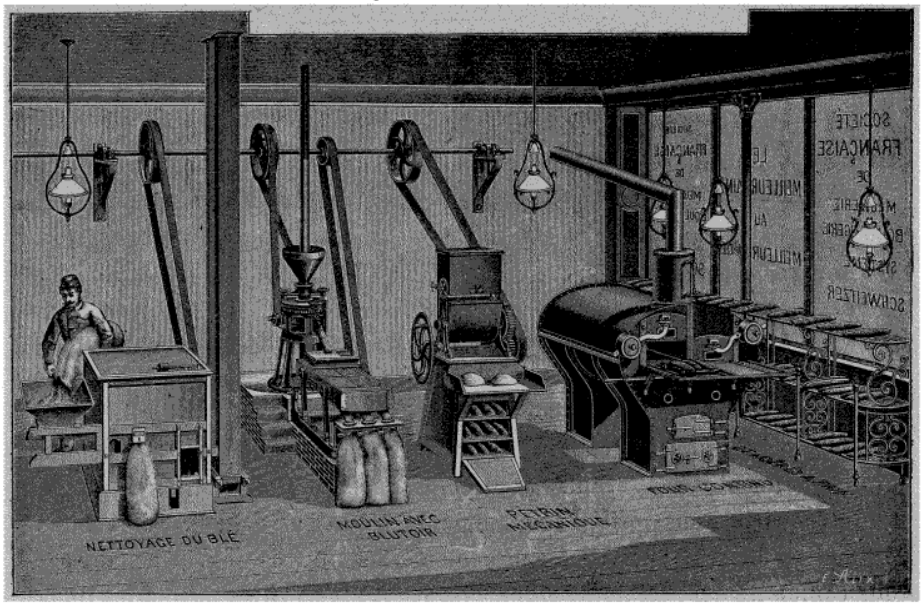


Fig. 7. — Boulangerie rurale *Schweitzer*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tingué les différentes parties qui le composent. L'étude la plus complète a été faite par notre regretté collègue Aimé Girard et ses observations forment l'objet d'un important mémoire.

Lorsqu'on emploie les moulins à cylindres, c'est presque exclusivement l'amande farineuse, constituée par de l'amidon et du gluten, qui fournit la farine ; celle-ci est d'une grande blancheur. Avec les meules, on écrase en

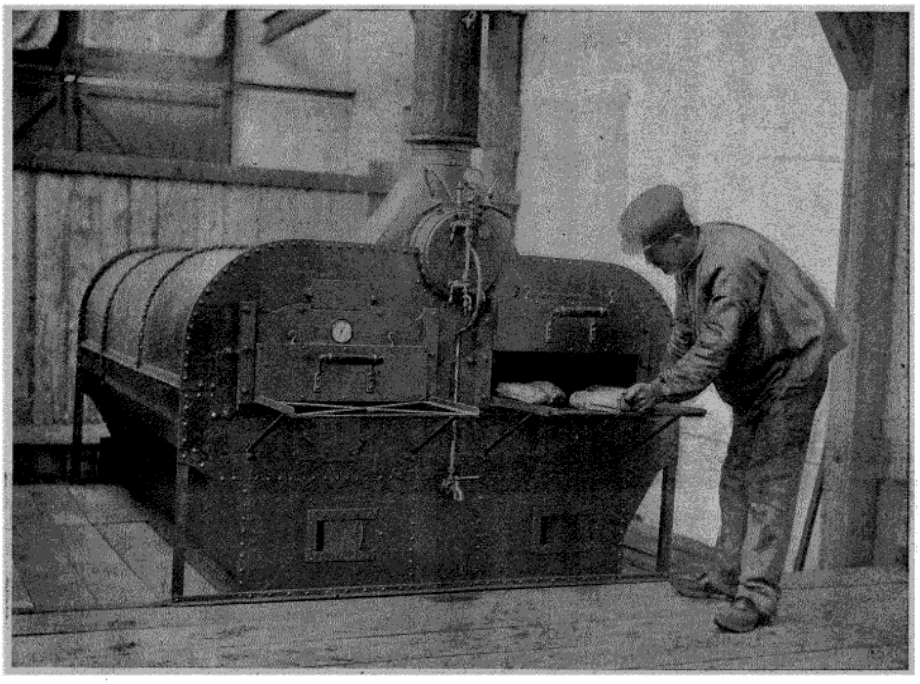


Fig. 8. — Four double *Schweitzer*.

outre le germe ou l'embryon, on déchire les téguments situés immédiatement sous l'enveloppe ligneuse et les parties farineuses qu'on en extrait augmentent d'autant le rendement.

Les farines ainsi obtenues sont moins blanches ; elles ont une coloration légèrement jaunâtre, qui tient principalement à l'incorporation du germe et de la partie sous-corticale de l'amande. Ayant passé au blutoir, comme les autres farines, elles sont entièrement exemptes de son. Il ne faut pas les confondre avec les farines que fournissent les petites meuneries de la campagne et qui renferment une certaine proportion de son.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

EXAMEN DE LA FARINE

Propriétés physiques et organoleptiques. — La farine obtenue avec le système Schweitzer a une odeur notablement plus prononcée que celle de la farine à cylindres, et rappelle la franche odeur du blé. Elle est surtout due à l'existence, dans le germe, d'une essence odorante qui donne à la farine le parfum qui la caractérise.

Composition chimique. — Si nous comparons la farine du système Schweitzer aux bonnes farines des moulins à cylindres, telles que celle des 12 marques, nous constatons, d'une façon générale, une augmentation notable des matières azotées. Voici un exemple des résultats obtenus :

	Matières azotées p. 100.
Farine système Schweitzer pour pain de ménage, usine de Suresnes. . .	10.56
— — — blanc, — . . .	9,57
— — — blanc, usine de la Villette.	9,64
Farine 12 marques du commerce.	9,19
Farine petite première du commerce.	9,06

Les matières azotées, qui constituent la matière alimentaire par excellence du pain, existent donc en proportion plus élevée dans les farines du système Schweitzer.

Ce fait n'a rien d'étonnant. On sait, en effet, que le germe, qui était destiné à fournir la jeune plante, a accumulé dans ses tissus les principaux matériaux nutritifs et qu'il est particulièrement plus riche en matières azotées que l'amande farineuse du grain. Les parties formant l'enveloppe contiennent de fortes quantités des mêmes matières et les ont cédées à la farine obtenue par les moulins à meules.

Quelle est la nature des matières azotées qui se sont ainsi ajoutées à celles de l'amande? Ce sont en partie des albuminoïdes proprement dits, dont la valeur alimentaire est analogue à celle du gluten, en partie aussi des corps diastasiques solubles dans l'eau. Si nous considérons ces derniers, nous trouvons, en nous plaçant dans des conditions identiques :

	Matières azotées solubles dans l'eau, p. 100.
Farine système Schweitzer pour pain de ménage, usine de Suresnes. . .	2,06
— — — blanc, — . . .	1,87
— — — blanc, usine de la Villette.	1,87
Farine 12 marques du commerce.	1,78
Farine petite première du commerce.	1,78

Il y a donc, dans les farines du système Schweitzer, une proportion un peu plus élevée de ces corps diastasiques et nous pouvons faire ressortir ce fait en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

examinant les quantités de sucre formées dans une même quantité de farine (1 gramme), mesurant ainsi leur aptitude à saccharifier l'amidon. Voici les résultats obtenus :

	Glucose formé par 1 gramme de farine.
Farine système Schweitzer pour pain de ménage, usine de Suresnes. . .	0,97
— — — blanc, — . . .	0,95
— — — blanc, usine de la Villette.	0,95
Farine 12 marques du commerce.	0,91
Farine petite première du commerce.	0,93

On voit donc que les principes diastasiques existent normalement dans toutes les farines et qu'ils sont en proportion un peu plus élevée dans les farines du système Schweitzer.

Ces diastases, considérées au point de vue alimentaire, doivent être assimilées aux albuminoïdes proprement dits.

Nous pouvons faire des observations analogues en ce qui concerne le phosphore, exprimé en acide phosphorique. Le phospbore entrant dans la constitution de tous les tissus, et particulièrement dans celle du tissu osseux, est un principe alimentaire de tout premier ordre et il y a lieu d'y attacher une très grande importance. Voici les résultats que nous avons obtenus :

	Acide phosphorique total p. 100.
Farine système Schweitzer pour pain de ménage, usine de Suresnes. . .	0,42
— — — blanc, — . . .	0,28
— — — blanc, usine de la Villette.	0,29
Farine 12 marques du commerce.	0,22
Farine petite première du commerce.	0,23

Il y a donc dans les farines du système Schweitzer une quantité de phosphore notablement plus élevée que dans les farines blanches des moulins à cylindres, en moyenne un tiers en plus. Cette augmentation est due à l'introduction, dans la farine, de l'embryon, particulièrement riche en phosphore ; les téguments de l'enveloppe ont également apporté leur contingent.

Au point de vue nutritif proprement dit, il faut attacher à ce fait une importance d'autant plus grande que nous avons constaté que, dans toutes les farines, le phosphore existe non en combinaisons minérales plus ou moins inertes, mais bien en combinaisons organiques, ayant au plus haut degré l'aptitude à l'assimilation. Ce qui prouve que le phosphore existe bien à ce dernier état, c'est son aptitude à être dissous intégralement par les alcalis faibles, en même temps que les matières azotées auxquelles il semble intimement uni. S'il était à l'état minéral, il resterait insolubilisé dans des combinaisons calcaires ou magnésiennes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les chiffres suivants mettent ce fait en évidence :

	Acide phosphorique	
	Total.	Soluble dans la potasse.
Farine système Schweitzer, pain de ménage, usine de Suresnes.	0,42	0,42
— — pain blanc, —	0,28	0,28
— — pain blanc, usine de la Villette. .	0,29	0,29
Farine 12 marques du commerce.	0,22	0,22
Farine petite du commerce.	0,23	0,23

Nous reviendrons plus loin sur l'importance que présente, au point de vue de l'alimentation publique, le phosphore entièrement assimilable.

Examinons maintenant les matières grasses contenues dans les farines.

Nous avons obtenu les résultats suivants :

	Matières grasses. p. 100.
Farine système Schweitzer pour pain de ménage, usine de Suresnes. . .	0,93
— — — blanc — . . .	0,81
— — — blanc, usine de la Villette.	0,72
Farine 12 marques du commerce.	0,59
Farine petite du commerce.	0,77

On voit que les farines obtenues par le système Schweitzer contiennent, en général, une quantité un peu plus élevée de matières grasses que les farines ordinaires. Ceci tient encore en grande partie à l'introduction des matériaux du germe et du tégument séminal, dans lesquels la matière grasse existe en forte proportion.

Dans ce que nous appelons matière grasse, se trouve comprise l'essence odorante, qui donne à la farine et au pain le parfum du froment.

Examinons les matières solubles dans l'alcool, qui sont constituées en majeure partie par des éléments sucrés préexistant dans le grain et particulièrement dans les téguments de l'enveloppe. Nous trouvons :

	Matières solubles dans l'alcool.		
Farine système Schweitzer, pain de ménage, usine de Suresnes.	0,85	contenant glucose.	0,40
— — pain blanc —	0,73	—	0,33
— — pain blanc, usine de la Villette.	0,66	—	0,32
Farine 12 marques du commerce.	0,51	—	0,28
Farine petite première du commerce.	0,63	—	0,30

Ces matières solubles dans l'alcool contiennent, outre les principes sucrés, des produits sapides et odorants qui ont une influence réelle sur la saveur du pain, qu'ils rendent moins fade et par suite plus appétissant.

Le reste des éléments de la farine est constitué à peu près exclusivement par de l'amidon, dont la proportion varie entre des limites très peu écartées ; elle

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

s'abaisse légèrement lorsque les matières azotées augmentent et inversement s'élève quelque peu quand celles-ci diminuent.

Ces divers résultats nous permettent de conclure que la farine obtenue par les procédés de M. Schweitzer a une valeur alimentaire au moins égale aux farines ordinaires et qu'elle leur est même notablement supérieure en ce qui concerne les éléments les plus importants, matières azotées et phosphorées.

ÉTUDE DU PAIN

Ce que nous venons de dire de la farine nous permet déjà de penser que le pain qu'on en obtient a les mêmes avantages.

Nous avons cependant cru utile d'examiner comparativement la valeur alimentaire des pains et la façon dont ils sont digérés.

Pour faire cette étude, nous nous sommes procuré des pains de fabrication du système Schweitzer et des pains de la boulangerie ordinaire de Paris et de Lyon.

Voici la composition des échantillons examinés :

	PAINS DE PARIS.						PAINS DE LYON.			
	SYSTÈME SCHWEITZER.				BOULANGERIE ORDINAIRE.		SYSTÈME SCHWEITZER.		BOULANGERIE ORDINAIRE	
	Pain mélange.		Pain blanc.		Pain blanc.		Pain blanc.		Pain blanc.	
	Croûte.	Mie.	Croûte.	Mie.	Croûte.	Mie.	Croûte.	Mie.	Croûte.	Mie.
Eau	19,8	39,4	21,5	37,8	20,7	41,4	15,0	35,6	16,7	36,8
Matières azotées.	8,81	6,75	8,50	6,62	8,06	5,87	10,14	7,53	9,84	7,46
Acide phosphor. .	0,35	0,27	0,28	0,20	0,19	0,13	0,30	0,22	0,20	0,15
Matières grasses. .	0,19	0,10	0,19	0,10	0,08	0,02	0,22	0,10	0,12	0,04
Matières solubles dans l'alcool. .	0,64	0,44	0,60	0,43	0,32	0,30	0,81	0.63	0,67	0,53
Sucres.	0,36	0,21	0,29	0,20	0,18	0,14	0,43	0,30	0,39	0,24
Matières minér. .	2,26	1,76	2,52	2,06	1,98	1,57	2,15	1,49	1,96	1,39

On voit par ce tableau ce que faisait prévoir la composition des farines, c'est que le pain du système Schweitzer contient de plus fortes quantités de matières azotées et de matières phosphorées que les pains de la boulangerie ordinaire et qu'il doit, par suite, être considéré comme étant plus nutritif.

Le bas prix auquel les Sociétés du système Schweitzer vendent leur pain a pu faire croire qu'il était plus humide, c'est-à-dire préparé et cuit de façon à y laisser une plus grande quantité d'eau donnant du poids. Les chiffres indiqués

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ci-dessus montrent qu'il n'en est rien et que dans la croûte, ainsi que dans la mie, il n'y a pas plus d'eau dans les pains Schweitzer que dans les autres pains. On peut donc dire qu'à égalité de poids, le pain Schweitzer a une valeur alimentaire supérieure à celle du pain ordinaire.

En examinant ces pains, nous voyons, dans celui de la boulangerie ordinaire, des trous de plus grandes dimensions, mais inégalement répartis; dans le pain Schweitzer, les trous sont plus petits, mais très régulièrement distribués dans toute la masse, ce qui lui donne une plus grande homogénéité.

La dimension des trous n'a d'ailleurs d'intérêt qu'au point de vue de la spongiosité, c'est-à-dire de la faculté avec laquelle les liquides sont absorbés. On peut, en effet, admettre, dans une certaine mesure, qu'un pain qui s'imprègne plus abondamment des liquides du tube digestif est d'une digestion plus facile.

Nous avons comparé à ce point de vue le pain du système Schweitzer au pain blanc de la boulangerie ordinaire, en laissant tremper pendant une heure un poids déterminé de chacun d'eux, dans un excès d'eau, et pesant, au bout de ce temps, la quantité d'eau retenue par le pain ainsi gonflé. Voici quels ont été les résultats:

Pain blanc Schweitzer,	croûte :	100	grammes,	ont absorbé. .	496	grammes	d'eau.
—	mie :	100	—	— . .	271	—	
Pain blanc de la boul. parisienne,	croûte :	100	—	— . .	445	—	
— —	mie :	100	—	— . .	257	—	

On voit que, trempé et égoutté de la même façon, le pain du système Schweitzer s'est gonflé et a retenu au moins autant de liquide que le pain de la boulangerie ordinaire.

Il est d'ailleurs facile de constater, qu'en raison de son arome et de sa sapidité, le pain Schweitzer appelle plus l'appétit que le pain de boulangerie ordinaire et qu'il excite la salivation à un plus haut degré, s'imprégnant ainsi davantage des sucs digestifs. Aussi peut-on le manger seul en plus grande quantité que les pains plus fades, qui sont plutôt un accessoire que le fond même de l'alimentation.

Ce qui fait la valeur nutritive d'un aliment, c'est sa digestibilité, c'est-à-dire la proportion de ses éléments nutritifs qui est solubilisée dans le tube digestif et qui entre dans la circulation.

Pour comparer à ce point de vue le pain Schweitzer au pain blanc de la boulangerie ordinaire, nous les avons soumis à l'action du suc gastrique, qui a pour principale fonction la solubilisation des matières azotées. Pour l'amidon, nous n'avons pas besoin de nous en occuper, car nous savons que, dans tous les cas,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cette substance se digère intégralement par le suc pancréatique. Il ne pouvait y avoir de doute que pour les matières azotées, c'est pourquoi nous les avons choisies pour mesurer la digestibilité relative des deux pains.

En examinant le résidu non digéré par le suc gastrique, nous avons reconnu que, dans les deux cas, il ne renfermait plus que de faibles quantités de matières azotées, c'est-à-dire que la digestion de ces matières était à peu près complète.

Nous avons, en effet, trouvé les résultats suivants :

1 kilogramme de pain Schweitzer a laissé $2^{gr},43$ de matières azotées non digérées sur $66^{gr},20$ qu'il renfermait ;

1 kilogramme de pain de la boulangerie ordinaire a laissé $2^{gr},75$ de matières azotées non digérées, sur $58^{gr},7$ qu'il renfermait.

On voit que la digestibilité de ces échantillons peut être considérée comme égale et complète dans les deux cas.

Sous ce rapport, le pain Schweitzer ne le cède donc pas au pain blanc, et, puisqu'il contient une plus forte proportion de matières azotées que ce dernier, et que celles-ci sont entièrement digestibles, il y a là une supériorité réelle au point de vue alimentaire.

CONSIDÉRATIONS ÉCONOMIQUES

Ces données étant acquises, elles peuvent nous servir de base pour discuter, au point de vue des conditions de l'alimentation publique, l'avantage que peuvent présenter les procédés de M. Schweitzer sur ceux qui sont en usage actuellement.

Nous voyons, d'un côté, que M. Schweitzer retire du blé la plus grande quantité de farine possible et, par suite, la plus grande proportion de pain ; que ce pain, loin d'être moins nutritif, l'est au contraire plus que celui de la boulangerie ordinaire. Des matériaux, nutritifs au premier chef, qui auparavant étaient exclus de la consommation humaine et rejetés dans les bas produits servant à l'alimentation des animaux, viennent s'ajouter à la farine.

Ainsi que nous avons déjà eu l'occasion de le dire, cette extraction plus complète des éléments du grain a l'importance et le résultat qu'aurait une augmentation moyenne de la production du blé, objectif vers lequel tendent les efforts des agronomes et qui est d'élever la production de la France de manière à nous dispenser de recourir aux produits de l'agriculture étrangère, à laquelle nous sommes toujours exposés à payer un tribut considérable.

Le rendement plus élevé en farine, d'une même quantité de blé, permet

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'établir un prix du pain sensiblement inférieur. L'organisation admirablement comprise des usines du système Schweitzer contribue pour sa part à améliorer cette situation.

Sans entrer dans les considérations des pains de luxe et en n'envisageant que le pain de consommation courante, celui du système Schweitzer est offert actuellement, en moyenne, au prix de 0 fr. 25 le kilogramme, tandis que celui de la boulangerie ordinaire se vend, en général, 0 fr. 30 à 0 fr. 35, soit une diminution de plus de 20 p. 100 pour le pain Schweitzer.

Si l'on ne considère que les matières azotées, dont la valeur alimentaire est la plus importante, nous voyons que pour 0 fr. 25, le pain Schweitzer nous donne 76^{gr},5 de matières azotées, tandis que dans le pain blanc de la boulangerie ordinaire, on n'en a que 63^{gr},7 pour 0 fr. 30 à 0 fr. 35.

Pour les matières phosphatées, l'écart est encore beaucoup plus considérable.

A un prix plus bas, on trouve donc dans le pain Schweitzer une quantité de matières alimentaires notablement plus élevée.

Si, d'un autre côté, nous considérons que le pain forme la base de l'alimentation de la population française et particulièrement des classes laborieuses, nous pouvons dire que cette diminution du prix du pain est un progrès considérable, qui peut se traduire pour chaque famille par une économie sensible à la fin de l'année.

Une autre considération mérite la plus grande attention ; c'est l'existence en plus forte proportion dans le pain Schweitzer des éléments azotés, et surtout des éléments phosphorés.

Il n'est pas indifférent que l'homme trouve dans sa nourriture plus ou moins de phosphore, surtout de phosphore assimilable. comme il existe dans le pain. Cet élément entre dans la constitution des tissus et joue, dans l'économie des êtres vivants, un rôle primordial. Quand il est en quantité insuffisante dans les aliments, l'organisme en souffre. Beaucoup d'états pathologiques graves, et en particulier le rachitisme, sont l'effet de cette insuffisance. On sait que l'homme et les animaux qui vivent dans les régions où le phosphate est rare, comme les régions granitiques, restent chétifs et malingres, parce qu'ils ne trouvent pas dans leur alimentation une quantité suffisante de phosphore ; l'apport d'engrais phosphatés dans ces pays a pour conséquence l'enrichissement des matières alimentaires en phosphore et on voit alors les races humaines et animales se développer et se fortifier.

Si nous examinons la composition de la ration des populations ouvrières

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des champs et des villes, nous voyons que c'est surtout le pain qui est chargé d'apporter le phosphore. On comprend d'autant mieux l'importance qu'il faut attacher à la proportion de phosphore dans le pain, que celui-ci constitue la base essentielle de l'alimentation. Et c'est en vain qu'on chercherait dans les produits pharmaceutiques le phosphore qui fait défaut. Celui-ci a besoin de se trouver combiné aux matériaux de l'alimentation pour se trouver à un état assimilable.

Pour la vigueur et pour l'avenir de notre race, qui puise, dans le pain, le plus clair de ses éléments de force et de développement, il faut donc veiller à ce qu'on fasse entrer dans la farine le phosphore que contient le grain de blé.

A ce titre, l'alimentation au pain Schweitzer, qui contient environ un tiers de phosphore de plus que le pain de la boulangerie ordinaire, peut avoir des conséquences importantes, en fournissant, plus abondamment et dès l'enfance, un élément d'une si haute importance physiologique.

Nous devons bien nous pénétrer de cette idée que le pain n'est pas un aliment de luxe, mais qu'il est l'aliment essentiel de la population française. Ce serait donc une erreur économique, que d'attacher du prix à certaines apparences qui ne sont pas des qualités. Pour les gourmets qui fréquentent les restaurants des boulevards, il peut n'être pas indifférent d'avoir sur leur table des pains d'une forme élégante, d'une éblouissante blancheur et d'un aspect qui éveille l'appétit. Ceci n'a rien à faire avec l'alimentation publique, qui doit rechercher au meilleur marché possible la plus grande somme d'éléments nutritifs. Aussi est-ce à ce seul point de vue que nous avons à nous placer ici, négligeant avec intention ce qui ne sert qu'à flatter le goût délicat de quelques privilégiés. Nous avons donc exclusivement à voir ce que renferme le pain et ce qu'il coûte. A ce point de vue, nous estimons que le pain obtenu par le système Schweitzer, si sapide et d'une si franche odeur de froment, est plus économique, plus nutritif et au moins aussi digestible que le pain fabriqué avec les farines des moulins à cylindres.

En conséquence, nous vous proposons de remercier M. Schweitzer de sa très intéressante communication et d'insérer le présent rapport au *Bulletin*.

Signé : A. Muntz, *Rapporteur*.

Lu et approuvé en séance le 9 février 1900.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

LA PLAINE DE CAEN, par M. Guénaux (1).

SITUATION. — ÉTENDUE. — LIMITES

A la partie centrale du département du Calvados, se trouve une région naturelle bien caractérisée, comprise entre le Bocage, Falaise et la mer, d'une part, les vallées du pays d'Auge et les herbages plantureux du Bessin, d'autre part, et que l'on désigne, à cause de son aspect physique et de la ville qui en est le centre, sous le nom de Plaine ou Campagne de Caen. Elle fait partie de toute cette zone qui commence au Mans pour finir à Valognes, où dominent les terrains jurassiques calcaires, et qui comprend les plaines d'Argentan (2), d'Alençon, de Falaise et de Caen. Sa forme peut être comparée à celle d'un vaste triangle dont la base serait la côte du Calvados, depuis Port-en-Bessin jusqu'au pied de la butte de Sallenelles, un peu au delà de l'embouchure de l'Orne, et dont le sommet serait Falaise.

Elle comprend une petite portion de l'arrondissement de Bayeux, une grande partie de l'arrondissement de Caen, et quelques cantons de celui de Falaise, ou, plus exactement, les cantons de Ryes, Creully, Tilly-sur-Seulles, Evrecy, Harcourt (en partie), Bretteville-sur-Laize, Falaise, Caen (est et ouest), Douvres, Troarn (en partie), Bourguébus, Coulibœuf (en partie).

Par une ligne dirigée du nord-ouest au sud-est, on peut former, dans le territoire de cette région, deux subdivisions. La première, au sud-ouest, comprend les cantons de :

Ryes.	Arrondissement de Bayeux.
Creully (en partie.	Arrondissement de Caen.
Tilly-sur-Seulles	
Évrecy.	
Harcourt (en partie).	Arrondissement de Falaise.
Bretteville-sur-Laize (en partie). . . .	
Falaise (en partie).	

(1) Cette monographie a mérité, en 1899, à son auteur un encouragement de 500 francs du comité d'agriculture de la Société d'Encouragement.

(2) La plaine d'Argentan n'est séparée de la Campagne de Caen que par une ride de terrain primaire que le Bocage normand détache dans la direction de Falaise.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Tous les sols de cette première subdivision, même les plus calcaires, sont plus argileux et plus froids. Les pommiers à cidre y sont nombreux. On y emploie généralement la chaux comme engrais. On y cultive plus de trèfle et moins de sainfoin.

La deuxième subdivision forme la partie nord-est de la région et se compose des cantons de :

Caen.	Arrondissement de Caen.
Douvres	
Creully	
Troarn (en partie).	
Bourguébus..	
Falaise (en partie).	Arrondissement de Falaise.
Bretteville-sur-Laize (en partie).	
Coulibœuf (en partie).	

Tous les sols de cette subdivision sont plus légers, plus calcaires et moins argileux que ceux de la première. Les pommiers à cidre et les arbres forestiers sont rares et d'une faible végétation. On y cultive abondamment le sainfoin.

Cette seconde partie peut être considérée comme formant la Plaine de Caen proprement dite, la première subdivision n'étant qu'une partie de transition entre la Plaine, le Bessin et le Bocage. C'est ainsi que les cantons de Ryes, Tilly, Evrecy, placés à la périphérie de la Plaine, tiennent à la fois de l'une et de l'autre de ces diverses régions naturelles : les deux premiers forment transition entre le Bessin et la Plaine de Caen, le dernier entre le Bocage et la Plaine.

La Plaine de Caen proprement dite se réduit donc, en résumé, aux cantons de Caen (est et ouest), Douvres, Bourguébus, Creully, Tilly (en partie), Troarn (en partie), Évrecy (en partie) et Bretteville-sur-Laize (en partie). Nous nous bornerons à son étude, laissant de côté celle de la région de transition.

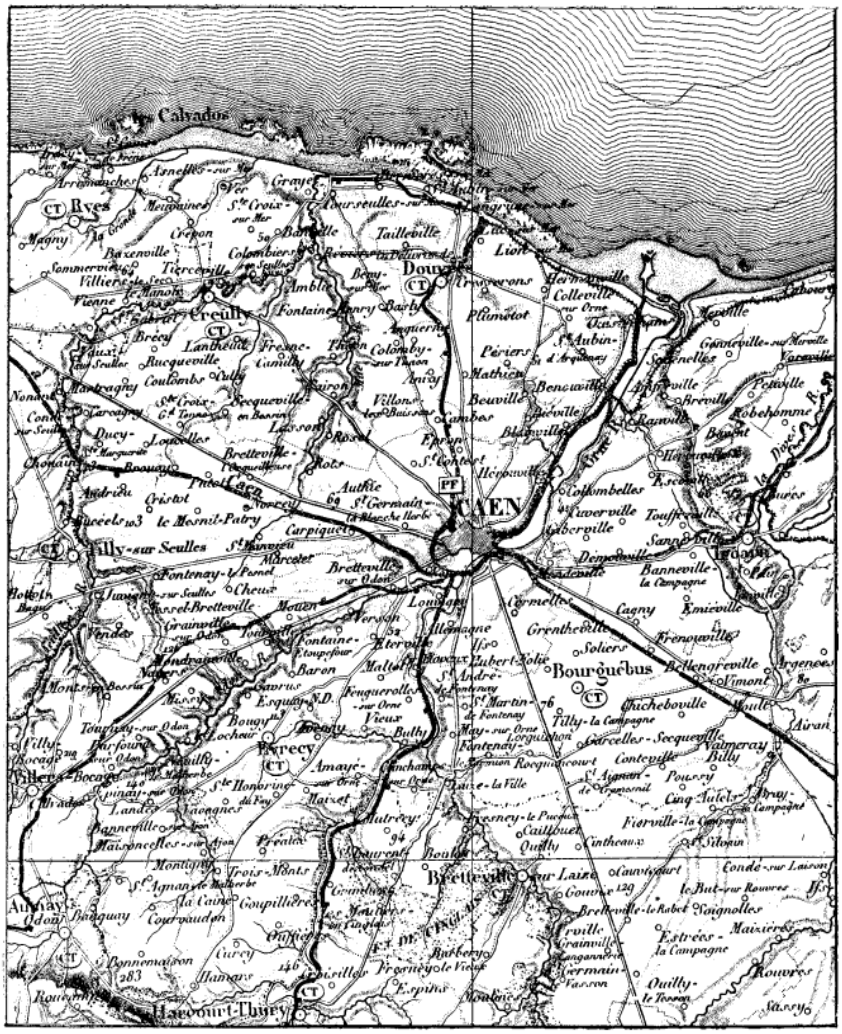
On peut limiter approximativement la Plaine de Caen proprement dite par une ligne suivant, à l'ouest, le cours de la Seulles jusqu'à Tilly, allant ensuite de Tilly à Noyers, puis contournant le plateau d'Evrecy, que délimitent la petite rivière de l'Ajon, affluent de l'Odon, et le ruisseau des Bois, affluent de l'Orne; longeant, au sud, le seuil des forêts de Grimbosq et de Cinglais; allant à l'est de Langannerie à Valmeray et s'arrêtant à Sallenelles, après avoir suivi depuis Argences les coteaux qui dominent la vallée de l'Orne et séparent la plaine du Pays d'Auge. La superficie du pays ainsi déterminé peut être évaluée, en chiffres ronds, à 80 000 hectares.

Au point de vue agricole, il y a lieu de distinguer dans la Plaine de Caen trois parties :

1° La *Côte*, dont la partie principale se trouve dans le canton de Douvres, et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qui est caractérisée par un système de culture particulier, celui de la culture maraîchère;



Carte de la Plaine de Caen.

2° La *Plaine*, où dominent essentiellement la culture des céréales, les prairies artificielles et l'élevage du cheval de demi-sang;

3° Les *Vallées*, dont les principales sont celles de l'Orne, de l'Odon, de la Mue et de la Seulles, où l'on trouve des prairies naturelles, et où l'élevage des bovidés a plus d'extension que dans la plaine.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

DESCRIPTION

Aspect général. — Après avoir parcouru les gras pâturages de la verdoyante vallée d'Auge et ses riantes collines couvertes de pommages, dont le paysage varié et pittoresque semble fait pour le plaisir de la vue, on est tout surpris, lorsque l'on a franchi les coteaux d'Argences, de se trouver, sans transition aucune, dans un pays uniformément plat, sans accidents de terrain appréciables, et dont l'horizon monotone semble en quelque sorte annoncer la mer. Plusieurs rivières, entre autres l'Orne et la Seulles, y coulent librement, sans présenter les sinuosités qu'elles décrivent dans le Bocage, et dirigent leur cours droit vers la côte; çà et là, quelques petits affluents viennent les grossir, laissant le reste du pays dépourvu d'eaux courantes.

Les vallées de ces cours d'eau, aux pentes boisées ou garnies de vertes prairies, contrastent avec la plaine environnante, immense et sèche, qui n'offre partout au regard que des champs de céréales ou de sainfoin, et dont l'aspect mélancolique ne manque pas de grandeur. Ici, point d'arbres; dans les parties humides seulement croissent des frênes, des ormes et des peupliers. Plus de *cours* normandes ombragées de pommiers, plus de haies d'arbres à la ramure puissante, de ces herbages immenses où paissent les grands bœufs du pays d'Auge; pas de hautes collines couronnées de rochers et de bois comme dans le Bocage; pas de grasses prairies entourées de fossés plantés d'ormes et de frênes comme on en voit dans le Bessin; mais des terres labourées et des prairies artificielles à perte de vue. On n'aperçoit pas de fermes isolées au milieu des champs : le manque d'eau a obligé les habitants à se grouper en villages auprès des rares petits cours d'eau de la plaine. « Les routes allongent tout droit, vers de confus horizons, leur sillon rouge. » Seuls, les clochers qui dressent leurs flèches élégantes dans la campagne rompent la monotonie du paysage.

Orographie. — La hauteur moyenne de la plaine de Caen est de 30 mètres au-dessus du niveau de la mer. Les faibles buttes que présente cette plaine ne font faire aux terrains que de légères ondulations. On peut en juger d'après l'altitude de quelques-uns des points les plus élevés :

Ardennes, près Caen.	75m,31
Caen, calvaire de la route de la Délivrande.	54m,165
Caen, calvaire de la route de Bayeux.	31m,245
Caen, calvaire de la route de Falaise	20m,365
Tailleville.	36m,160

La ville de Caen est à une altitude d'environ 20 mètres.

Hydrographie. — Les quelques rivières de la Plaine coulent dans des vallées

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

où il y a des prés et des pâturages ; mais ceux-ci sont de peu d'importance relativement aux terres en labour.

L'*Orne* entre dans le Calvados à Pont-d'Ouilly ; son parcours dans ce département est d'environ 100 kilomètres, presque entièrement dans l'arrondissement de Caen. Elle se dirige au nord et passe tout d'abord à Thury-Harcourt. D'Harcourt à Caen, l'Orne coule dans une ravissante vallée, entre de superbes coteaux rocheux sur lesquels, en été, la bruyère forme de jolis tapis roses. A Caen, elle reçoit l'Odon ; les deux rivières, divisées en plusieurs bras, arrosent de vastes prairies bordées de superbes allées, qui forment au sud de la ville une magnifique nappe de verdure. Il est à remarquer que, dans son cours à travers le Calvados, l'Orne n'arrose qu'une seule ville, Caen ; c'est en effet la cité principale de la région, où toute la vie se trouve concentrée. A 15 kilomètres de Caen, l'Orne se jette dans la Manche, à la pointe de Merville, près du village de Sallenelles. Comme affluents, l'Orne reçoit : à gauche, la Guigne, qui passe à Evrecy et à Vieux, et se jette dans l'Orne à Bully ; l'Odon, qui descend du mont de Bremoi (361 mètres d'altitude) dans le Bocage, grossi de la Louvette et de l'Ajon ; à droite, la Laize, qui passe à Bretteville-sur-Laize et à Laize-la-Ville ; sa belle vallée est bordée, sur la rive droite, de coteaux escarpés formés par les roches primitives ; de nombreuses tanneries sont échelonnées tout le long de son cours.

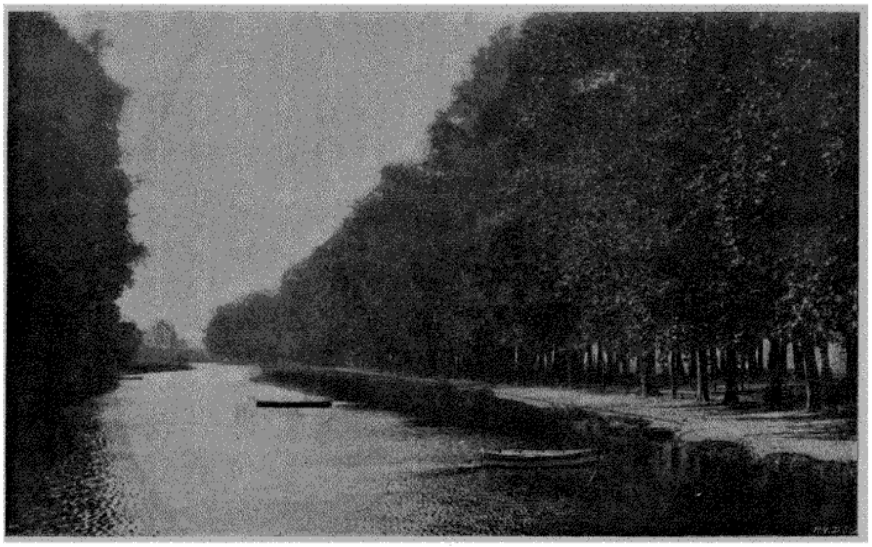


Fig. 1. — L'Orne à Caen.

La jolie rivière de la *Seulles* descend des collines du Bocage normand (elle

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

prend naissance à l'ouest d'Aunay); c'est, dit M. Ardouin-Dumazet, le type le

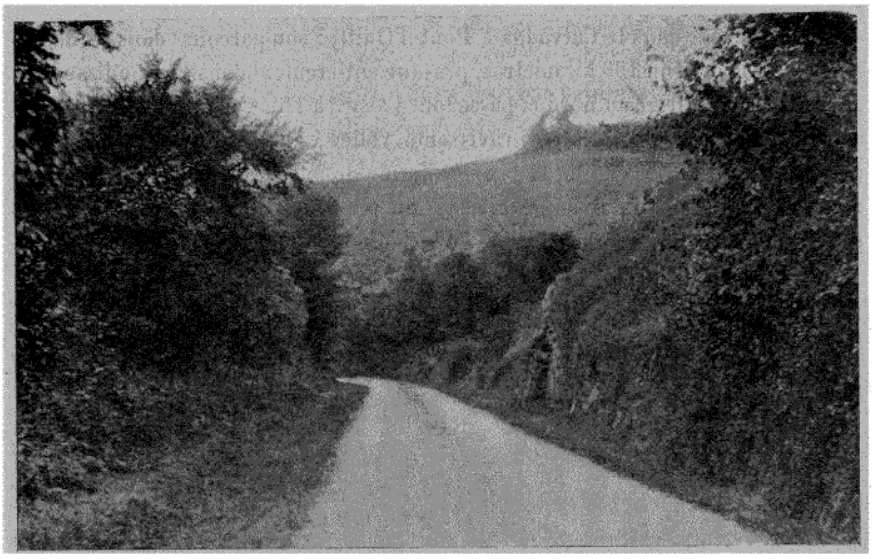


Fig. 2. — Route longeant la vallée de la Laize.

Fig. 3. — La vallée de la Müe à Fontaine-Henry. (Phot. Levassort.)

plus complet des rivières du Calvados; elle traverse en effet successivement les principales régions du département, sauf le Pays d'Auge; aux schistes dans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lesquels elle naît, succèdent le long de son cours le lias, puis le calcaire oolithique. Le voyageur qui la suivrait de sa source à la mer aurait une idée juste

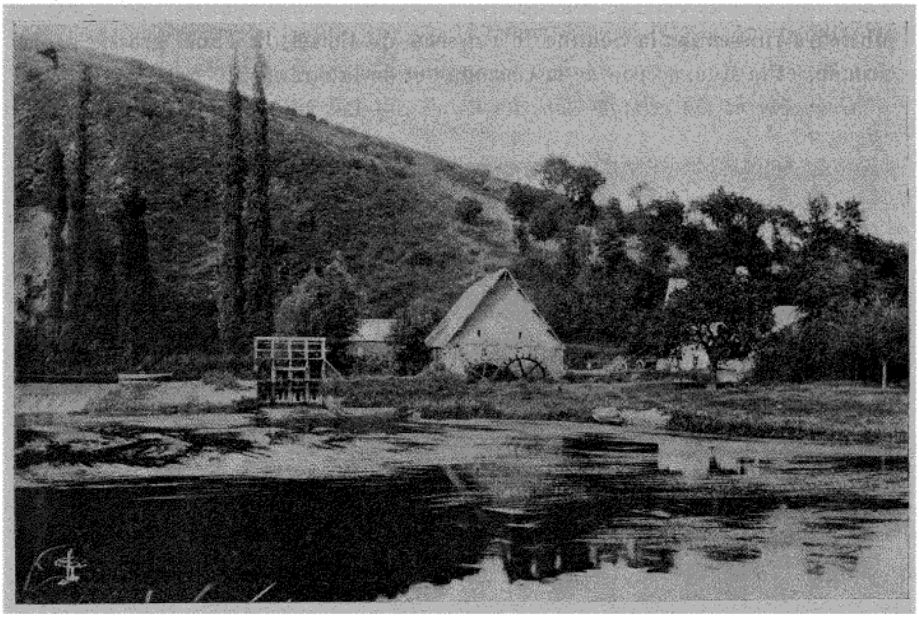


Fig. 4. — L'Orne à Saint-Martin-de-Sallen. Le Moulin. (Phot. Levassort.)

Fig. 5. — Vallée de l'Orne. La Roche-Bunel. (Phot. Levassort.)

de la Basse-Normandie aux aspects si divers. De Condé à Courseulles, où elle se jette à la mer, elle présente d'incessants méandres, arrose de beaux villages, des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bourgs pittoresques, comme Tilly et Creully. Des herbages dans les parties basses, des cultures sur les hauteurs caractérisent cette région mixte où le Bessin et la plaine de Caen se pénètrent et se confondent. La Seulles reçoit à droite plusieurs ruisseaux : la Seuline le ruisseau de Coisel, la Thue, grossie de la Gronde, et la Mue, accrue de la Chizonne et de la Sirande.

Groupement des villages dans les vallées. — Les villages sont situés le plus

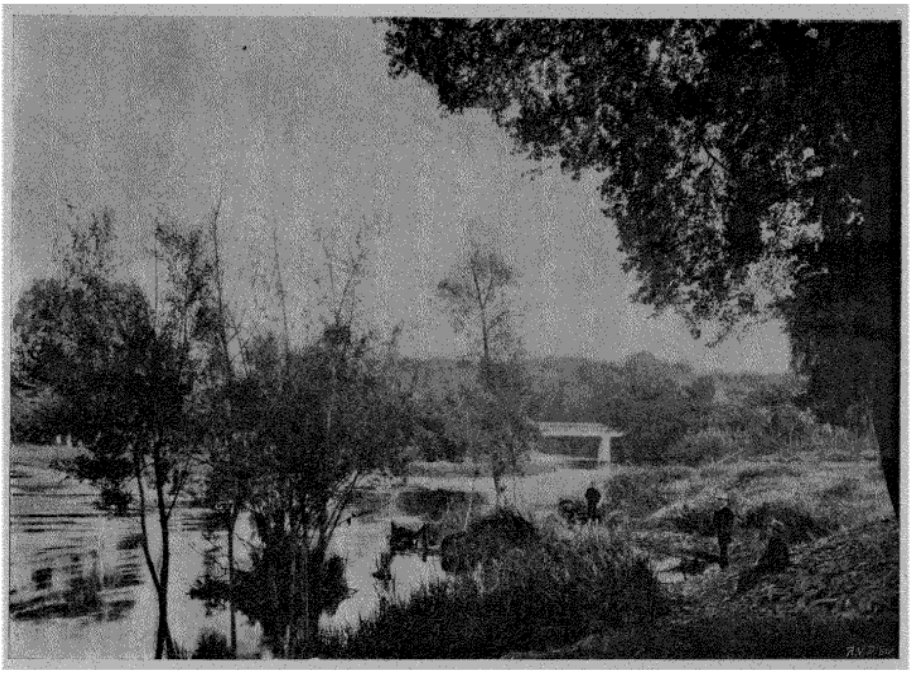


Fig. 6. — Pont du chemin de fer près d'Harcourt. (Phot. Levassort.)

souvent le long des cours d'eau; ce fait s'explique par le manque d'eaux courantes et de fontaines, dû à la nature calcaire du sol de la plaine. Le cultivateur ne trouvant pas dans sa propriété l'eau nécessaire à sa consommation et à celle de ses animaux, n'a pu isoler sa ferme au milieu de son exploitation; il s'est rapproché le plus possible des vallées. De là ce groupement de grands villages le long des cours d'eau, qui frappe lorsque l'on examine la carte de la région de Caen.

De nombreux villages sont établis dans la vallée de l'Orne. Les principaux sont : Mutrécy, Clinchamps, Maizet, Feuguerolles, May, Saint-Martin-de-Fontenay, Saint-André-de-Fontenay, Maltot, Allemagne, Louvigny, Hérouville, Colombelles, Blainville, Bénouville, Ranville. Dans la vallée de l'Odon, citons :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Missy, Grainville, Mondrainville, Tourville, Mouen, Fontaine-Étoupefour, Verson, Bretteville-sur-Odon, Venoix. Sur la Guigne : Évrecy et Vieux. Dans la vallée de la Laize : Saint-Germain-le-Vasson, Urville, Gouvix, Bretteville-sur-Laize, Fresnay-le-Puceux, Laize-la-Ville. Dans la vallée de la Seulles : Tilly, Condé, Carcagny, Nonant, Creully, etc. Dans la vallée de la Mue : Cheux, Saint-Manvieu, Rots, Rosel, Lasson, Cairon, Thaon, Fontaine-Henry.

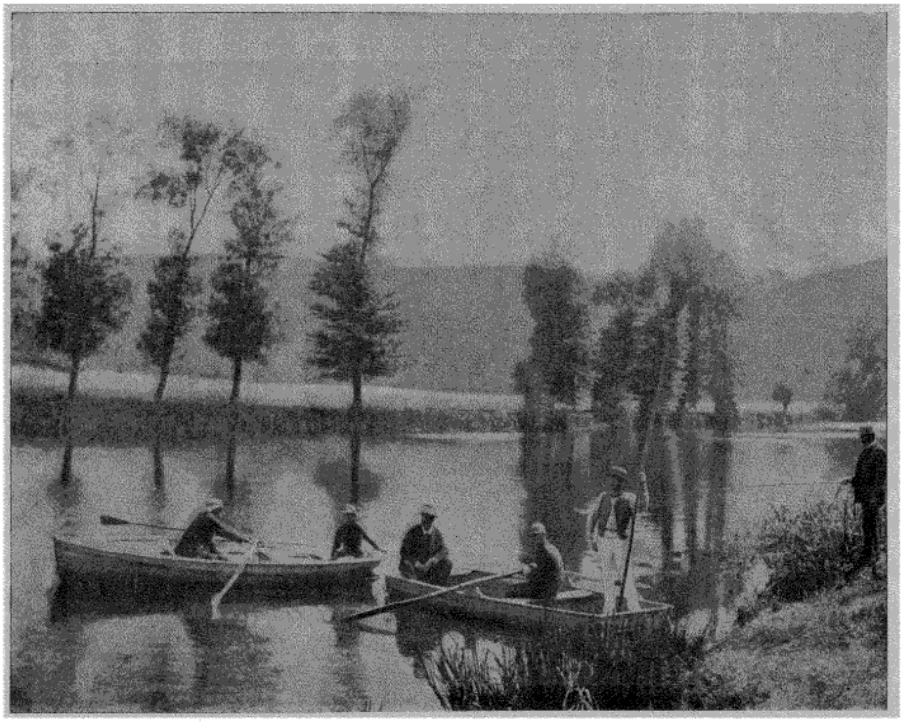


Fig. 7. — Vue de la vallée de l'Orne. (Phot. Levassort.)

Les agglomérations situées en dehors de ces vallées ont beaucoup moins d'importance. Les villages que l'on rencontre disséminés dans la plaine, notamment dans le canton de Bourguébus, sont en général peu importants et ont peu d'habitants ; tels sont : Cormelles, Grentheville, Hubert-Folie, Bourguébus, Soliers, Garcelles, Secqueville, Tilly-la-Campagne, Rocquancourt.

LES CANTONS DE LA PLAINE DE CAEN

Cantons de Caen (est et ouest). — Ils couvrent une superficie de 8812 hectares et comptent 51 483 habitants. Nous n'insisterons pas sur l'aspect physique

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de ces cantons, qui entourent la ville de Caen à l'est et à l'ouest, et pour lesquels on peut se reporter à la description générale de la plaine.

Parmi les principaux villages de ces cantons : Allemagne, 912 h., profondes carrières de la pierre blanche de Caen ; Hérouville, 608 h. ; Mondeville, 1 218 h., fabrique de beurre ; Saint-Contest, 567 h. ; Bretteville-sur-Odon, 682 h., carrières de marbre ; Venoix, 510 h., filature de laine.

Canton de Bourguébus. — 14 163 hectares ; 7 334 habitants. Ce canton est le

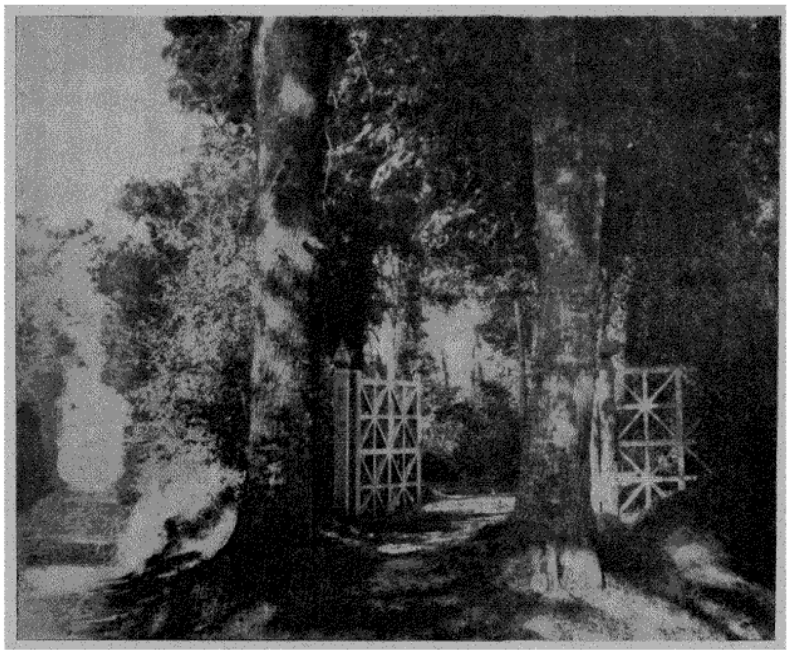


Fig. 8. — Vue prise dans la forêt de Cinglais.

type de la véritable plaine, toute plate, monotone avec ses champs sans fin, sans arbres, ses villages peu étendus et rares. Il repose sur la pierre blanche, appartenant à la grande oolithe, et qui fournit les matériaux dont tous les murs et les maisons sont construits. La culture des céréales et du blé occupe la majeure partie de son territoire. Les herbages naturels n'y sont pas très nombreux, mais des semis d'herbe dans les anciens labours ont été tentés et y ont suppléé souvent avec succès. Il faut se garder, toutefois, de céder à l'entraînement de ce courant qui tend à transformer beaucoup de terres arables en pâturages de second ordre ; dans cette plaine, l'eau fait trop souvent défaut, et s'il arrivait quelques années de sécheresse, il y aurait de grandes déceptions, décep-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tions qui se produiraient de toute façon si l'on multipliait outre mesure la production de la viande de boucherie.

A citer, dans ce canton, une étendue de terrain comprise entre Secqueville et Chicheboville, et qui contraste singulièrement avec la plaine environnante : au lieu de terres labourées et de champs de céréales, on se trouve tout à coup en présence de plantations de sapins très importantes; il y a là, en effet, des terres sablonneuses, très peu fertiles et bien différentes du riche limon de la plaine; aussi les a-t-on plantées en sapins depuis trente à quarante ans; ces sapins servent à faire des étais de mine et sont utilisés par les boulangers comme bois de chauffage. Des plantations semblables existent à Fierville, à Saint-Sylvain et près de Falaise, aux monts d'Eraines, où l'on trouve des terres de médiocre qualité.

Les principaux villages du canton sont : Saint-André-de-Fontenay, 404 h.; Saint-Martin-de-Fontenay, 410 h.; May, 610 h., exploitations importantes de carrières de grès; Clinchamps, 526 h., carrières de marbre; Fontenay-le-Marmion, 517 h.; Chicheboville, 410 h., marais tourbeux; Frenouville, 329 h.; Soliers, 302 h.; Bourguébus, 185 h.; Saint-Aignan-de-Cramesnil, 391 h.; Moult, 589 h.

Canton de Douvres. — 10 407 hectares; 11 898 habitants. — C'est la plaine avec moins de monotonie : il y a, à la fois, de la variation dans le sol et dans les cultures, de la diversité dans le paysage. A côté des terrains calcaires et légers du Bathonien, il y a en grande majorité des sols argilo-calcaires fertiles et couverts de récoltes variées. Parfois même ce sont des vallées fraîches, des prairies naturelles, des vergers; partout des îlots d'arbres; ce n'est plus la plaine uniforme et triste.

Sur le littoral, la douceur du climat, due aux effluves de la Manche, et le voisinage des stations balnéaires, ont modifié les méthodes agricoles. On fait moins de blé et de sainfoin; la culture maraîchère domine. La plaine est assez nue, sauf aux abords des villages entourés de ceintures d'ormeaux qui les protègent contre les vents (Ardouin-Dumazet). La côte est formée de dunes basses et de petites falaises; elle est bordée, sur une étendue de 26 kilomètres, entre Arromanches et Lion, d'une chaîne d'écueils contigus au rivage, dont une partie se découvre à mer basse, et qui la rendent inabordable. Du haut des falaises, le regard s'étend au loin sur la mer; la vue n'est pas moins étendue sur la plaine de Caen dans laquelle pointent une foule de flèches d'églises élégamment sculptées, qui servent de repère aux pêcheurs en mer.

Douvres, 1 648 h.; Bénouville, 276 h.; Beuville, 308 h., fabrique de dentelles; Colleville, 414 h.; Cresserons, 450 h.; Hermanville, 705 h.; Plumetot, 260 h.; Ouistreham, 1 354 h., avant-port de Caen, parcs à huîtres. La côte est bordée de stations balnéaires qui servent, en été, de débouchés aux produits

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

agricoles; Lion, 1 061 h.; Luc, 1 286 h.; Langrune, 884 h.; Saint-Aubin, 736 h., Bernières, 807 h.; Mathieu, 661 h.

Canton de Creully. — 13 090 hectares; 8 495 habitants. — Ce canton est formé de la plaine de Caen et du Haut-Bessin; aussi présente-t-il à côté d'une partie unie une contrée vallonnée et riche en herbages. La Seulles et la Mue y découpent deux charmantes vallées.

Creully, 677 h., situé sur une colline dominant la rive droite de la Seulles; Anguerny, 276 h.; Basly, 285 h.; Bény-sur-Mer, 382 h.; Cambes, 213 h.; Courseulles, 1 350 h., l'élevage des huîtres y occupe de nombreux parcs situés sur de vastes terrains sablonneux, huilerie; Fontaine-Henry, 332 h.; Thaon, 570 h.; le Fresne-Camilly, 448 h.; Lantheuil, 339 h.

Canton de Tilly-sur-Seulles. — 13 950 hectares; 9 785 habitants. — Ce canton présente le même aspect général que le précédent. Il est arrosé par la Seulles, la Thue et la Mue.

Tilly, 957 h., situé dans une jolie vallée boisée, près de la rive droite de la Seulles; Audrieu, 668 h.; Breteville-l'Orgueilleuse, 700 h.; Carcagny, 300 h.; Carpiquet, 660 h.; Saint-Manvieu, 522 h.; Cheux, 700 h.; Fontenay-le-Pesnel, 682 h., carrières de pierres; Mouen, 345 h.; Rots, 718 h.

Canton d'Evrecy. — 16 016 hectares; 9 214 habitants. — Ce canton sert de transition entre la Plaine de Caen et le Bocage; Evrecy, le chef-lieu, se trouve au point de rapprochement de la plaine et de la partie bocagère du canton. Dans cette dernière partie, les terres sont moins riches; les ouvriers agricoles émigrent au moment de la moisson vers la plaine, où ils sont connus sous le nom de Bocains.

Evrecy, 515 h., sur un coteau de la rive gauche de la Guigne; Feuguerolles-sur-Orne, 415 h., carrières de grès; Maltot, 226 h.; Eterville, 200 h.; Tourville, 202 h.; Fontaine-Étoupefour, 426 h.; Verson, 804 h.; Vieux, 368 h., carrière de marbre blanc nuancé de rose et de rouge; Sainte-Honorine-du-Fay, 623 h.

Canton de Troarn. — 19 684 hectares; 10 605 habitants. — Le canton de Troarn n'offre pas, dans son aspect, l'uniformité de la plupart des cantons de l'arrondissement de Caen. Il tient à la Plaine par plusieurs de ses communes et par d'autres il appartient au Pays d'Auge. On y distingue : la plaine ou terre légère, et la terre argileuse ou mouillante; dans la première sorte de terrain, on suit l'assolement des environs de Caen : céréales, plantes industrielles et prairies artificielles; dans la seconde, qui compose plus particulièrement le canton de Troarn, on rencontre des herbages, plantés ou non de pommiers, et animés par de nombreux bestiaux. Dans les grandes exploitations, la culture des céréales (et autrefois du colza) s'y rencontre avec l'industrie beurrière, la production du cheval, l'élevage du jeune bétail et l'engraissement. Le canton de Troarn convient particulièrement bien à la culture du pommier.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Entre Banneville et Troarn, on rencontre des coteaux dirigés du nord au sud : ce sont les premières assises de l'argile d'Oxford, qui forme la base du terrain le plus fertile d'une bonne partie du Pays d'Auge (1). Ces argiles étant postérieures au calcaire de la Plaine de Caen et reposant sur lui, elles forment des éminences qui le dominent et donnent à ce canton un aspect ondulé et montueux. — Les terres qui recouvrent la Grande Oolithe sont perméables, faciles à labourer : c'est pourquoi toutes les terres de la Plaine de Caen sont labourées. Au contraire, les terres éminemment argileuses qui dépendent de la formation oxfordienne retiennent l'humidité et conviennent parfaitement aux herbages; elles sont d'ailleurs collantes et difficiles à labourer, et quoiqu'elles puissent produire des céréales et des prairies artificielles, elles demandent plus de main-d'œuvre que les autres ; aussi sont-elles toutes enherbées.

Troarn, 662 h., situé sur le penchant d'un coteau, au pied duquel coulent la Dives et la Muance; Argences, 1 441 h., fabriques de tuiles et de briques, de perles; Cagny, 326 h.; Giberville, 216 h.; Hérouvillette, 406 h.; Ranville 496 h., gisements de chaux; Sallenelles, 283 h., à l'embouchure de l'Orne.

LES GRANDES ROUTES DE LA PLAINE

Afin de compléter cette description et de montrer combien la plaine se différencie des régions qui l'entourent nous allons la parcourir en détaillant les principaux itinéraires que l'on y peut suivre en partant de Caen.

De Caen à Argences. — La route traverse d'abord une plaine unie, sans accidents, embellie seulement sur la gauche par les coteaux et les vallées de Mondeville. De Caen à Cagny, pas un village; à droite seulement Grentheville, puis Frenouville et Bellengreville. Au delà du village de Vimont, la vue s'étend au sud et au nord sur une plaine bordée à l'est par des coteaux verdoyants. Ce sont les coteaux d'Argences, autrefois plantés en vignobles et donnant un vin estimé dans le pays, mais aujourd'hui couverts d'herbages. Ils annoncent le commencement du Pays d'Auge ou plutôt les limites d'une formation géologique importante, l'argile d'Oxford ou de Dives, qui vient se superposer aux couches du calcaire blanc formant la base de la plaine. C'est à la présence de ces argiles que le Pays d'Auge doit ses fertiles herbages, sa végétation si active et son aspect si différent de celui de la Plaine.

Au pied de ces coteaux, au nord de la route, on distingue, dès qu'on est sorti de Vimont, Argences, bourg considérable autrefois et dont le marché a encore beaucoup d'importance. On arrive à Moult et, aussitôt, la route s'élève et franchit les éminences qui sont les limites de la plaine : dès lors on est dans le Pays

(1) Certaines couches de ce banc argileux servent à faire de la tuile; plusieurs fabriques sont établies sur le bord de la route.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'Auge et l'aspect de la campagne change complètement; les clôtures se multiplient, les terres plus compactes sont soumises à un système de labour et d'assolement qui diffère de celui de la plaine. Du haut de la butte de Moult, jetons un coup d'œil sur le vaste horizon qu'on embrasse de ces hauteurs. Au sud et au sud-ouest, la vue s'étend au loin sur les campagnes de l'arrondissement de Falaise, et l'on distingue un grand nombre d'églises et de villages semés dans la plaine. Billy, Valmeray, Fierville, Saint-Sylvain, apparaissent au premier plan; plus loin on aperçoit Vieux-Fumé, les environs de Saint-Pierre-sur-Dives; en revenant vers la droite, Saint-Quentin-de-la-Roche, Bons, Cintheaux; enfin, au sud-ouest, les éminences du Bocage, l'avenue de Fresnay-le-Vieux, au delà de Bretteville-sur-Laize; Saint-Clair, la Pommeraye et les petites montagnes de Valcongrain, d'Ondefontaine et de Plessis-Grimoult.

De Caen à Falaise. — Au sortir du faubourg de Vaucelles, on se trouve sur la large route, droite comme un I, qui mène à Falaise; de chaque côté s'étend la plaine, avec ses terres labourées, ses champs de sainfoin et de sarrasin; çà et là, quelques bouquets d'arbres. Aucun village sur la route : elle les laisse tous sur la droite ou la gauche et poursuit sa ligne impitoyablement droite et monotone, comme s'ils ne valaient pas la peine d'être desservis. On aperçoit seulement les clochers, et on laisse ainsi de côté : Cormelles, Ifs, Bras, Hubert-Folie, Tilly-la-Campagne, Rocquancourt; au petit hameau de Lorguichon, on laisse à gauche l'avenue de Garcelles.

A trois lieues de Caen, on arrive sur un plateau assez élevé, dépendant de Saint-Aignan-de-Cramesnil. De là, la vue s'étend au sud-ouest sur la masse sombre de la forêt de Cinglais, sur la vallée de la Laize, et beaucoup plus loin sur le Bocage; on distingue les buttes du Plessis, de Campandré, d'Ondefontaine, de Jurques, de Clécy, et vers l'ouest la butte de Montbroc, près de Villers-Bocage. De ce plateau, on jouit d'un des horizons les plus étendus que l'on puisse rencontrer dans le Calvados.

A la Jalousie, on entre dans l'arrondissement de Falaise. La route se poursuit uniforme et passe à Cintheaux. Du côté de Cauvicourt, on aperçoit dans le lointain les coteaux de craie et d'argile qui forment à l'horizon un vaste rideau continu, depuis les confins du département de l'Orne jusqu'à la côte de Dives, sur une étendue de plus de vingt lieues. Un grand nombre de localités peuvent se distinguer par un temps clair, dans la vaste plaine comprise entre ces collines et la route. Puis l'on traverse les villages de Langannerie, Aizy, Sousmont-Saint-Quentin, Potigny, Soulangy. A mesure qu'on approche de Falaise, la plaine se resserre de plus en plus sur la gauche et les coteaux boisés qui la limitent se distinguent plus nettement. Bientôt, on arrive en vue de Falaise, que domine son vieux château fort, ancienne résidence des ducs de Normandie.

De Caen à Villers-Bocage, Aunay et Evrecy. — Sur le parcours de Caen

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à Villers-Bocage, on suit une des rares vallées de la plaine, celle de l'Odon, que l'on atteint à Breteville. De la route, on domine toute cette vallée boisée, qui a l'aspect riant des vallées de l'Auge ou du Bessin, et semble une tranchée verdoyante et ombreuse creusée à travers la plaine. Entre Caen et Verson, la route est établie sur le calcaire de Caen et l'oolithe inférieure. A Verson, elle passe sur les phyllades dénudés sur ce point, le long de la vallée de l'Odon. A Mouen, une chaîne de grès quartzeux se montre à la surface du sol. Puis, à partir de Tourville, la route court sur l'oolithe inférieure et sur le lias; les terres sont argileuses et profondes, elles sont très productives, la végétation des arbres y est aussi très belle. De l'autre côté de la vallée de l'Odon, on aperçoit le vaste plateau d'Evrecy, continuation de la Plaine de Caen dans la région bocagère. A l'ouest, apparaissent les premières hauteurs mamelonnées du Bocage; de loin elles semblent couvertes d'une immense forêt parsemée de vertes clairières. Derrière, cachés par elles, s'étendent les vallons du Bessin.

Après Noyers, on entre dans la région des phyllades, dans le Bocage. On constate un changement graduel dans la physionomie du pays; ce ne sont plus les mêmes arbres qui bordent les routes, les coteaux ne se couvrent plus des mêmes buissons. On ne voit plus d'ormes; les frênes deviennent très rares; plus de bluets, de coquelicots dans les moissons; plus de champs de sainfoin ou de luzerne, plantes fourragères propres aux sols calcaires. Mais, en revanche, on rencontre fréquemment des chênes et des hêtres; les collines sont couvertes de bruyères, de genêts, d'ajoncs ou vignons; les chemins sont bordés de digitales. C'est que le sol repose ici sur des terrains primitifs.

Plus on s'enfonce dans le Bocage, plus le pays devient accidenté. La butte de Montbroc (219 mèt. d'alt.), près de Villers, entre les vallées de la Seulles et de l'Odon, est une cime très dégagée d'où la vue s'étend au loin, au sud et au nord; on y découvre la cathédrale de Bayeux et une assez grande quantité de points divers. Puis la route descend vers le bourg de Villers, laissant à droite le village de Villy, à gauche ceux de Parfouru et d'Épinay-sur-Odon.

De Villers à Aunay, l'on parcourt un pays accidenté, montueux; on gravit des coteaux élevés d'où l'on jouit d'un panorama superbe.

Entre Aunay et Evrecy, la région est aussi des plus pittoresques. Ici, la route passe, encaissée entre des rochers à pic, couverts d'ajoncs, de bruyères et d'épaisses futaies; là, elle surplombe tout le Bocage, dont les collines arrondies limitent l'horizon; plus loin, elle descend en pente douce vers une fraîche vallée, pour la quitter bientôt et présenter à nouveau un autre panorama.

De Caen à Harcourt. — La route parcourt, entre Caen et Allemagne, un plateau dont les couches calcaires sont exploitées depuis longtemps et fournissent de magnifiques pierres de taille et des pavés. A 2 kilomètres d'Allemagne, on remarque une dépression du sol et un vallon dans lequel s'élève le village de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Saint-Martin-de-Fontenay. Avant de descendre dans ce petit bassin, on distingue devant soi la forêt de Cinglais et les hauteurs qui bordent la Laize; à droite se présentent les coteaux de la rivière d'Orne, Feuguerolles et les bois de Maltot. Entre Saint-Martin-de-Fontenay et May, l'attention du géologue est attirée par une chaîne de grès intermédiaire qui sort du calcaire oolithique. Puis l'on arrive à May; à droite de l'église sont situés des bancs considérables de grès et de vastes

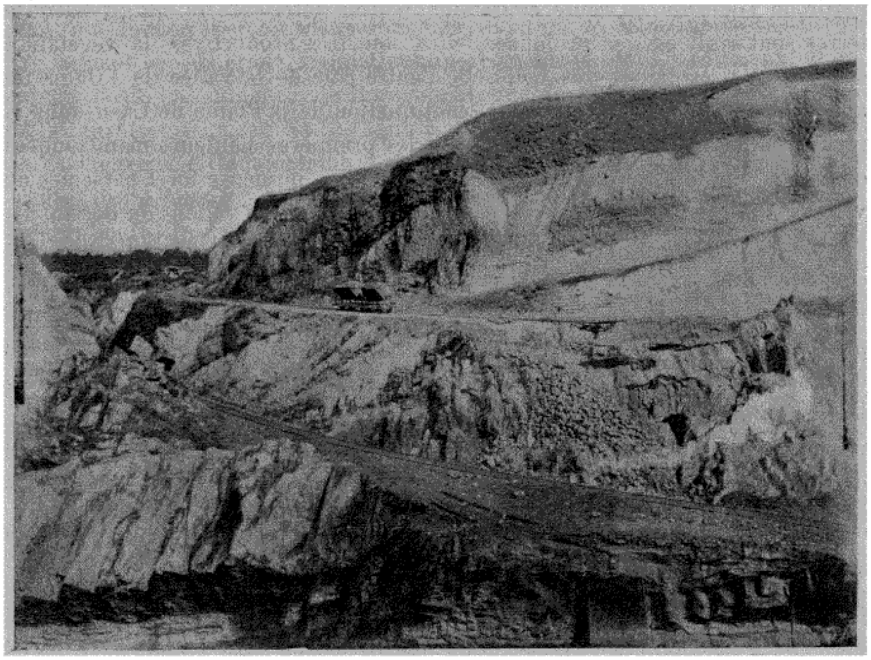


Fig. 9. — Carrière de grès, à May.

carrières en exploitation; on y a recueilli des Trilobites, des Pholadomies de plusieurs espèces, des Productus, des Spirifer.

A la sortie de May, on descend le vallon escarpé de la Laize, tapissé de blocs de marbre intermédiaire reposant sur des grauwackes; cette coupe est intéressante au point de vue géologique. On aperçoit, sur la droite, les coteaux de l'Orn, à Bully, et plus loin, l'église de Clinchamps, dont la tour romane domine le paysage. On franchit la Laize à Laize-la-Ville; puis l'on passe à Boulon Saint-Laurent-de-Condel, Moutiers-en-Cinglais; les grandes carrières ouvertes entre Moutiers-en-Cinglais et Croisilles, sur le bord de la route, dans le calcaire oolithique inférieur, et exploitées depuis longtemps pour la fabrication de la chaux, sont célèbres et bien connues des géologues à cause du grand nombre de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fossiles qu'elles renferment. Après Croisilles, le paysage change; l'arrivée à Thury-Harcourt est magnifique et grandiose : de vastes mouvements de terrain se dessinent et accidentent le paysage : après être descendu pendant près de deux kilomètres en suivant la pente d'une vallée qui se ramifie avec celle de l'Orne, on aperçoit les maisons du bourg agglomérées autour de l'église et l'on arrive bientôt en vue du château.

De Caen à Bayeux. — Aussitôt sorti du faubourg de la Maladrerie, on trouve la plaine avec son aspect accoutumé. A droite se dressent, dans une situation un peu élevée, les ruines majestueuses de l'abbaye d'Ardennes.

La campagne s'étend uniforme, sans présenter rien de saillant. De la route, on aperçoit les clochers d'Authie, de Rots, de Carpiquet. Les terres de cette partie de la plaine sont d'une grande fertilité, fort bien cultivées et portent de superbes cultures.

A partir de Bretteville-l'Orgueilleuse, on commence à voir de nombreuses haies, surmontées d'ormeaux à la silhouette peu harmonieuse, sortes d'échalas tortueux et feuillus. Les pommiers apparaissent dans les champs. C'est un pays de transition entre la plaine proprement dite et le Bessin. On aperçoit sur la gauche l'église d'Audrieu, reconnaissable à sa tour élevée. Au village de Saint-Léger, une dépression du sol indique que l'on change de terrain : à la grande oolithe, sur laquelle reposent les terrains que l'on a parcourus depuis Caen, succèdent l'oolithe ferrugineuse et bientôt le lias. Un peu après Carcagny, on atteint la Seulles qui coule au fond d'un joli vallon; on la traverse sur un pont qui en a remplacé un autre assez ancien, lequel avait fait donner le nom de Vieux-Pont au petit village voisin.

Dès lors, nous quittons la plaine. Le lias sert maintenant de base aux terres arables comprises entre la Seulles et Bayeux, ce sont des terres fortes et argileuses. On rencontre toujours des champs de céréales, mais le pays devient tout à coup boisé et légèrement vallonné; la vue se repose avec plaisir sur de frais herbages, la plupart plantés de pommiers, où paissent des vaches laitières de la belle race Cotentine, au pelage varié et d'un riche éclat; des haies garnies de hauts arbres servent de clôtures; de nombreuses vallées achèvent de donner au pays le plus riant aspect. Nous sommes dans le Bessin. Les maisons qui avoisinent la route et les jardins sont entourées d'épaisses haies de buis bien taillées ayant la forme et la hauteur d'un mur. Puis on arrive en vue de Bayeux, la vieille capitale du Bessin, dont la superbe cathédrale dresse son dôme puissant et ses tours élancées au milieu de verdoyantes prairies, dans lesquelles serpente paresseusement la jolie rivière d'Aure.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

DÉBOUCHÉS DE LA PLAINE DE CAEN

Situation favorable de Caen. — Caen n'est pas une ville industrielle; mais elle tend de plus en plus à devenir une ville maritime. Sa position à l'intérieur des terres, dans le voisinage de centres manufacturiers dont elle est le port naturel : Falaise, le Mans, Condé-sur-Noireau, Flers, la Ferté-Macé, Laval et Mayenne, au cœur d'une vaste et fertile région agricole, lui assure un rayon d'action dans lequel elle ne peut être concurrencée.

Caen exporte spécialement sur la côte anglaise des blés, orges, pommes de terre, légumes, fruits, œufs, bestiaux, tourteaux, etc. Mais c'est surtout le commerce des charbons et des minerais qui assure sa prospérité; l'exploitation de mines de fer très riches, qui sont situées à peu de distance dans la vallée de l'Orne, permet, en effet, de donner aux navires apportant du charbon d'Angleterre un fret de retour apprécié; 120000 tonnes de minerai partent ainsi annuellement à destination de l'Angleterre et de l'Allemagne.

Le port de Caen atteint déjà un mouvement de 500000 tonnes, grâce à un canal de 14 kilomètres qui le relie à Ouistreham. Avant la construction du canal de Caen à la mer, les dangers de la rivière d'Orne éloignaient du port les grands navires étrangers. Le prix des frets s'y maintenait donc très élevé et la difficulté même des affrétements mettait les négociants dans l'obligation d'être eux-mêmes leurs armateurs. On construisait très solidement à Caen, en vue des échouages plus ou moins dangereux que devaient subir en Orne les navires qu'on y chargeait; de là, la bonne renommée des constructeurs de Caen. L'ouverture du canal, qui eut lieu vers 1848, a placé ce port dans les mêmes conditions que tous les autres ports du littoral; il est devenu accessible aux navires les plus légèrement construits, jaugeant jusqu'à 1 200 tonneaux; les embarcations de mer se trouvent toujours à flot dans le canal et dans le bassin. Les mouvements d'entrée et de sortie s'effectuent très commodément, par suite d'une très bonne organisation du remorquage, quelle que soit la direction du vent. Mais ce canal, bien suffisant lorsqu'il a été construit il y a cinquante ans, ne peut plus faire face aux besoins de la navigation moderne dotée de grands navires à vapeur. La profondeur de $5^m,50$ interdit une progression plus grande. Aussi entreprend-on actuellement des travaux qui assureront un tirant d'eau constant de 6 mètres. Caen possédera alors des avantages presque semblables à ceux de Rouen; mais il lui manque encore une voie navigable la reliant aux bassins de la Sarthe et de la Mayenne.

On voit que, dans une situation aussi favorable, la ville de Caen peut devenir le centre d'un commerce d'échanges importants entre l'Angleterre et la côte normande. Il y a là, pour les produits agricoles de la Plaine de Caen, des débouchés assurés et qui ne manqueront pas de se développer lorsque les agriculteurs feront preuve d'un peu plus d'initiative. (*A suivre.*)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

COMMERCE

COMPARAISON DU TRAVAIL A LA MAIN ET DU TRAVAIL A LA MACHINE,

par **M. E. Levasseur**, *membre du Conseil.*

Messieurs,

M. Richard, dont le zèle vous est connu, est non seulement un vigilant pourvoyeur de conférences, mais un créancier qui n'oublie pas ses droits. Cet été, il avait tiré une lettre de change sur moi. Je l'avais acceptée. L'échéance étant en 1899, il était temps que je m'acquittasse pour ne pas m'exposer à un protêt. Je le fais ce soir, au sortir de mon cours du Conservatoire des Arts et Métiers.

Ayant deux devoirs à remplir, je n'ai pas cru pouvoir sacrifier l'un à l'autre et j'espère que, connaissant la cause de mon arrivée tardive, vous aurez l'indulgence de l'excuser. M. Richard vous a d'ailleurs rendu l'attente facile en se chargeant du prologue, je veux dire en faisant passer devant vos yeux une série d'images qui fait voir, par des exemples sensibles, l'énorme différence de puissance qui existe entre la main de l'homme armé d'un simple outil et la machine perfectionnée (1). Je prie M. Richard d'agréer les remerciements que je lui adresse en votre nom comme au mien.

La date de la conférence étant arrêtée, il restait à chercher en quelle monnaie j'acquitterais ma dette. J'ai choisi un sujet d'ordre économique, parce qu'il me paraît utile de traiter de temps à autre devant la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale des questions de ce genre, à côté des questions de pratique industrielle, qui sont l'aliment ordinaire de nos soirées : il importe aux travailleurs, patrons et ouvriers, de se rendre compte de l'organisation du travail et des effets économiques qu'elle produit, non moins qu'il leur importe de connaître les meilleurs procédés de fabrication. Ce sujet est : *Comparaison du travail à la main et du travail à la machine.*

(1) Ces projections se trouvent reproduites dans le corps de la conférence.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

I

LES PRÉJUGÉS CONTRE LES MACHINES

Le préjugé contre les machines n'est pas nouveau. Mais, quoiqu'il ait été traité des milliers de fois dans le cours de ce siècle (1), — lequel, entre les noms divers par lesquels les historiens essayeront de le caractériser, méritera celui de « siècle des machines », — le rôle de la machine n'est pas encore bien compris; il existe, sur ce point, comme sur bien d'autres, des erreurs invétérées et des défiances chez beaucoup de patrons comme chez la plupart des ouvriers.

Le préjugé est très ancien. Bien avant le XIX^e^ siècle, la machine, quoique bien peu offensive alors, a plus d'une fois inquiété non seulement les ouvriers, mais les hommes d'État.

L'introduction à Venise au XVI^e^ siècle et à Leyde au commencement du XVII^e^ siècle de la machine à faire des rubans ameuta tant les ouvriers que dans l'une et l'autre ville le magistrat crut nécessaire d'en interdire l'usage (2). Plus tard, quand le métier à tricoter, qui avait été, dit-on, inventé par un Français, fut importé d'Angleterre en France, Colbert, malgré le désir qu'il avait d'activer le travail industriel, n'autorisa l'emploi de ce métier que dans dix-huit villes, afin de ne pas laisser s'établir une concurrence ruineuse pour le tricot à l'aiguille qui occupait un nombre considérable de femmes des campagnes. La liberté du métier à tricoter n'a été accordée qu'au milieu du XVIII^e^ siècle, à une époque où l'administration royale commençait à s'inspirer d'idées plus libérales dans la réglementation des manufactures.

Exposant l'histoire des machines en Angleterre, K. Marx dit: « Lorsque Everth en 1758 construisit la première machine à eau pour tondre la laine, cent mille hommes (?), mis par elle hors de travail, la réduisirent en cendres; cinquante mille ouvriers gagnant leur vie par le cardage de la laine accablèrent le Parlement de pétitions contre les machines à carder et les « scribbling mills » inventées par Arkwright... (3)» Il ajoute : « Il faut du temps et de l'expérience avant

(1) Parmi les nombreuses publications auxquelles la défense des machines a donné lieu, je me fais un plaisir de citer *les Machines et leur influence sur le développement de l'humanité*, par M. Frédéric Passy. Ce sont deux des conférences professées en 1866 sous les auspices de l'Association polytechnique par un groupe d'économistes dont je faisais partie.

(2) Machine à rubans introduite en 1629, à Leyde.

« *Instrumentum quidam invenerunt textorium, quo solus quis plus panni et facilius conficere poterat quam plures æquali tempore. Hinc turbæ ortæ et querulæ textorum, tandemque usus hujus instrumenti a magistratu prohibitus est.* » Boxhorn, cité par K. Marx, *Le Capital*, p. 185.

(3) *Le Capital*, p. 185.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que les ouvriers, ayant appris à distinguer entre la machine et son emploi capitaliste, dirigent leurs attaques non contre ce moyen matériel de production, mais contre son mode social d'exploitation ».

Un peu plus tard les canuts de Lyon chansonnaient le célèbre inventeur Vaucanson qui était venu installer certains perfectionnements dans la manufacture de la soie et ils lui auraient fait un mauvais parti s'il n'était parvenu à s'enfuir sous un déguisement de capucin (1).

Un certain Vocanson,
Grand garçon,
A reçu una patta
De los maitres marchants ;
Gara, gara la gratta
S'y tombe entre nos mains.

Y fait chia los canards,
Lou canards,
Y fait chia los canards,
Et la marionnetta.
Lo plaisant Joquinet,
Si sort ses braies, velta
Qu'on me le cope net.

Ce sont les enfants de ces canuts qui, au commencement du siècle suivant, brûlaient en place publique le métier de Jacquart (2).

(1) Cette chanson est citée dans l'ouvrage de M. Godart, *L'Ouvrier en soie*, p. 279.

(2) Nous n'avons pas à faire dans cette conférence l'histoire des plaintes que l'emploi des machines a suscitées. Cependant nous croyons qu'il est intéressant de citer le passage suivant d'une brochure (qui, je crois, n'a été citée nulle part) que les ouvriers fileurs de Caen ont adressée aux États généraux de 1789 et qui se trouve dans les Archives départementales du Calvados. Nous l'extrayons du manuscrit de la seconde édition de notre *Histoire des classes ouvrières en France*, qui est en préparation.

Vœu des six sergenteries, faubourgs et banlieue de la Ville de Caen pour la suppression des méchaniques de filature. — « Plusieurs cahiers, on pourrait même dire tous, à l'exception de celui de la commune, ont demandé affirmativement la suppression des méchaniques de filature. Le vœu du pauvre, secondé de la réclamation générale de tous les fabricants, n'a pu trouver encore d'assez puissants protecteurs pour être totalement écarté du cahier de doléances. On le met en problème, on le discute, on le modifie, comme si le salut du peuple n'était pas la suprême loi. L'humanité, la sainte humanité réclame, et les riches qui regorgent de tout, qui nagent dans l'abondance, et qui ne peuvent sentir les maux qu'ils n'éprouvent pas, se portent en foule dans l'arène pour lutter contre le pauvre dénué de tout, qui demande à genoux du pain ! Ah ! tous les sophismes de l'intérêt personnel doivent se briser contre cet argument irrésistible : du pain ! En vain opposera-t-on les mots pompeux et si souvents répétés, d'intérêt du commerce, de balance de l'Europe, d'équilibre national... Toute cette politique, née de l'ambition des souverains et des Chambres de commerce, devient nulle, barbare et insignifiante contre les cris de la misère et du désespoir. Le traité de commerce avec l'Angleterre est la première cause de tout le mal qui existe ; il faut le rompre, parce qu'il

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

II

LE PARADOXE ÉCONOMIQUE

Depuis trente ans j'ai eu bien des fois à traiter la question des machines dans mon enseignement. Avant de professer au Collège de France et au Conser-

est impolitique et mal combiné pour l'intérêt de nos manufactures et de nos fabriques. Hâtons-nous de le modifier, ce traité destructeur, ou de l'anéantir par la force. La guerre est moins affreuse que les ravages d'une pareille paix. Les méchaniques de filature anglaise, qu'on cherche à naturaliser en France, ont encore augmenté la somme des maux... On ne craint pas de dire qu'elles ont paralysé tous les bras et frappé de mort l'industrie des fileuses. En effet, le peuple, qui n'a d'autre propriété que ce genre d'industrie, se voit tout à coup dépouillé du seul travail qui assurait son existence. Les méchaniques n'occupent qu'un dixième des ouvriers qu'occupaient auparavant les filatures à la main, et par conséquent on enlève aux neuf autres dixièmes son existence et son pain. De pareilles entreprises sont évidemment désastreuses, et jamais on ne persuadera qu'il importe à la mère patrie de dépouiller ses enfants pour appeler des étrangers au partage de ses richesses. C'est un moyen violent et barbare que d'ôter à la classe la plus indigente son industrie présente qui est sa seule propriété, sans lui présenter au moins un dédommagement certain et journalier. Est-il un propriétaire qui renonçât volontiers à la fortune de ses pères pour devenir industrieux et gagner sa vie à la sueur de son front? Est-il un négociant ou un armateur qui fissent le sacrifice de leur immense fortune ou de leurs spéculations lucratives, pour adopter un nouveau genre d'industrie qui suffirait à peine à leurs besoins journaliers et à ceux de leur famille ? Ce qu'ils ne feroient certainement pas pour le bien de la patrie quand il s'opposeroit à leur bien particulier, le peuvent-ils exiger avec justice de l'indigent ouvrier qui ne peut croire et qui ne croira jamais que son intérêt soit isolé de l'intérêt général, et qu'il doive mourir de faim pour le bien du royame et la prospérité du commerce ? Si l'Angleterre a établi chez elle les méchaniques à filature, c'est qu'elle manque de bras, et que le besoin avait nécessité ce genre d'industrie; mais elle avait sans doute choisi des circonstances plus favorables, elle avait pourvu aux besoins des pauvres ouvriers; on doit du moins le présumer de la sagesse et de la bonne administration d'un peuple qui connaît si bien les droits de l'homme et du citoyen.

« Les méchaniques à filer le coton ne ruinent pas seulement la classe des fileurs et fileuses tant dans la ville que dans les campagnes ; elle ruine encore le commerce de la fabrique. Les cotons de ces méchaniques sont mous, cassants et pesants, difficiles à teindre et à fabriquer. Enfin cette espèce de filature donne beaucoup de perte pour le travail préparatoire et pour toute la fabrication.

« D'abord le teinturier ne peut lui faire prendre couleur qu'avec beaucoup de peine. La trameuse, qui faisait ordinairement trois livres de coton en bobine avec le fil ordinaire, ne peut en bobiner que deux livres des méchaniques, à cause de son inégalité. Les ourdisseurs de chaîne, qui ourdissaient par jour quatre chaînes, n'en peuvent ourdir que deux du fil des méchaniques à cause de leur qualité molle et cassante. Les ouvriers qui faisaient en quinze jours une chaîne de 80 aunes, mettent un mois pour fabriquer la même quantité avec le fil des méchaniques et cependant ils n'ont que le même prix. Tout prouve ou se réunit pour démontrer que le fil des méchaniques anglaises est ruineux pour les ouvriers et le fabricant, et qu'il tend à augmenter le prix de la main-d'œuvre, au lieu de le diminuer.

« Ce genre de filature produit encore un inconvénient très grand pour les consommateurs, en ce que l'ouvrage fabriqué avec ce mauvais fil durera trois fois moins.

« Ajoutez à cela les considérations locales de la ville et des environs de Rouen. La ville de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vatoire des Arts et Métiers, je l'avais fait dès 1866 dans une conférence intitulée *Le Rôle de l'intelligence dans la production*, conférence dans laquelle je m'appliquais à montrer quels immenses services l'invention rendait à l'industrie humaine et comment peu à peu la société arrivait à jouir, à bon marché ou même gratuitement, des services de la science, quand l'idée était tombée dans le domaine public. Dans mon *Précis d'économie politique*, j'ai précisé par un théorème que j'appelle le PARODOXE ÉCONOMIQUE l'influence que le perfectionnement de l'outillage exerce sur la production et sur la répartition.

En voici les termes :

« Étant donné que le prix de vente d'un produit se compose du *salaire des ouvriers*, du *prix des matières premières*, de l'*intérêt des capitaux* et du *profit de l'entrepreneur*, il est possible, grâce à la science, de créer un **produit à meilleur marché** avec des *matières plus chères*, des *salaires plus élevés*, *plus d'intérêt* pour le capital et, en définitive, avec un *profit plus considérable* pour l'entrepreneur.

« C'est bien un paradoxe, qui semble, au premier abord, signifier que plus, ajouté à plus, égale moins : ce qui serait un contresens en arithmétique.

« Mais, lorsqu'on examine les chiffres du tableau ci-joint, on voit clairement qu'il n'y a pas là de contresens; il y a une loi économique. On comprend même, en y réfléchissant, que c'est une loi d'harmonie et de progrès et qu'elle est de nature à dissiper certaines craintes d'antagonisme entre les diverses classes de travailleurs et d'appauvrissement des masses qu'avaient conçues certains économistes au commencement du XIXe siècle. »

Analysons ce paradoxe. « A la main l'ouvrier tissait 10 pièces dans son trimestre, et la pièce revenait à 22 francs. Avec le métier mécanique, il en tisse 50. Pourquoi? Parce qu'il travaille avec une machine. Nous supposons la matière première plus coûteuse (ce qui n'arrive pas toujours) : 7 francs par pièce au lieu de 6 francs. Nous admettons que la dépense pour l'outillage et les frais généraux par pièce est plus forte (ce qui arrive presque toujours) : 4 francs au lieu de 2, et nous voyons que la part proportionnelle du capital et surtout celle de l'outillage (22,2 p. 100 au lieu de 9,1) ont augmenté : ce qui est logique puisque l'outil est plus important et rend un plus grand service. Nous admettons que l'ouvrier

Rouen est importante par son commerce de fabrique, ou si l'on veut de rouennerie, sa population immense et les bras de cent mille fileuses qui entretiennent les ateliers, fixent nécessairement cette principale branche de commerce dans cette immense cité. Si l'on permet les méchaniques, vingt mille personnes suffiront, et la ville de Rouen court les risques de voir des établissements de toilerie dans toutes les villes, bourgs et villages du royaume. Ce que ses habitants ne pouvoient faire auparavant par la disette des bras, ils le feront maintenant par le moyen des méchaniques. L'intérêt du commerce de Rouen, celui des fabricants, se réunissent donc au vœu très légitime des pauvres ouvriers, pour demander la suppression des méchaniques de filature anglaise. — N. HÉBERT. »

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gagne plus dans son trimestre (ce qui arrive le plus souvent) : 250 francs au lieu de 100 francs. Nous supposons que le patron réalise un plus fort produit par trimestre (ce qui arrive souvent) : 100 francs au lieu de 40; voilà donc bien quatre quantités, représentant la part des quatre facteurs de la production, qui ont augmenté : première constatation.

D'autre part, le prix de revient de la pièce, qui était de 22 francs, n'est plus que de 18 francs : donc plus ajouté à plus a donné moins : seconde constatation.

En outre, la production totale du trimestre, qui était de 10 pièces coûtant 220 francs, est de 50 pièces valant 900 francs : ce n'est en effet que par une production plus abondante, due à l'emploi d'une machine perfectionnée, que le paradoxe économique a été réalisé et il faut que la production soit plus abondante pour qu'il se réalise : troisième constatation.

ÉLÉMENTS de la PRODUCTION.	PRODUCTION DE CHAQUE OUVRIER DE LA FABRIQUE PAR TRIMESTRE.				AUGMENTATION de la part afférente à chacun des trois éléments (par trimestre).	PART PROPORTIONNELLE p. 100 de chacun des éléments de la production dans la valeur du produit.	
	Procédés anciens. Travail à la main (métiers à bras).		Procédés perfectionnés par la science (métiers mécaniques).				
	Dépense et valeur par pièce de calicot.	Dépense totale et valeur pour une production de 10 pièces par trimestre et par ouvrier.	Dépense et valeur par pièce de calicot.	Dépense totale et valeur pour une production de 50 pièces par trimestre et par ouvrier.		Procédés anciens.	Procédés perfectionnés.
	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.
CAPITAL. Matière première. . . .	6	60 } 80	7	350 } 550	470	27 3	38 9
CAPITAL. Outill. et frais généraux. .	2	20 }	4	200 }		9 1	22 2
Salaire de l'ouvrier.	10	100	5	250	150	45 4	27 8
Profit du patron. .	4	40	2	100	60	18 2	11 1
	22	220	18	900	»	100 »	100 »
	Le coût de production par pièce a diminué.		La quantité produite a augmenté.		L'ouvrier et le patron, qui gagnent moins par unité ont en somme, un gain supérieur.	La part proportionnelle du capital (et surtout celle de l'outillage) a augmenté.	

Dans le *Précis d'économie politique*, j'ajoute : « Indépendamment de la loi générale, il y a un phénomène accessoire qui mérite d'être signalé : la valeur du produit diminuant en même temps que le salaire augmente, le revenu tri-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mestriel de l'ouvrier qui, dans le premier cas, était égal à 4 pièces et demie de calicot est dans le second égal à 14 pièces et l'ouvrier bénéficie ainsi doublement du progrès scientifique, parce qu'il vend son travail plus cher et parce qu'il achète moins cher certaines marchandises (1). » C'est une quatrième constatation.

III

L'ENQUÊTE AMÉRICAINE

Cet exemple fictif et purement théorique est une image de la réalité. Une enquête faite par le Commissaire du travail des États-Unis, M. Carroll D. Wright, correspondant de l'Institut de France, et récemment publiée, confirme une partie de ces constatations. C'est cette enquête qui m'a décidé à prendre pour sujet la comparaison du travail à la main et du travail à la machine. Elle a pour titre *Hand and Machine Labor* (2). Elle porte sur 672 espèces de produits ou de travaux (3) et, pour chaque espèce, elle donne parallèlement les conditions de la fabrication ou de l'exécution à la main et à la machine; pour la majorité des espèces le résultat provient de quatre cas au moins observés par les enquêteurs pour le travail à la main et de deux pour le travail à la machine. Le travail à la machine est presque toujours celui qu'accomplissent aujourd'hui les machines les plus perfectionnées aux États-Unis, où le machinisme est plus avancé que dans tout autre pays; le travail à la main est celui qu'ont pu dans certains cas, surtout à la campagne, observer encore aujourd'hui les enquêteurs, ou dont ils ont pu retrouver les conditions dans les livres de fabrique ou dans les souvenirs de vieux praticiens. Les opérations successives qu'a exigées la fabrication sont enregistrées, ainsi que le temps et l'argent que chacune d'elles a coûtés (4).

Ce qu'on appelle d'ailleurs le travail à la main suppose des outils et même certaines machines, comme le métier à tisser. Car nous sommes bien loin du temps où la reine Berthe filait; depuis le XVIe siècle, le rouet a remplacé la quenouille, et le rouet à son tour est depuis près d'un siècle relégué dans l'histoire. M. Carroll D. Wright a pris l'outillage du travail à la main à différents degrés

(1) *Précis d'économie politique*, par E. Levasseur, p. 40.

(2) L'enquête a été autorisée par acte du Congrès du 15 août 1894, et elle a commencé au mois de novembre de la même année.

(3) 678 même, en y comprenant 6 numéros consacrés à la fin du volume au transport des passagers.

(4) Voici un exemple (voir p. 220 et 221) de la manière dont l'enquête a été conduite. C'est le n° 468 de l'enquête, relatif à la fabrication des clous (p. 1321 de l'enquête); chacune des opérations est analysée de la manière suivante : 1° pour la méthode à la main; 2° pour la méthode à la machine.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Manufactures : Nails.

OPERATION NUMBER.	WORK DONE.	MACHINE. IMPLEMENT OR TOOL USED.	MOTIVE POWER.
			HAND
		Unit. 468. — Nails : 20 900. 4 penny	
7 *a*	Heating iron strips and cutting blanks for nails. . .	Forge and cutting machine.	Hand.
7 *b*	Heating blanks and heading and finishing nails. . .	Forge, nippers, vise hammer, etc.	Hand.
10-12 17	Inspecting, weighing, and boxing nails, and overseeing establishment.	Steelyards, hammer, etc.	Hand.
			MACHINE
		Nails : 20 900. 4 penny steel	
1	Cutting steel plates into lengths.	Shears.	Steam.
2	Conveying plates to pickling room.	Trucks.	Hand.
3	Cleaning plates in acid.	Wooden troughs, copper holders, etc.	Hand.
4	Conveying plates to strippers.	Trucks.	Hand.
5	Stripping plates to size.	Plate strippers and tongs.	Steam and hand.
6	Conveying strips to nail machine..	Trucks.	Hand.
7	Cutting nail.	Automatic nail machine.	Steam.
8	Conveying nails to hopper.	Truck.	Hand.
9	Dumping nails into hopper.	None used.	»
10	Inspecting and weighing nails.	Scales.	Hand.
11	Packing nails in kegs.	Iron rake and shaker.	»
12	Heading kegs	Hammer.	Hand.
13	Conveying nails to storeroom.	Tramway car.	Hand.
14	Stenciling size on kegs and piling them.	Brush, stencil, and chute.	Hand.
15	Keeping machinery and tools in order.	Machinists' tools.	» » »
16	Keeping machinery and in order.	Blacksmiths' tools.	Hand. » »
17	Overseeing establishment.	None used.	»
18	Furnishing power	Engine.	Steam.
19	Firing boiler	Shove, poker, etc.	Hand.
20	Watching establishment	None used.	»

Spikes and Tacks.

PERSONS NECESSARY on one machine.	NUMBER and SEX.	OCCUPATION.	AGE.	TIME WORKED.	PAY OF LABOR. RATE.	PAY OF LABOR. PER.	LABOR COST.	OPERATION NUMBER.
				h. m.	dollars.		dollars.	
METHOD								
Iron cut nails, 73 per pound.								
1	1 M	Blank cutter.	38	116-38 3	0,87 1/2	Day.	9 2780	7 *a*
1	1 M	Nail maker.	35	116-38 3	1,00	Day.	10 6035	7 *b*
1	1 M	Foreman.	50	3-8 7	1,25	Day.	» 3574	10-12 17
METHOD								
Cut nails 209 per pound.								
1	2 M	Shearmen.	30-45	3 0	1,12 1/2	Day.	» 0056	1
1	7 M	Truckmen.	39-50	5 0	0,95	Day.	» 0079	2
3	6 M	Scalers.	30-35	8 6	1,00	Day.	» 0143	3
1	7 M	Truckmen.	30-40	5 0	0,95	Day.	» 0079	4
1	4 M	Strippers.	28-36	6 0	1,10	Day.	» 0110	5
1	5 M	Truckmen.	30-40	7 5	0,95	Day.	» 0119	6
»	9 M	Nailers.	31-45	12 5	17,00	100 lbs.	» 1700	7
»	27 M	Nailers' Helpers.	21-25	37 5				
1	1 M	Truckman.	40	1 5	0,95	Day.	» 0024	8
»	1 M	Dumper.	30	1 5	0,95	Day.	» 0024	9
1	1 M	Inspector.	30	1 5	1,40	Day.	» 0035	10
1	1 M	Packer.	35	1 5	1,06 1/2	Day.	» 0027	11
1	1 M	Header.	28	1 5	1,06 1/2	Day.	» 0027	12
1	1 M	Laborer.	28	1 5	0,95	Day.	» 0024	13
1	1 M	Warehouseman.	35	1 5	1,28	Day.	» 0032	14
1	1 M	Machinist.	38	1 5	2,00	Day.	» 0050	15
	1 M	Machinist.	36	1 5	1,75	Day.	» 0044	»
1	1 M	Machinist.	40	1 5	1,50	Day.	» 0038	»
	1 M	Blacksmith.	35	1 5	2,14	Day.	» 0054	16
	1 M	Blacksmith's Hepper	32	1 5	1,10	Day.	» 0028	»
»	1 M	Foreman.	58	1 5	100,90	Month.	» 0096	17
»	1 M	Engineer.	40	1 5	2,50	Day.	» 0063	18
»	1 M	Fireman.	45	1 5	1,40	Day.	» 0035	19
»	1 M	Watchman.	52	1 8	1,50	Day.	» 0038	20

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de perfectionnement; il suffisait que le moteur fût le bras de l'homme et non une force mécanique.

Pareille enquête n'avait jamais été faite, d'après un plan uniforme, sur un tel nombre de cas, avec le même détail et le même souci de la précision. L'enquête du Commissaire du travail est un document important de l'observation statistique appliquée à la constatation d'une loi économique. En choisissant mon sujet, j'ai eu particulièrement l'intention de vous la faire connaître.

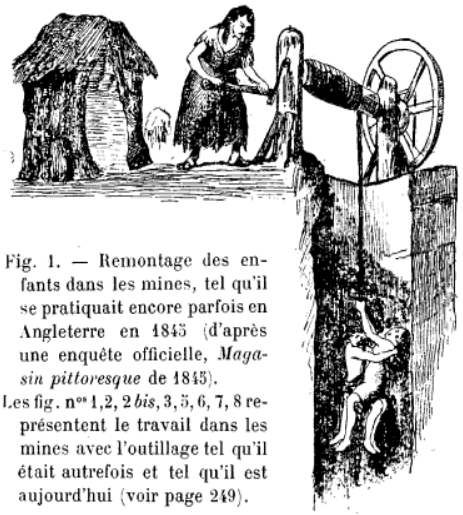


Fig. 1. — Remontage des enfants dans les mines, tel qu'il se pratiquait encore parfois en Angleterre en 1845 (d'après une enquête officielle, *Magasin pittoresque* de 1845).
Les fig. nos 1, 2, 2 *bis*, 3, 5, 6, 7, 8 représentent le travail dans les mines avec l'outillage tel qu'il était autrefois et tel qu'il est aujourd'hui (voir page 249).

Le mois dernier, j'écrivais à M. Carroll D. Wright pour le féliciter de ce travail, et je lui disais, qu'ayant pour principe de chercher les lois économiques dans l'observation des faits, je voyais avec satisfaction, dans *Hand and Machine Labor*, la démonstration expérimentale du *Paradoxe économique*. Il m'a répondu que ce paradoxe lui paraissait établir une loi nouvelle en économie politique. Nouvelle, je ne le prétends pas; mais conforme à la réalité et utile à enseigner, j'en suis convaincu.

Des 672 cas de l'enquête, j'en ai détaché une soixantaine, les prenant, sans parti pris, dans l'agriculture, les mines, les transports et dans les 83 industries manufacturières que comprend cette enquête, et j'en ai dressé le tableau ci-joint (voir p. 224 et 225).

Je dois vous faire observer tout d'abord que M. Carroll D. Wright n'a pas voulu embrasser la question des machines tout entière, laquelle est très complexe. Il n'a cherché le rapport des dépenses ni en matières, ni en outillage, ni en frais généraux. Il n'a pas cherché non plus ni le coût de production, ni le prix de vente, ni le profit de l'entrepreneur. C'est uniquement la main-d'œuvre qu'il a visée, son questionnaire ayant porté sur les quatre points suivants :

Nombre d'ouvriers employés;
Nombre d'opérations nécessaires pour créer le produit;
Total du temps employé par les ouvriers qui ont collaboré à l'exécution du travail;
Somme totale payée en salaire aux susdits ouvriers.

Du tableau ci-joint, je tire çà et là quelques exemples, que nous allons analyser ensemble.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les trois premiers sont du ressort de l'*agriculture :* fabrication des charrues, culture d'un champ de blé, fabrication du beurre.

Voici la comparaison de la fabrication de 10 charrues par les deux procédés, les charrues faites à la main étant en bois et les charrues faites à la machine étant en fonte :

FABRICATION DE 10 CHARRUES

(N° 20 de l'enquête et n° 1 du tableau ci-joint.)

	Nombre d'ouvriers qui ont concouru à la production.	Nombre d'opérations de la main-d'œuvre.	Nombre d'heures employées par les ouvriers.	Dépenses totale en main-d'œuvre.
				Dollars.
Fabrication à la main. . . .	2	11	1 180^{h}	54,46
— à la machine . .	52	97	37 28′	7,90

Ainsi, avec la machine, la division du travail a été beaucoup plus grande, puisqu'il y a eu 52 ouvriers employés faisant 97 opérations, au lieu de 2 ouvriers faisant 11 opérations. Cependant, il a fallu trente et une fois moins de temps et la dépense en salaire a été sept fois moindre. Les deux objets ne sont pas exactement semblables, puisque à la main on fait des charrues en bois, avec soc en fer; faites à la machine, les charrues sont en fonte et en acier. Mais elles servent au même usage et les charrues de fonte valent mieux.

L'ouvrier a-t-il perdu au changement? Non, certes, quant au taux de son salaire, puisque le prix de l'heure pour le travail à la machine ressort à 21 cents, tandis qu'elle n'est que de 4,6 cents à la main.

CULTURE D'UN ACRE PRODUISANT 20 BOISSEAUX DE BLÉ

(N° 26 de l'enquête et n° 2 du tableau.)

	Nombre d'ouvriers employés.	Nombre d'opérations.	Nombre d'heures employées par les ouvriers.	Dépense totale en main-d'œuvre.
				Dollars.
Culture à la main.	8	4	61^{h}5′	3,55
— à la machine. . . .	5	6	3 19′	0,66

Cette culture comprend toutes les opérations, depuis le labour jusqu'au battage et à la mise en sac du grain. A la main et avec la charrue en bois, la traction est faite par des bœufs; à la machine, avec la charrue en fer munie d'un disque pour couteau, le semoir, la moissonneuse-lieuse et la batteuse mécanique, la traction est faite par des chevaux. Le labourage a exigé 6 heures 40 minutes avec la charrue en bois traînée par 2 bœufs; avec la charrue munie de 10 disques

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ANNÉE DE LA PRODUCTION.	N° D'ORDRE.	MARCHANDISES EN TRAVAIL.	NOMBRE D'OPÉRATIONS nécessaires pour fabriquer le produit.	NOMBRE D'OUVRIERS employés.	TEMPS EMPLOYÉ simultanément ou successivement par tous les ouvriers employés.	COUT TOTAL de la main-d'œuvre.	PRIX PAYÉ à la main-d'œuvre par heure.
					heures.	dollars.	dollars.
»	1	Charrues (Plows) : façon de 10 charrues.					
		A la main	11	2	1180 »	54,46	0,046
1896		**A la machine**	97	52	37 28	7,90	0,21
1829-1830	2	Froment (culture de 1 acre, labour, semailles, moisson 7.20 boisseaux)					
		A la main	8	4	61 5	3,55	0,058
1895-1896		**A la machine**	5	6	3 19	0,66	0,21
	3	Maïs (culture de 1 acre, labour, semailles, moisson 40 boisseaux) :					
		A la main	15	6	182 40	14,31	0,078
1894		**A la machine**	15	23	27 30	4,23	0,15
	4	Tabac (culture de 1 acre, récolte de 1 500 livres) :					
1853		A la main	22	4	341 23	23,35	0,074
1895		**A la machine**	20	10	252 54	25,11	0,099
	5	Beurre (500 livres) :					
1866		A la main	7	3	125 »	10.6	0,085
1897		**A la machine**	8	7	12 30	1,78	0,14
	6	Fromage (500 livres) :					
1890		A la main	8	1	75 »	7,50	0,10
1896		**A la machine**	14	3	5 24	0,85	0,16
	7	Conserves de pommes (100 douzaines de boîtes de 1 gallon) :					
1871		A la main	16	95	633 »	35,53	0,054
1894		**A la machine**	14	73	234 »	21,58	0,092
	8	Essieux de voitures (400 essieux) :					
1850		A la main	6	2	466 40	56,93	0,12
1897		**A la machine**	24	33	43 25	8,20	0,19
	9	Buggy (1 voiture) :					
1865		A la main	64	6	200 25	54,66	0,27
1895		**A la machine**	72	116	39 8	8,06	0,20
	10	Charrette de ferme (1 voiture) :					
1848		A la main	37	5	242 »	35,35	0,14
1895		**A la machine**	63	75	48 17	7,18	0,15
	11	Mouvements de montre (1 000 mouvements) :					
»		A la main	453	14	241 866 »	80 822 »	0,33
1896		**A la machine**	1 088	(?)	8243 »	1 799 »	0,21
	12	Vêtements d'homme (100 habits) :					
»		A la main	22	6	3 301 »	803,91	0,24
1895		**A la machine**	28	71	1 375 »	261,83	0,19
1893	13	Cotonnade, croisé (500 yards) [218 yards à la livre] :					
		A la main	19	3	7 534 »	135,61	0,018
1895		**A la machine**	43	252	84 »	6,81	0,080

	14	Chemises d'homme (12 douzaines : chemises blanches, mousseline, non blanches) :					
1853		A la main	25	1	1 439 »	180 »	0,12
»		**A la machine**	39	230	188 »	34,20	0,18
	15	Bottes à bon marché (100 paires) :					
1859		A la main	83	2	1 436 »	408,50	0,28
1895		**A la machine**	122	113	154 »	35,40	0,23
	16	Bottines fines de femme (100 paires) :					
1875		A la main	102	1	1 996 40	499.17	0,25
1896		**A la machine**	140	140	173 29	54,65	0,31
	17	Clous (20 900 clous) :					
1813		A la main (4 penny, iron cut nails, 73 per pound)	3	3	236 25	20,24	0,086
1897		**A la machine** (4 penny, steel cut nails, 209 per pound)	20	83	1 49	0,29	0,13
	18	Pain (pains d'une livre) [1 000 livres] :					
1897		A la main	11	1	28 »	5,60	0,20
1897		**A la machine**	16	12	8 56	1,55	0,18
	19	Tapis de Bruxelles (1 000 yards) :					
1850		A la main	15	18	4 047 »	270 »	0,066
1895		**A la machine**	41	81	509 »	91,26	0,17
	20	Lits en bois dur (12 lits, 4 pieds 6 pouces de large, la douz.) :					
1866		A la main	10	5	571 »	141 »	0,24
»		**A la machine**	35	52	41 »	6,07	0,14
	21	Bureaux (en chêne, 4 tiroirs, etc., la douzaine) :					
1866		A la main	18	1	443 »	110,75	0,25
1897		**A la machine**	21	36	108 »	21,72	0,20
	22	Chaises cannées (en chêne, la douzaine) :					
1860		A la main	12	4	114 »	17,10	0,15
1895		**A la machine**	44	23	40 57	4,75	0,11
	23	Gants (la douzaine) :					
1895		A la main	10	6	25 34	1,80	0,070
1895		**A la machine**	16	16	10 23	1,98	0,15
	24	Tuyau en fonte (100 pieds) :					
1835		A la main	5	4	31 24	11,04	0,35
1895		**A la machine**	11	11	10 32	1,70	0,16
	25	Tables de marbre (25 pieds carrés) :					
1852		A la main	1	2	6 000 »	500 »	0,083
1895		**A la machine**	3	3	11 »	2,39	0,21
	26	Aiguilles courbes pour machine à coudre (1 000 aiguilles) :					
1851		A la main	18	4	906 »	133,24	0,14
1895		**A la machine**	27	57	19 »	3,74	0,19
	27	Portes en pin blanc (50 portes) :					
1895		A la main	12	1	541 40	108,33	0,20
1895		**A la machine**	20	9	49 50	7,48	0,15
	28	Cigarettes (100 000) :					
1880		A la main	11	27	990 »	97,45	0,098
1895		**A la machine**	13	18	148 58	11,48	0,077
	29	Transport du minerai de fer dans le wagon (100 tonnes) :					
1891		A la main	1	1	200 »	40 »	0,20
1896		**A la machine**	3	10	2 51	0,55	0,22

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et traînée par 12 chevaux, il a duré 1 heure. Les semailles ont pris à la main 1 heure 15 minutes, et avec le semoir 15 minutes; le hersage a pris 2 heures 30 minutes par l'ancienne méthode, et 12 minutes par la nouvelle.

La machine qui fait le plus vite le travail (ce n'est pas celle qui a été employée dans le cas que nous citons, mais elle l'a été dans d'autres) est composée de six

Fig. 2. — Machine d'extraction du temps d'Agricola (1560).

rangées de quatre socs chacune qui, coupant 10 pouces par soc, labourent en même temps une largeur de 240 pouces (6m,10) et, tout en labourant, sème et herse. Cette machine qui, dit le statisticien, représente aujourd'hui le dernier degré de perfection, ne peut être employée avec avantage que dans la grande culture sur un terrain uni.

La moisson par l'ancienne méthode est faite à la faucille; le bottelage est fait à la main; le battage est fait au fléau; la paille est mise en meule avec la fourche. La nouvelle méthode emploie la moissonneuse-batteuse, à l'aide de laquelle la paille se range automatiquement. Ces opérations, qui exigent

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

46 heures 40 minutes par l'ancienne méthode, se font en 1 heure par la nouvelle.

Le travail à la main a été étudié sur une récolte totale de 200 boisseaux, faite en 1829-1830. L'exemple de la nouvelle méthode a été pris sur une culture faite en 1895-1896 qui a rendu 20 000 boisseaux. Les nombres ont été ramenés, afin d'être comparables, à la culture d'un acre produisant 20 boisseaux. Dans le premier cas, la culture d'un acre a employé 4 hommes et 2 bœufs; dans

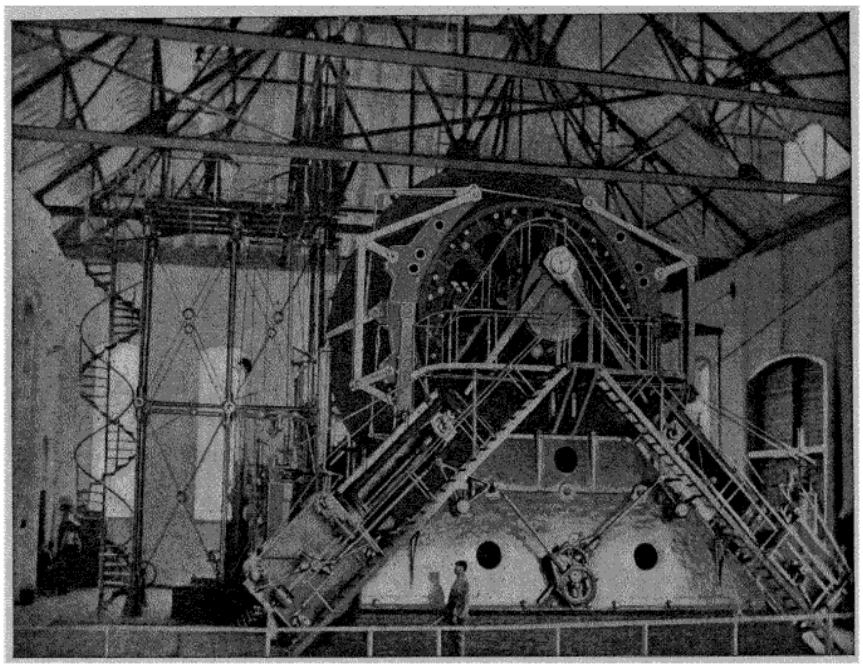


Fig. 2 *bis.* — Machine d'extraction de la mine de Tamarak (voir le *Bulletin* d'octobre 1899, p. 1471).

le second, 6 hommes et 36 chevaux; la journée de travail, dans les deux cas, a été de 10 heures.

Donc, dans cette culture, le nombre des ouvriers est moindre à la machine et le nombre des opérations n'est pas beaucoup plus grand. Mais la différence de temps est considérable et celle de la dépense en main-d'œuvre l'est aussi. Le statisticien ne fait pas, il est vrai, figurer dans le calcul le travail des animaux, qui coûte plus dans le second cas que dans le premier, mais qui forme un compte à part rentrant dans le chapitre machine.

Un résultat ressort de cette espèce, comme de la précédente, c'est l'amélioration du salaire : l'heure revient à 0 fr. 20 par les procédés nouveaux; elle valait à peine 0 fr. 06 par les procédés anciens. L'emploi des machines est une des causes qui expliquent, dans l'agriculture comme dans l'industrie, le taux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

élevé des salaires (mais qui ne l'entraînent pas nécessairement toujours). C'est aussi, avec le bas prix de la terre, une des causes qui expliquent comment les cultivateurs américains, tout en payant cher leurs ouvriers, peuvent livrer leur blé à bon marché, et par conséquent c'est un des côtés de la question agricole sur lequel il est bon d'appeler l'attention des cultivateurs français.

La machine a produit aussi, dans la manutention et le transport du blé, de très grandes économies de temps et d'argent : avec des hottes et des pelles, il fallait 10 heures pour décharger un bateau contenant 1 000 boisseaux de blé; le travail se fait en 15 minutes dans un élévateur.

FABRICATION DE 500 LIVRES DE BEURRE

(N° 264 de l'enquête et n° 5 du tableau ci-joint.)

	Nombre d'ouvriers employés.	Nombre d'opérations.	Nombre d'heures employées par les ouvriers.	Dépense totale en main-d'œuvre. Dollars.
A la main.	3	7	12^{h}5	10,66
A la machine . . .	7	8	12 30′	1,78

Le nombre des ouvriers et celui des opérations est plus grand à la machine qu'à la main; en même temps le beurre est fait dix fois plus vite et coûte six fois moins.

Je passe à l'*industrie manufacturière*, et j'en détache huit exemples.

FABRICATION DE 400 ESSIEUX DE VOITURES

(N° 143 de l'enquête et n° 8 du tableau ci-joint.)

	Nombre d'ouvriers employés.	Nombre d'opérations	Nombre d'heures employées par les ouvriers.	Dépense totale en main-d'œuvre. Dollars.
A la main. . . .	2	6	466^{h}40′	56,93
A la machine . .	33	24	43 25′	8,20

Dans ce cas, il y a beaucoup plus d'ouvriers et d'opérations avec la machine; mais, comparativement au travail à la main, on n'emploie guère que 1/10 du temps et on ne dépense que 1/7 du salaire.

FABRICATION DE 1 000 MOUVEMENTS DE MONTRE

(N° 205 de l'enquête et n° 11 du tableau ci-joint.)

	Nombre d'ouvriers employés.	Nombre d'opérations.	Nombre d'heures employées par les ouvriers.	Dépense totale en main-d'œuvre. Dollars.
A la main.	14	433	241 866^{h}	80 822
A la machine . . .	?	1 088	8 343	1 799

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cette industrie étant une de celles qui exigent les ouvriers les plus habiles et que la machine a le plus transformées, l'économie de temps est dans le rapport de 30 à 1, et l'économie de salaire dans le rapport de 40 à 1. Dans ce cas l'ouvrier en moyenne gagne moins par heure, parce qu'il n'est plus nécessaire de recourir à des ouvriers aussi habiles.

FABRICATION DE 500 YARDS (460 MÈTRES) DE COTONNADE CROISÉE

(N° 243 de l'enquête et n° 13 du tableau ci-joint.)

	Nombre d'ouvriers employés.	Nombre d'opérations.	Nombre d'heures employées par les ouvriers.	Dépense totale en main-d'œuvre. Dollars.
A la main.	3	19	7 534h	135,61
A la machine. . .	252	43	84	6,81

La mécanique exige un nombre d'opérations beaucoup plus considérable; mais la dépense en temps est réduite de 80 à 1, et la dépense en argent de 20 à 1 environ.

Dans un autre exemple (n° 246 de l'enquête) la différence est moindre : 5 605 heures à la main et 84 à la machine. Mais, dans la filature (n° 243), la différence est plus grande : 2546 heures à la main et 10 heures 1/2 à la machine.

FABRICATION DE 100 PAIRES DE BOTTES A BON MARCHÉ

(N° 69 de l'enquête et n° 15 du tableau ci-joint.)

	Nombre d'ouvriers employés.	Nombre d'opérations.	Nombre d'heures employées par les ouvriers.	Dépense totale en main-d'œuvre. Dollars.
A la main.	2	83	1 436h	408,50
A la machine. . .	113	122	154	35,40

La division extrême du travail dans cette industrie à la mécanique est attestée par le nombre des opérations. On emploie 1/9 du temps; on dépense 1/12 en salaire. La moyenne du salaire, tout au moins du salaire nominal, a baissé.

FABRICATION DE 20 900 CLOUS

(N° 468 de l'enquête et n° 17 du tableau ci-joint.)

	Nombre d'ouvriers employés.	Nombre d'opérations.	Nombre d'heures employées par les ouvriers.	Dépense totale en main-d'œuvre. Dollars.
A la main.	3	3	236h25′	20,24
A la machine. . .	83	20	1 49′	0,29

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les produits, sans être identiques, servent aux mêmes usages et sont comparables. Ils exigent à la mécanique le concours de beaucoup plus d'ouvriers ; mais le temps de la fabrication est réduit dans la proportion de 1 à 150 environ et le salaire dans la proportion de 1 à 100 : économie énorme.

FABRICATION DE 1 000 LIVRES DE PAIN, EN PAINS D'UNE LIVRE

(N° 91 de l'enquête et n° 18 du tableau ci-joint.)

	Nombre d'ouvriers employés.	Nombre d'opérations.	Nombre d'heures employées par les ouvriers.	Dépense totale en main-d'œuvre. Dollars.
A la main.	1	11	28h	5,60
A la machine. . .	12	16	8 56′	1,55

Le temps dépensé est dans la proportion de 1 à la machine contre 3 à la main ; la dépense en main-d'œuvre, dans la proportion de 1 à 4. La fabrication se fait plus proprement et l'économie est une très sérieuse considération pour un aliment de première nécessité.

FABRICATION DE 12 LITS EN BOIS DUR DE 4 PIEDS 7 POUCES DE HAUTEUR, 4 PIEDS 6 POUCES DE LARGEUR

(N° 314 de l'enquête et n° 20 du tableau ci-joint.)

	Nombre d'ouvriers employés.	Nombre d'opérations.	Nombre d'heures employées par les ouvriers.	Dépense totale en main-d'œuvre. Dollars.
A la main.	5	10	571h	141,90
A la machine . . .	52	35	41	6,07

On emploie à la machine dix fois plus d'ouvriers ; mais ils prennent en tout 13 fois moins de temps ; ils reçoivent un salaire environ 20 fois moindre.

TABLE DE MARBRE (25 PIEDS CARRÉS OU 2m²,32)

(N° 452 de l'enquête et 25 du tableau ci-joint.)

	Nombre d'ouvriers employés.	Nombre d'opérations.	Nombre d'heures employées par les ouvriers.	Dépense totale en main-d'œuvre. Dollars.
A la main.	2	1	6 000h	500
A la machine . . .	3	3	11 10′	2,39

Le polissage à la main exige un temps considérable ; la machine en prend environ 600 fois moins ; aussi la dépense en salaire est-elle 200 fois moindre, quoique l'ouvrier soit plus payé.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le dernier exemple est tiré de l'*industrie des transports*.

TRANSPORT DE 100 TONNES DE MINERAI DE FER DANS LE WAGON

(N° 667 de l'enquête et n° 29 du tableau ci-joint.)

	Nombre d'ouvriers employés.	Nombre d'opérations.	Nombre d'heures employées par les ouvriers.	Dépense totale en main-d'œuvre.
				Dollars.
A la main.	1	1	200h	40
A la machine. . .	10	3	2 51′	0,55

Économie considérable d'argent et plus encore de temps.

IV

QUELQUES CONCLUSIONS RÉSULTANT TOUT D'ABORD DE L'ENQUÊTE

Des exemples que nous venons d'analyser et de l'enquête entière, ressortent clairement trois conclusions :

1° Le *nombre des ouvriers* et le *nombre des opérations* est *plus grand*, et presque toujours beaucoup plus grand, dans le travail à la machine que dans le travail à la main. C'est une conséquence de la *division du travail*, qui est une des conditions essentielles de l'emploi des machines. Dans le travail à la main, le même ouvrier fabrique quelquefois tout l'objet en passant successivement d'une opération à l'autre : ce qui occasionne des pertes de temps. Le tisseur à la main, d'après le témoignage de M. Imbs, perdait en dérangements divers la moitié de son temps ; il ne perd qu'un dixième à la mécanique ; dans le travail à la main, la diversité des opérations faites par le même ouvrier ne lui permet pas d'ordinaire de devenir aussi habile que s'il exécutait toujours le même travail. Dans le travail à la machine, au contraire, l'ouvrier fait constamment la même chose et la fait avec l'outillage le mieux adapté à cette chose ; il la fait donc beaucoup plus vite. Exemple : un cordonnier fabriquait autrefois de toutes pièces un soulier ; aujourd'hui, dans un atelier de Lynn (Massachusetts), j'ai constaté que cinquante-deux ouvriers ou ouvrières avaient donné chacun une façon pour la fabrication d'une bottine de femme ; mais chacune de ces façons : percer les boutonnières, les ourler, poser les boutons, etc., durait à peine quelques secondes, grâce à la rapidité de la machine, et l'ouvrière en faisait plus d'un millier par jour ;

2° Le *nombre total d'heures* nécessaires pour exécuter un travail est *beaucoup moindre* à la machine qu'à la main, parce que les ouvriers sont armés d'un outillage qui est infiniment plus efficace, animé d'un mouvement infiniment plus rapide que la main humaine, en même temps qu'il est beaucoup plus puissant

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

là où la puissance est nécessaire, beaucoup plus délicat là où la délicatesse est requise, et qu'il donne, dans beaucoup de cas, des résultats meilleurs, soit qu'ils soient plus précis, soit qu'ils soient plus semblables les uns aux autres.

L'*économie de temps* est le résultat le plus saillant de la machine. Les 672 espèces de l'enquête sont trop différentes par le genre des industries, par la quantité et la valeur des produits, pour qu'on puisse additionner les nombres qui s'y rapportent et en tirer une moyenne acceptable en statistique : la statistique ne doit additionner que des quantités de même nature. Toutefois, si on se hasarde à compter le total des heures, on en trouve, pour les 672 cas, environ 730 000 pour le travail à la main et 56 600 pour le travail à la machine ; ce qui correspondrait, en nombre rond, à 13 fois moins dans le second cas que dans le premier : indice approximatif de l'économie de temps.

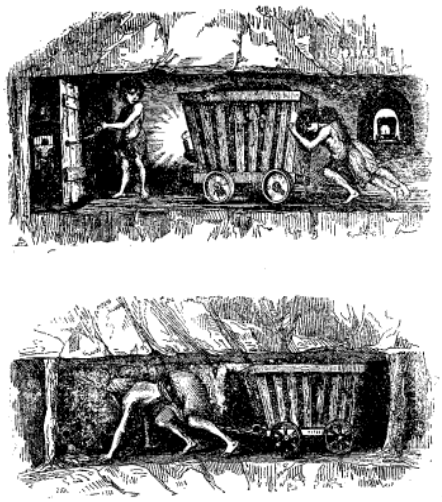


Fig. 3. — Procédés de roulage en usage dans certaines mines d'Angleterre en 1845, d'après une enquête officielle (*Magasin pittoresque* de 1845).

3° Par suite de la réduction du nombre total d'heures, la *dépense totale en main-d'œuvre se trouve très réduite. L'économie d'argent* est considérable. Cependant, la diminution du coût de la main-d'œuvre est, dans un grand nombre de cas, proportionnellement moindre que la diminution du temps employé : d'où il résulte, dans ces cas, qu'en moyenne, l'heure a été payée plus cher.

Il est vrai que cette augmentation ne se manifeste pas dans tous les cas. Car, si l'on fait l'addition de tous les salaires payés dans les 672 cas de l'enquête de M. Carroll D. Wright, comme nous venons de faire l'addition des heures, on trouve 190 838 dollars pour le travail à la main et 12 185 dollars pour le travail à la machine, soit environ 15 fois 1/2 moins. La diminution de la somme payée en salaires paraît donc plus forte que la diminution du temps : d'où il y aurait baisse du salaire moyen. M. Carroll D. Wright, dans l'introduction, déclare que, vu l'état des renseignements obtenus, la comparaison des deux méthodes de travail offre plus de garanties d'exactitude relativement au temps que relativement au salaire (1).

(1) ... Comparisons as to the relative amount of work which has been accomplished under the two methods may be made more safely with the « time worked » as a basis than with the « labor cost ». *Hand and Machine Labor*, t. Ier, p. 23.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

V

INFLUENCE D'UNE MONNAIE DÉPRÉCIÉE

Nous reviendrons tout à l'heure sur la question du salaire ; mais il est utile de vous faire remarquer immédiatement une des causes qui font paraître, dans l'enquête américaine, les salaires actuels inférieurs aux salaires d'il y a vingt ans, sans que l'infériorité soit réelle.

Les prix à la machine sont des prix actuels, comptés en monnaie dont l'or est l'étalon. Les prix à la main sont pour la plupart des prix anciens dont une vingtaine au moins proviennent de la période 1861-1877, pendant laquelle, les États-Unis étant au régime du papier-monnaie, les prix de toutes choses étaient très exagérés. D'où il résulte que la diminution d'une partie des prix de main-d'œuvre consignés dans l'enquête n'est qu'une apparence trompeuse (1).

Le graphique ci-joint, que j'ai dressé à l'aide des statistiques insérées dans le grand rapport du sénateur Aldrich, vous montre (voir la figure ci-jointe n° 4) l'influence de cette dépréciation de la monnaie. Une des deux courbes, celle des

(1) Après la conférence, j'ai écrit à M. Carroll D. Wright, pour lui demander si je ne m'étais pas trompé en attribuant en partie au papier-monnaie déprécié la diminution du salaire nominal pour certains des cas de l'enquête. Voici sa réponse :

Department of Labor. Washington, D. C.
January 22, 1900.

Dear Doctor Levasseur :

Yours of the 4th inst. at hand.

In regard to the lower wage cost which you find under machine labor, I would say that wherever found it has various causes, among which the chief ones are. First, the greater proportion of women and children and general, unskilled labor under machine production; that is, the machine has made it possible for this class of people to be employed where they were not employed before the introduction of machines.

Second. Payment in paper money during the years from 1862 to 1867, as mentioned by you, may be considered as one of the chief causes.

With the cordial wishes of the new year.

I am, sincerely yours,

CARROLL D. WRIGHT,
Commissioner.

Dr Émile Levasseur,
26, rue Monsieur-le-Prince,
Paris, France.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

articles de consommation ordinaire, a monté de 100, valeur en 1860 prise comme « Index number », à près de 217, c'est-à-dire que le prix nominal a plus que doublé; puis ce prix a rapidement baissé quand la confiance est revenue après le triomphe du Nord, et est descendu depuis 1884 au-dessous du niveau de 1860, conséquence du progrès industriel qui tendait au bon marché. L'autre courbe, celle du salaire moyen, monte aussi, mais elle monte moins haut jusqu'en 1865 et même jusqu'en 1867. Elle est pour ainsi dire tirée en hausse par la courbe des marchandises; c'est-à-dire que, les dépenses de la vie augmentant, les ouvriers demandent et obtiennent un supplément de salaire; toutefois, ce

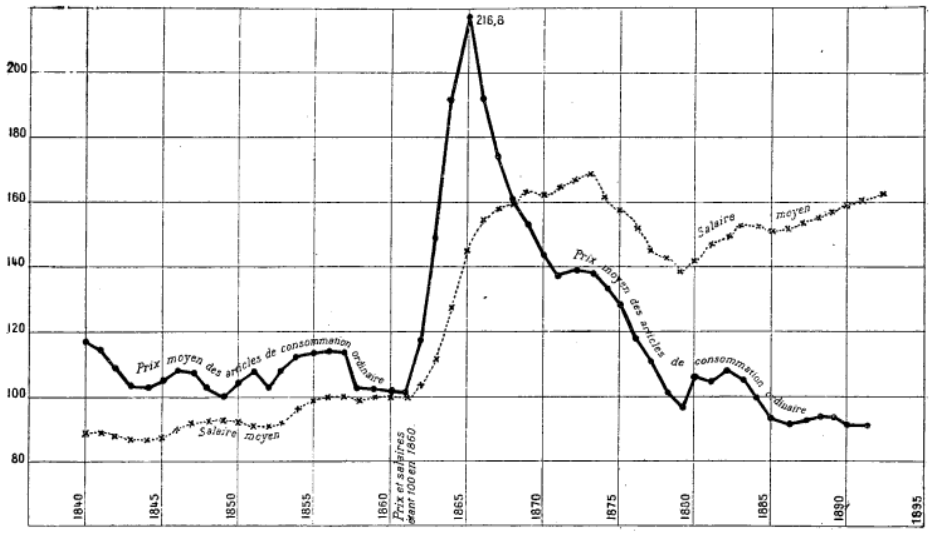


Fig. 4. — Comparaison du salaire et du prix des marchandises en gros aux États-Unis.

supplément ne suffit pas à compenser les effets du renchérissement, et la classe ouvrière est lésée.

C'est l'effet ordinaire des renchérissements subits. Je l'avais décrit, il y a quarante ans, dans *La question de l'or*, à propos du renchérissement qui a suivi la découverte des mines d'or de Californie et d'Australie. Je l'ai maintes fois signalé depuis ce temps. Ces deux courbes contiennent pour nous un avertissement; elles nous font voir le danger auquel la France s'exposerait si le gouvernement commettait aujourd'hui la faute d'autoriser la libre frappe de l'argent.

Puisque j'ai mis sous vos yeux ce graphique, dont je me sers dans mon enseignement, je vous prie d'y remarquer, qu'après le rétablissement de la bonne monnaie aux États-Unis, le taux des salaires a diminué beaucoup moins que le prix des marchandises, et qu'il a ensuite monté pendant que celui-ci continuait

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à descendre. C'est à l'activité industrielle du pays et à la demande croissante de travail que cet heureux résultat est dû. Si bien, qu'étant donnée une quantité de marchandises ayant en 1860 une valeur égale à 100, le salaire était incapable de les acheter en 1840, tandis qu'en 1891 il en achète une quantité beaucoup plus grande. Le salaire réel a augmenté plus encore que le salaire nominal (1).

(1) Je cite la fin du passage de *L'Ouvrier américain* (t. II, ch. VI, *Salaire réel et équilibre du budget ouvrier*, p. 189), dans lequel j'explique cet état des choses :

« Établissant la balance des budgets de la famille ouvrière en 1860 et en 1891 d'après la quantité proportionnelle des consommations de chaque espèce (y compris le logement), l'honorable M. Aldrich conclut que la famille en moyenne paye aujourd'hui 96,7 ce qui lui coûtait 100 il y a trente ans.

« L'auteur remonte même, bien qu'avec un moindre nombre de données, jusqu'en 1840. Calculé depuis cette date, le gain du salaire apparaît plus grand.

« En effet, ayant pris le salaire de l'année 1860 pour étalon et l'ayant représenté par l'indice 100, il a trouvé que ce même salaire était représenté par 88 en 1840 et par 160 en 1890 ; le salaire nominal a donc presque doublé en un demi-siècle. Cette augmentation, qui avait été lente jusqu'en 1860, et très rapide de 1861 à 1873, a fait place à une réduction (plus apparente que réelle) de 1873 à 1879 et a recommencé à se produire par une lente ascension de 1879 à 1891.

« Le prix moyen des marchandises, étant représenté également par l'indice 100 en 1860, se trouve l'être par 116 en 1840 et par 91 en 1891. Les marchandises ont donc, en somme, subi d'une extrémité à l'autre de la période une diminution de prix (prix de gros).

« La résultante de ces deux mouvements contraires est : 1° qu'en 1840, l'ouvrier recevant un salaire nominal, d'un pouvoir commercial égal à 88, ne pouvait se procurer qu'une portion du lot de marchandises qui valait 115; 2° qu'en 1891, avec une puissance d'achat égale à 160, l'ouvrier peut acquérir près de deux lots entiers de marchandises, puisque le lot ne vaut que 91; 3° que si le lot de ces marchandises représentait exactement la somme de ses consommations son salaire réel se serait accru d'environ 130 p. 100 pendant que son salaire nominal augmentait seulement d'environ 82 p. 100.

« Cette progression n'est pas aussi forte parce qu'achetant au détail, la famille ouvrière ne jouit pas de tout le bénéfice de la diminution des prix de gros ; et elle ne s'est pas produite d'une marche régulière, sans incident. Néanmoins, le profit, quel qu'il soit, a été doublé pour la classe ouvrière, par accroissement du salaire nominal et par accroissement du pouvoir commercial de l'argent. Ainsi, il a été une fois de plus démontré expérimentalement que le coût de la vie n'est pas la loi unique et inflexible du salaire. On constate des mouvements du même genre en Europe ; toutefois, comme autrefois, le prix moyen de beaucoup de marchandises était plus élevé en Amérique qu'en France et qu'aujourd'hui il l'est moins, l'ouvrier américain a probablement plus gagné que l'ouvrier français.

« Il y a eu toutefois une période, celle de 1861-1868, où il y a eu non un profit, mais perte pour l'ouvrier. L'émission des « greenbacks » augmentant démesurément le signe monétaire, produisait, par l'avilissement de la monnaie, une augmentation de tous les prix : mais, tandis que le prix des marchandises montait jusqu'à 216 en 1865, le salaire, qui s'élevait à la suite et comme à la remorque, n'était qu'à 144, si bien que l'ouvrier, qui en 1860 (salaire = 100 ; lot de marchandises = 100) aurait pu acheter 100 marchandises, en pouvait acheter à peine 67 en 1865. C'est avec raison qu'un des publicistes les plus connus du parti ouvrier, M. Mc Neill, dit que « pendant la guerre, le coût de la vie n'était plus en harmonie avec les salaires et que le mécontentement des ouvriers était général ». Heureusement pour la classe ouvrière, les salaires ont continué après 1865 à augmenter sous des influences diverses, pendant que dimi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

VI

RENSEIGNEMENTS DE SOURCE FRANÇAISE

Il était intéressant de mettre sur ce sujet quelques documents français à côté du document américain. Mais il n'existe aucune enquête statistique de ce genre en France ; le directeur du Travail m'a laissé espérer que le ministère du Commerce en entreprendrait une quelque jour. J'ai fait appel à mes collègues, particulièrement aux membres de la Société d'Encouragement pour l'industrie

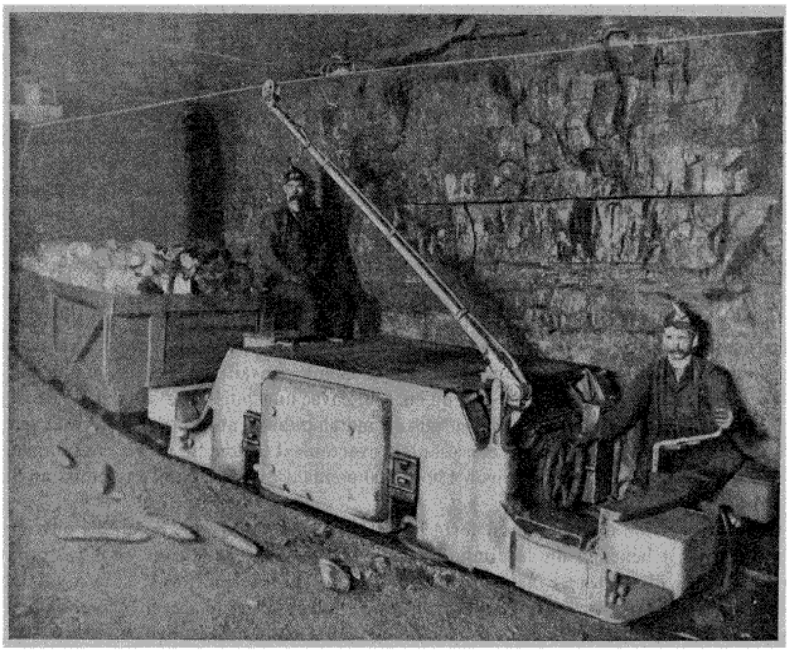


Fig. 5. — Traction électrique dans la mine de charbon de la *Lookout Coal C°*. Wyoming.

nationale et je les remercie de l'empressement que tous ont mis à me répondre. Malheureusement il est difficile de recueillir de tels renseignements dans des cadres uniformes; les praticiens, qui peuvent seuls nous renseigner avec précision, possèdent des chiffres relatifs au travail à la main ou au travail à la ma-

nuait le prix des marchandises sous des influences diverses aussi, et tout d'abord sous celle du retour à la bonne monnaie et du progrès de l'outillage.

« Quand, dans le parti ouvrier on affirme que la moyenne des salaires a diminué depuis la fin de la guerre, c'est qu'on ne voit pas ou qu'on ne veut pas voir cette balance. Or il importe de la mettre en évidence pour permettre de juger sainement l'évolution qui se produit depuis un demi-siècle dans la condition des personnes. »

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

chine, plutôt aujourd'hui à la machine qu'à la main, mais très rarement les chiffres comparés des deux méthodes.

M. Bechman, chef du service des eaux et de l'assainissement de la ville de Paris, est le seul qui ait pu remplir le cadre de M. Carroll D. Wright. Voici les quatre espèces qu'il m'a fournies.

ENLÈVEMENT DES CORPS LÉGERS (FUMIERS, BOUCHONS, ETC.) CONTENUS DANS LES EAUX D'ÉGOUT, A L'USINE DE CLICHY

	Nombre d'ouvriers employés.	Nombre d'opérations.	Nombre d'heures employées par les ouvriers.	Dépense totale en main-d'œuvre. Francs.
A la main.	3	5	3h18′	1,98
A la machine . . .	3	11	14′30″	0,46

EXTRACTION, TRANSPORT ET DÉCHARGEMENT D'UN MÈTRE CUBE DE FUMIERS, VASES ET DÉTRITUS PROVENANT DES EAUX D'ÉGOUT, A L'USINE DE COLOMBES

A la main.	8	6	2h6′	1,32
A la machine . . .	20	7	1 3′	0,70

DÉCHARGEMENT ET MISE EN DÉPOT D'UNE TONNE DE CHARBON A L'USINE DE COLOMBES

A la main.	11	8	2h	1,34
A la machine . . .	20	10	1 34′	1,14

Dans ces trois premiers cas le nombre d'ouvriers et le nombre d'opérations sont plus grands à la machine qu'à la main, et la machine procure, comme dans l'enquête américaine, mais avec beaucoup moins de différence dans les deux derniers cas, une économie de temps et d'argent.

Dans le quatrième, l'économie sur le nombre d'ouvriers, sur le temps et l'argent dépensés est considérable : 4 fois 1/2 moins de temps et 4 fois moins d'argent.

VISITES PUBLIQUES DANS LES ÉGOUTS A PARIS, TRACTION DES BATEAUX ET WAGONNETS

	Nombre d'ouvriers employés.	Nombre d'opérations.	Nombre d'heures employées par les ouvriers.	Dépense totale en main-d'œuvre. Francs.
A la main.	161	»	966h	579,60
A la machine . . .	34	»	204	142,95

M. Bechman nous a donné aussi la comparaison du percement d'un souterrain par le procédé du boisage et par le procédé du bouclier. Pour avancer d'un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mètre on a employé 430 heures à Clichy et 596 à Meudon par l'ancien procédé, 190 et 283 heures seulement par le nouveau (1).

(1) *Collecteur de Clichy (intra-muros).*

État comparatif de la main-d'œuvre employée par mètre courant, pour chaque profession :
A. — Avec le travail par bouclier.
B. — Avec le travail par boisages.

A. — Avec le travail par bouclier.

1° *Déblais.* — Le bouclier permet d'enlever toute la section. Le front d'attaque est divisé en trois étages. Les déblais sont chargés dans les wagons à l'aide d'un transporteur métallique.

Nombre d'heures d'ouvriers employées pour extraire et charger le déblai correspondant à 1 mètre de longueur de collecteur, c'est-à-dire 31 mètres cubes de déblais :

4 heures de chef de poste.
12 heures de piocheur à l'étage supérieur.
16 heures de piocheur à l'étage intermédiaire.
12 heures de piocheur à l'étage inférieur.
8 heures de chargeur à l'étage supérieur.
12 heures de chargeur à l'étage intermédiaire.
12 heures de chargeur à l'étage inférieur.
76 heures.

Ce nombre d'heures s'applique pour un front d'attaque formé de sable. Lorsque ce front d'attaque a été rocheux, le nombre d'heures a augmenté dans de très fortes et très variables proportions, suivant le degré de dureté et la quantité de roche à extraire.

Nous ne tenons pas compte de la main-d'œuvre pour l'évacuation des déblais chargés dans les wagons, cette main-d'œuvre étant la même lorsque le travail est exécuté avec le bouclier que lorsqu'il est exécuté à l'aide de boisages.

2° *Maçonnerie.* — La maçonnerie s'exécute directement à l'abri du bouclier. Aucune main-d'œuvre de boisage et de déboisage.

Nombre d'heures d'ouvriers employées pour construire la maçonnerie correspondante à 1 mètre de collecteur, soit $9^{m3},67$:

4 heures de chef maçon.
30 heures de maçon.
36 heures de manœuvre.
24 heures de cintreur.
114 heures.

De même que pour les déblais nous ne tenons pas compte de la main-d'œuvre de transport.

B. — Avec le travail par boisages.

1° *Déblais.* — Il a été exécuté environ 30 mètres de longueur de collecteur avec des boisages.

Il a été fait une galerie d'avancement de 10 mètres carrés de section. Le reste du cube a été enlevé en abatage.

Nombre d'heures d'ouvriers employées pour extraire le déblai de la galerie d'avancement

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Ringelmann nous a fourni sur les travaux agricoles des renseignements

correspondant à une longueur de 1 mètre de collecteur, soit 10 mètres cubes de déblais :

10 heures de chef de poste.
50 heures de boiseur.
30 heures de piocheur.
30 heures de chargeur.
120 heures.

Nombre d'heures d'ouvriers employées pour extraire le déblai d'abatage correspondant à une longueur de 1 mètre de collecteur, soit 21 mètres cubes :

24 heures de chef de poste.
100 heures de boiseur.
40 heures de piocheur.
40 heures de chargeur.
204 heures.

2° *Maçonnerie.* — Nombre d'heures d'ouvriers employées pour construire la maçonnerie correspondante à 1 mètre de longueur de collecteur, soit $9^{m3},67$, y compris le déboisage :

8 heures de chef maçon.
50 heures de maçon.
120 heures de manœuvre.
30 heures de boiseur.
24 heures de cintreur.
229 heures.

Total, 433 heures, contre 190 heures avec la machine.

Souterrain de Meudon (côté Versailles).

État comparatif de la main-d'œuvre employée par mètre courant, pour chaque profession :
A. — Avec le travail par bouclier.
B. — Avec le travail par boisages.

A. — Avec le travail par bouclier.

Le bouclier permet d'établir la voûte seulement, la comparaison ne s'applique donc qu'à cette partie du travail.

1° *Déblais.* — Le front d'attaque des déblais pour la voûte est divisé en deux étages. Les déblais sont chargés directement dans des wagonnets qui sont déversés dans les grands wagons arrivant dans le stross inférieur.

Nombre d'heures d'ouvriers employées pour extraire et charger le déblai correspondant à 1 mètre de longueur de souterrain, c'est-à-dire 32 mètres cubes :

6 heures de chef de poste.
40 heures de mineur à l'étage supérieur.
60 heures de mineur à l'étage inférieur.
80 heures de chargeur.
186 heures.

Le front d'attaque est formé par les marnes feuilletées au-dessus du gypse. Emploi accessoire de la mine.

Nous ne tenons pas compte de la main-d'œuvre pour l'évacuation des déblais chargés dans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

comparatifs d'où i résulte que le labour d'un hectare de terre prend 80 jours à la bêche et 2 1/2 seulement avec une charrue attelée de chevaux, que

les wagons, cette main-d'œuvre étant la même lorsque le travail est exécuté à l'aide de boisages.

2° *Maçonnerie.* — La maçonnerie de la voûte formée de moellons en agglomérés s'exécute directement à l'abri du bouclier. Aucune main-d'œuvre de boisage et déboisage. Pas de main-d'œuvre de cintrement, le cintre étant entraîné par le bouclier.

Nombre d'heures d'ouvriers employées pour construire la maçonnerie de la voûte correspondante à 1 mètre de longueur de souterrain, soit $10^{m3},40$:

5 heures de chef maçon.
32 heures de maçon.
60 heures de manœuvre.

97 heures.

B. — Avec le travail par boisages.

1° *Déblais.* — Pour la construction de la voûte par boisages, il a été fait d'abord une galerie d'avancement de 8 mètres carrés de section, le reste étant enlevé en abatage.

Nombre d'heures d'ouvriers employées pour le déblai de la galerie d'avancement correspondant à une longueur de 1 mètre de souterrain, soit 8 mètres cubes de déblai :

10 heures de chef de poste.
25 heures de boiseur.
50 heures de mineur.
35 heures de chargeur.

120 heures.

Nombre d'heures d'ouvriers employées pour extraire le déblai d'abatage correspondant à une longueur de 1 mètre de souterrain, soit 24 mètres cubes :

24 heures de chef de poste.
50 heures de boiseur.
120 heures de mineur.
50 heures de chargeur.

244 heures.

2° *Maçonnerie.* — Nombre d'heures employées pour construire la maçonnerie correspondante à 1 mètre de longueur de souterrain, soit $10^{m3},40$:

27 heures de chef maçon.
45 heures de maçon.
100 heures de manœuvre.
30 heures de boiseur.
30 heures de cintreur.

232 heures.

Total, 596 heures, contre 283 $\frac{3}{4}$ heures avec le bouclier.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la récolte d'un hectare de blé dure 3 jours à la sape et de 1/3 à 1/5 de jour avec la moissonneuse-lieuse (1).

M. Biver nous renseigne sur le polissage des glaces, lequel consiste en deux opérations, le dégrossissage et savonnage et le polissage proprement dit. A la main il fallait par mètre carré 112 heures (40 heures pour la première opération, 72 heures pour la seconde); à la machine, 3 h. 40 (pour 100 mètres 340 heures, dont 150 pour la première opération et 190 pour la seconde). C'est grâce à cette économie de travail, dit M. Biver, que le prix du mètre carré de glace, qui atteignait 200 francs au commencement du siècle, est tombé à 20 francs (2).

(1) Note de M. Ringelmann.

NOMBRE DE JOURNÉES PAR HECTARE

	Travail des hommes.	Travail des attelages et des machines. Chevaux.	Bœufs.
Labour à la bêche.	Sol facile. . . . 50 journées. Sol difficile. . . 80 —	Charrue. .	2 / $2\frac{1}{2}$ — $2\frac{1}{2}$ / 3
1° Labour à la houe.	Sol facile. . . . 20 — Sol difficile. . . 35 —		
2° Ensemencements à la volée	$\frac{1}{3}$ à $\frac{1}{5}$ de journée.		
Au semoir (2 à 3 hommes, 3 à 4 animaux). .	$\frac{1}{2}$ à $\frac{1}{4}$ (travail bien mieux exécuté.)		
3° Récolte des foins.	Faux. . . . $2\frac{1}{2}$ à 3 journées. Fanage. . . . $2\frac{1}{2}$ à 3 journées de femme.		
Faucheuse	$\frac{1}{3}$ à $\frac{1}{5}$ (2 chevaux / 4 —) 1 homme).		
Faneuse mécanique. . . .	$\frac{1}{4}$ à $\frac{1}{6}$ (1 homme, 1 cheval).		
4° Récolte des céréales.	Faux . . . . . 2 journées. Sape . . . . . 3 —		
Moissonneuse-lieuse (1 ou 2 attelées).	$\frac{1}{3}$ à $\frac{1}{5}$ de journée (3 chevaux et 1 homme).		
5° Battage du blé.	Au fléau 1 homme donne de 1 1/2 à 2 hectolitres de blé par jour. 1 batteuse à double nettoyage mue par une locomobile de 7 à 8 chevaux, desservie par 40 personnes, donne de 190 à 200 hectolitres de grain par jour.		
6° Pour le concassage d'un quintal de blé destiné à nourrir le bétail. .	2 fr. 60 à la main.		
— — — . .	0 fr. 65 à la machine.		

(2) Voici la lettre de M. Biver.

Paris, 15 décembre 1899.

Monsieur et cher collègue.

Voici les renseignements que je puis vous donner, en réponse à votre lettre du 30 novembre.

Les anciens documents font généralement défaut ou manquent de précision.

La fabrication des glaces comprend deux phases : 1° la production de la glace brute; 2° le travail mécanique pour la polir.

La *production de la glace brute* donne lieu aux opérations suivantes : préparation des ma-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans une autre industrie du verre, celle de la fabrication des bouteilles, M. Appert nous montre que, par le procédé du soufflage, trois ouvriers font dans leur journée 600 bouteilles, soit en moyenne 200 par ouvrier, et que par le procédé nouveau du moulage ils en font 1 400, soit par ouvrier 466.

M. Hayem a eu la complaisance de dresser un état précis de la confection des chemises cousues en grande partie à la main, en partie à la machine ou entièrement à la machine. Cent douzaines de chemises prennent par le premier procédé 686 journées et demie, par le second 312 journées, par le troisième 202 journées de travail; le salaire payé ressort en moyenne à 1 fr. 05 par jour pour le premier procédé, à 1 fr. 71 pour le second, et à 2 fr. 25 pour le troisième. Il faut remonter jusqu'à l'année 1848, avant l'introduction de la machine à coudre, pour trouver la chemise faite entièrement à la main par la même ouvrière;

tières vitrifiables, fusion dans le four, coulage en plaques, recuisson par refroidissement progressif.

Ces opérations consistent en manutentions diverses, où les machines ne jouent qu'un faible rôle. C'est par les méthodes perfectionnées de chauffage, par l'emploi de matières très pures, et l'amélioration de l'outillage que l'on est parvenu à augmenter la qualité et les dimensions des produits.

Le *travail pour polir la glace* comprend : le dégrossissage, doucissage et savonnage, qui consistent à user les deux faces du verre par le frottement avec du sable et des poudres d'émeri, de façon à obtenir un parallélisme parfait et un grain très fin.

Ensuite le polissage (qui donne la transparence et le brillant) s'obtient par le frottement des surfaces avec des plaques de feutre, imprégnées de peroxyde de fer délayé dans l'eau.

Jusqu'à la fin du siècle dernier, tout cela se faisait *à bras d'hommes;* puis on essaya des machines diverses, mues par des manèges, par des chutes d'eau, puis par des moteurs à vapeur. Les résultats ont été longtemps incomplets, médiocres et coûteux.

Des études très suivies ont permis, depuis 1860, de faire la glace polie *complètement à la machine,* l'ouvrier n'ayant plus qu'à préparer et conduire le travail; les efforts de frottement, qui en constituent le fond, s'obtenant au moyen des moteurs mécaniques.

Autrefois, il fallait 40 heures de travail d'un ouvrier pour dégrossir, doucir et savonner, sur deux faces, un mètre carré de glace; ensuite il fallait à un autre ouvrier 72 heures pour polir la glace; ensemble *112 heures de main-d'œuvre* pour *un mètre* de glace polie.

Actuellement, au moyen d'équipes d'ouvriers travaillant ensemble à desservir les diverses machines, on arrive aux résultats suivants : Pour dégrossir, doucir et savonner *100 mètres* carrés de glace sur les deux faces, il faut *150 heures de travail d'un ouvrier.*

Pour polir *100 mètres* carrés de glace sur les deux faces, il faut *190 heures du travail d'un ouvrier.* Au total, *340 heures pour 100 mètres.*

Les glaces fabriquées à la main étaient généralement très inférieures comme qualité et fini; elles se vendaient des prix énormes. Il y a deux cents ans, une glace d'un mètre se vendait 165 francs. En 1802 le prix attteignait 200 francs. Actuellement les glaces valent environ 20 francs le mètre carré en gros.

Les opérations de dégrossissage et polissage du verre nécessitaient un travail très intense, et les ouvriers y devaient développer de grands efforts musculaires avant l'emploi des machines. Actuellement, l'effort musculaire, joint à l'action intelligente, ne sert qu'à diriger l'action puissante et brutale des appareils. De là la diminution de main-d'œuvre.

Recevez, je vous prie, l'expression de mes sentiments les plus distingués.

H. Biver.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Hayem estime que celle-ci aurait employé environ 1 200 journées pour en coudre cent douzaines (1). Il faut donc aujourd'hui six fois moins de temps

(1) Voici la note qui m'a été remise par M. Hayem.

CHEMISE DE 1848

Cette chemise était entièrement confectionnée à la main et généralement faite par la même ouvrière lingère qui assemblait, cousait, plissait et piquait à la main, bien entendu, les parures des chemises, elle faisait aussi les boutonnières; il n'existait aucune division de travail, cette division du travail n'a commencé qu'avec l'emploi des machines à coudre et s'est développée par la production de ce travail dans des manufactures.

En prenant comme type de la chemise en 1848 le modèle correspondant à celui d'une chemise semblable au type n° 1 s'adressant à la petite bourgeoisie ou au dimanche de l'ouvrier avec les différences que la mode et la machine à coudre ont pu y apporter, on peut admettre qu'une ouvrière confectionnait *une seule chemise* dans sa journée, sans rechercher la valeur du salaire d'une journée d'ouvrière à cette époque, salaire qui variait évidemment suivant que la lingère travaillait dans une grande ville ou dans une petite bourgade, la conclusion c'est qu'il aurait fallu, pour fabriquer en 1848 100 douzaines de chemises : ***1 200 journées*** d'ouvrières.

TYPE DE CHEMISE N° 1. PARURES FAITES A LA MACHINE, ENTIÈREMENT TERMINÉE A LA MAIN

Travail dans l'atelier.

	Fr. c.
Salaires payés pour 1 douzaine de chemises à la main	0,75
— — — machine	2 »

Travail au dehors.

Salaires payés pour 1 douzaine de chemises à la main, coutures, fronces, ourlets	3,20
Boutonnières (156)	1,30
La douzaine	7,25

Salaires payés pour 100 douzaines chemises, type 1 :

Travail à la main, atelier	75 »
Travail à la machine, atelier	200 »
Travail à la main au dehors, coutures, fronces, etc.	320 »
Travail à la main au dehors, boutonnières	130 »
Total des salaires payés pour 100 douzaines	725 »

	Journées d'ouvrières.
Le salaire moyen d'une ouvrière travaillant à la main à l'atelier étant de 1 fr. 50 par jour, ce travail représente pour 100 douzaines de chemises	50
Le salaire moyen d'une ouvrière travaillant à la machine à l'atelier étant de 2 fr. 50 par jour, ce travail représente pour 100 douzaines chemises	80
Le salaire moyen d'une ouvrière faisant chez elle coutures, fronces, ourlets à la main étant de 0 fr. 75 par jour, ce travail représente pour 100 douzaines de chemises	426 1/2
Le salaire moyen d'une ouvrière faisant chez elle les boutonnières, étant de 1 fr. par jour, ce travail représente pour 100 douzaines de chemises	130
100 douzaines chemises, type n° 1, représentent	686 1/2

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qu'il n'en fallait il y a un demi-siècle et le travail reçoit une rémunération plus forte.

TYPE DE CHEMISE N° 2 TERMINÉE ENTIÈREMENT A LA MACHINE, A L'EXCEPTION DES BOUTONNIÈRES FAITES A LA MAIN

Travail dans l'atelier.

	Fr. c.
Salaires payés pour 1 douzaine de chemises à la main	0,75
— — — machine	3,30

Travail au dehors.

Salaires payés pour les boutonnières à la main de 1 douzaine de chemises	1,30
La douzaine	5,35
Salaires payés pour 100 douzaines chemises, type n° 2 :	
Travail à la main à l'atelier	75 »
Travail à la machine à l'atelier	330 »
Travail au dehors, boutonnières à la main	130 »
Total des salaires payés pour 100 douzaines	535 »

	Journées.
Le salaire moyen d'une ouvrière travaillant à la main dans l'atelier étant de 1 fr. 50 par jour, ce travail représente pour 100 douzaines	50
Le salaire moyen d'une ouvrière travaillant à la machine dans l'atelier étant de 2 fr. 50 par jour, ce travail représente pour 100 douzaines	132
Le salaire moyen d'une ouvrière faisant chez elle des boutonnières étant de 1 fr. par jour, ce travail représente pour 100 douzaines	130
100 douzaines chemises, type n° 2, représentent	312

TYPE DE CHEMISE N° 3, LE MÊME QUE LE N° 2, MAIS BOUTONNIÈRES FAITES A LA MACHINE

Travail dans l'atelier.

	Fr. c.
Salaires payés pour la douzaine de chemises à la main	0,75
— — — machine	3,30
Boutonnières à la machine	0,50
La douzaine	4,55
Salaires payés pour 100 douzaines chemises n° 3 :	
Travail à la main à l'atelier	75 »
Travail à la machine à l'atelier	380 »
Total des salaires payés pour 100 douzaines	455 »

	Journées.
Le salaire moyen d'une ouvrière travaillant à la main étant de 1 fr. 50 par jour, ce travail représente pour 100 douzaines	50
Le salaire moyen d'une ouvrière travaillant à la machine étant de 2 fr. 50 par jour, ce travail représente pour 100 douzaines	152
100 douzaines de chemises, type n° 3, représentent	202

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

VII

INFLUENCE DE LA MACHINE SUR LA QUANTITÉ PRODUITE ET SUR LE COUT DE PRODUCTION

Le Commissaire du travail des États-Unis n'a pas abordé le problème du prix de revient du produit. « Beaucoup d'éléments, dit-il, qui entrent dans le coût de production du produit quand il est terminé, tels par exemple que les appointe-

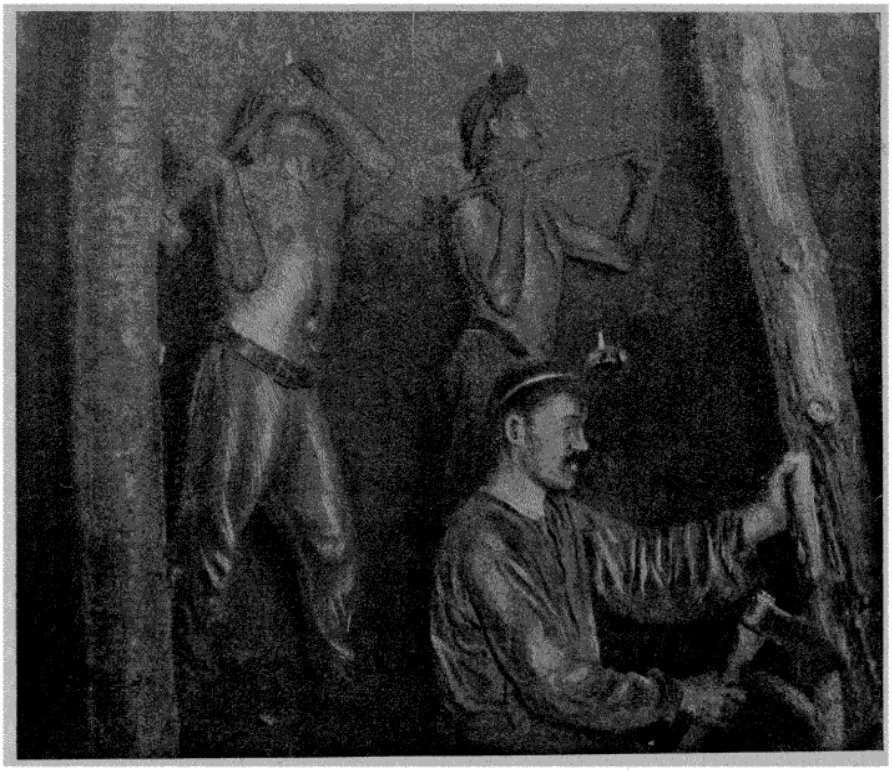


Fig. 6. — Travail du pic à la main remplacé depuis par la perforatrice.

ments des directeurs et employés, le prix des matières premières, les dépenses d'entretien, la force motrice, les impôts, etc., ne rentrent pas dans le sujet de l'enquête. » Quoique nous n'ayons pas l'intention de le traiter expressément dans cette conférence, nous devons dire quelque mots du bon marché qui est le plus

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

souvent la raison déterminante de l'emploi d'une machine par l'entrepreneur.

En réalité, la machine produit avec un moindre effort que la main. Moindre effort évidemment quand elle donne à meilleur marché le produit que la main fournissait auparavant; moindre effort quand elle exécute un travail que l'ou-

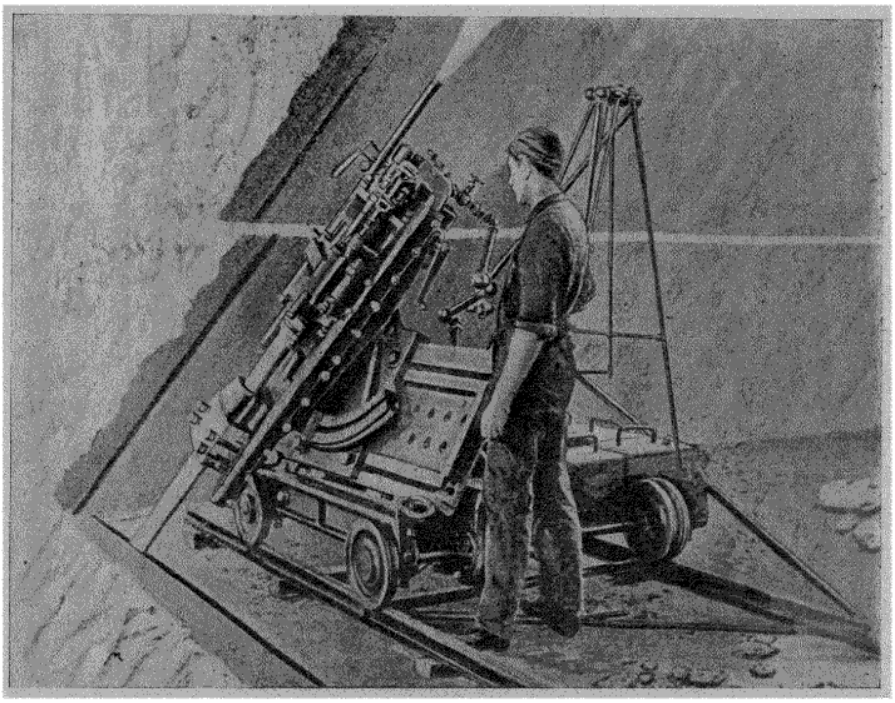


Fig. 7. — Perforatrice *Engersoil Sergent* en train de débiter des blocs dans une carrière.

vrier désespérait d'exécuter avec ses doigts tant il est délicat, comme la division d'un millimètre en dix parties égales et plus; moindre effort quand elle accomplit des travaux de force qu'une équipe d'hommes, quelque nombreuse qu'elle fût, serait impuissante à entreprendre. Directeur d'une machine, l'ouvrier acquiert une *productivité supérieure* à celle de l'ouvrier opérant avec un outil à la main : là est la raison du bon marché (1).

En supposant par que son salaire nominal n'ait pas varié, il est évident que la classe ouvrière tire un profit de ces machines quand leurs produits

(1) La statistique des professions et de l'industrie dans l'Empire allemand fournit une preuve nouvelle de l'accroissement de la productivité du travail avec l'outillage actuel. Elle montre en effet avec précision que la quantité de produits créés a augmenté plus que le nombre des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sont du nombre de ceux qu'elle consomme. Or le cas est fréquent, parce que la

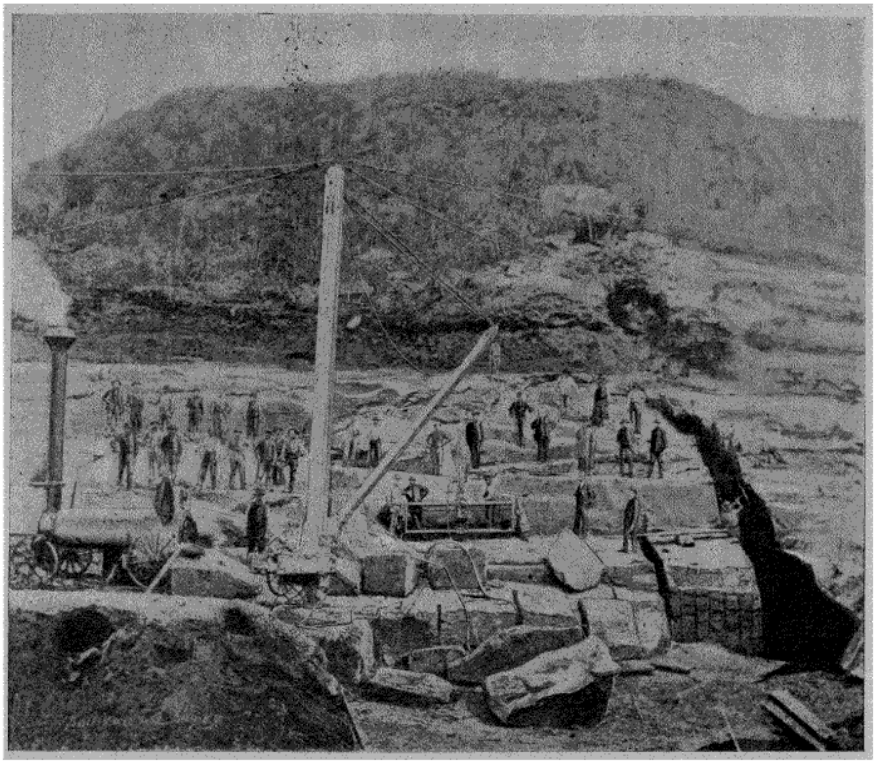


Fig. 8. — Exploitation d'une carrière par grues mobiles ou derricks et perforatrices.

machine s'adapte plus aux articles de consommation ordinaire qu'aux articles de grand luxe.

personnes employées dans les industries où la comparaison peut être établie (moins deux industries) salines et brasseries.

	Augmentation p. 100 de 1882 à 1895 dans	
	le nombre des personnes employées.	la quantité des produits créés.
Extraction de minerai (fer excepté)	— 1,8	+ 4,1
Extraction du minerai de fer	— 54	+ 49,5
Usine d'argent, plomb, cuivre, sucre	+ 44,1	+ 60,9
Mines de sel	+ 90,1	+ 44,9
Salines	+ 0,2	+ 16,1
Houille	+ 48,6	+ 51,9
Liquide	+ 31,7	+ 86,9
Fabriques de sucre	+ 41,4	+ 194,6
Brasseries	43,2	41,5

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les figures 9 à 20 représentent, à divers degrés de perfectionnement, les moyens de transport des fardeaux.

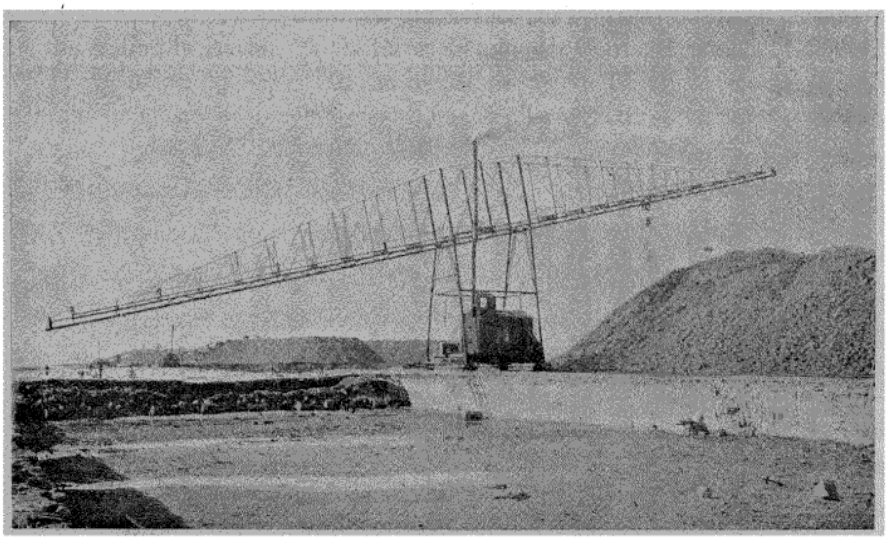


Fig. 9. — Conveyeur *Brown* employé au canal de Chicago. Longueur : 110 mètres. Enlève 50 mètres cubes de pierres ou roches par heure. Vitesse de roulement sur la berge : 1m,50 par seconde.

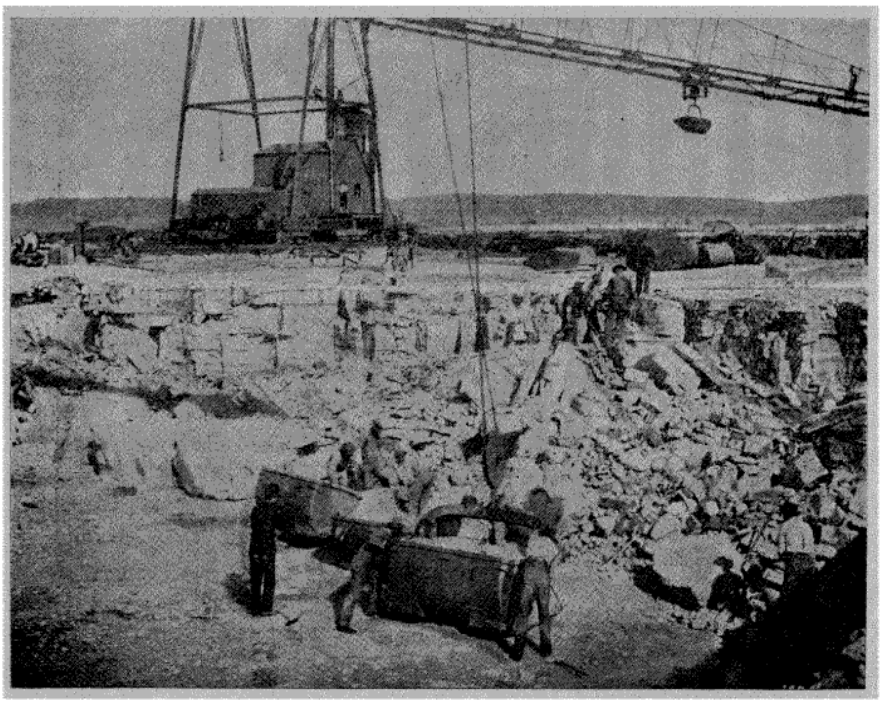


Fig. 10. — Détail d'un chantier desservi par le convéyeur *Brown*. Ouvriers en train de boucler une benne pleine.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans les travaux de terrassement et de transport des matériaux et en général dans les travaux de force, la machine a été à la fois un instrument de puissance indéfinie et de bon marché et une délivrance pour le manouvrier. Songez à l'énorme labeur que coûtait dans l'antiquité la mouture du blé à la main et

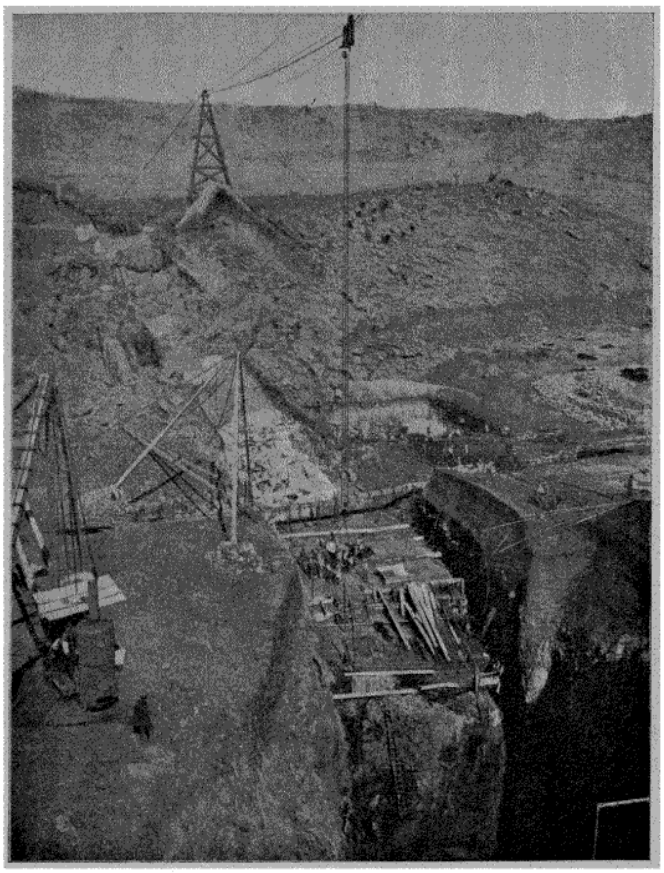


Fig. 11. — Emploi du cableway *Lidgerwood* pour la construction d'une digue dans une mine du Sud Afrique.

au nombre d'esclaves et de femmes qui peinaient pour fabriquer journellement la farine (1). Voyez (fig. 16) comment on amenait au temps des anciens Assyriens une statue colossale à force de bras (nous reviendrons sur cet exemple) et com-

(1) Les procédés de l'antiquité sont encore en pratique. Les femmes arabes dans le désert pilent le couscous à la main. Dernièrement une gravure de la *Revue générale des sciences* (n° du 15 décembre 1899) représentait une femme cafre pilant le grain dans un mortier avec un pilon aussi haut qu'elle.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment aujourd'hui une grue titan (fig. 17) promène sur une digue en construction une masse de 45 tonnes et comment une autre enlève un wagon plein (fig. 18) sans que les ouvriers aient à faire le moindre effort musculaire ; songez à ce qu'était dans les mines, aux siècles passés et il y a un demi-siècle encore, l'aba-

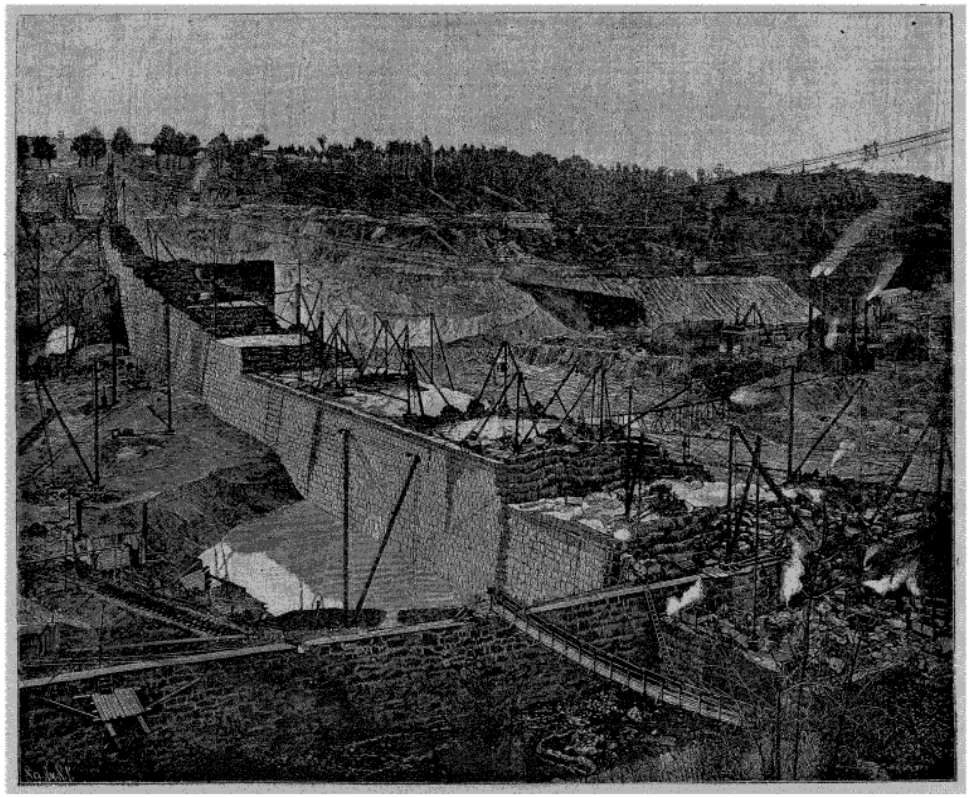


Fig. 12. — Emploi des cableways et des derricks pour la construction de la digue du réservoir de Croton *(Scientific American)*.

tage à la main, la descente des ouvriers et des matières (fig. 1, 2, 2 *bis*) et comparez le mode d'extraction du XVI^e^ siècle et le mode actuel (fig. 2 et 2 *bis*) ; calculez avec quel avantage la traction électrique et la perforatrice à air comprimé ont remplacé, dans certains cas, la main de l'homme (fig. 35, 6, 7 et 8) ; rappelez-vous que, dans les mines de la Bolivie, les Indiens montaient des échelles de plusieurs centaines de pieds avec la charge sur les épaules ; voyez comment avec des machines au moyen âge on extrayait le minerai du fond d'un puits et comment on l'extrait de nos jours ; voyez, par les spécimens de machines diverses, aussi ingénieuses que puissantes : conveyeurs, câbles

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

transporteurs et déchargeurs, comment des masses de matières sont déplacées

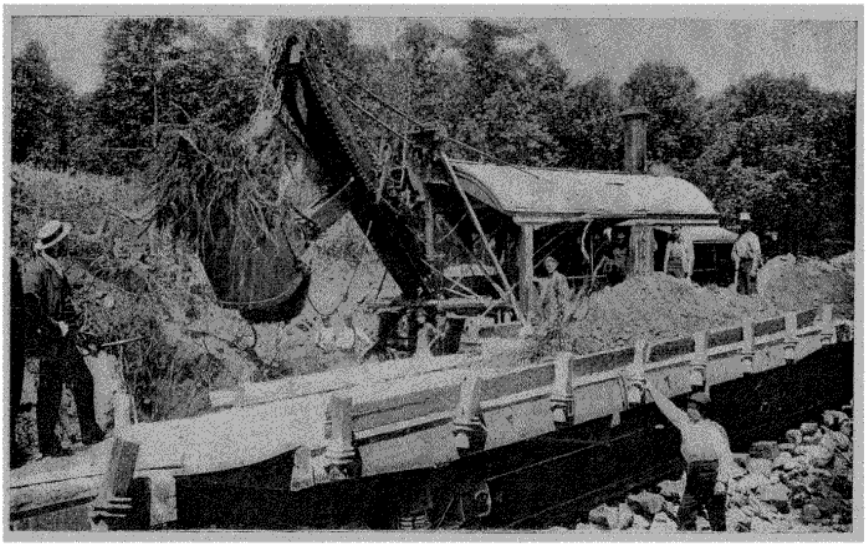


Fig. 13. — Déchargeur *Lidgerwood*. Un excavateur fait une tranchée pour voie de chemin de fer et charge le train avec les terres de la tranchée.

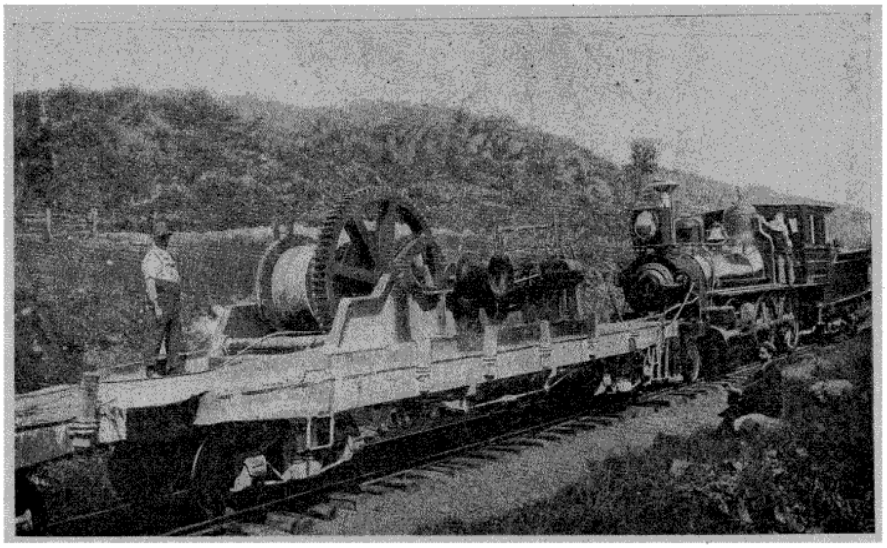


Fig. 14. — Déchargeur *Lidgerwood* composé d'un treuil placé en tête des trains (fig. 14) actionné par la vapeur de la locomotive et tirant une corde qui va, tout le long du train, s'accrocher (fig. 15) à un grand versoir.

sans le moindre effort musculaire de l'ouvrier (n^{os} 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 19 et 20).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Je vous ai cité la construction, dans le département de la Seine, d'un souter-

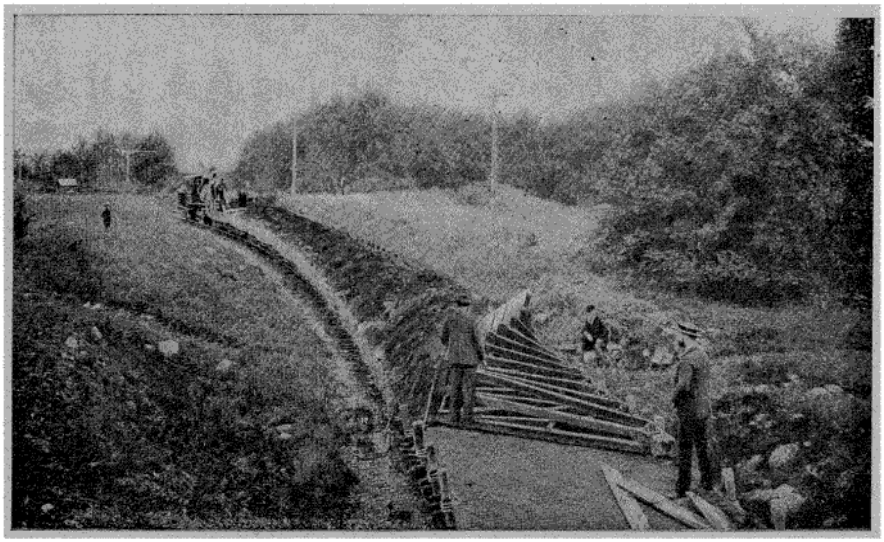


Fig. 15. — Déchargeur *Lidgerwood* montrant le treuil tirant son versoir et déchargeant ainsi successivement tous les wagons du train.

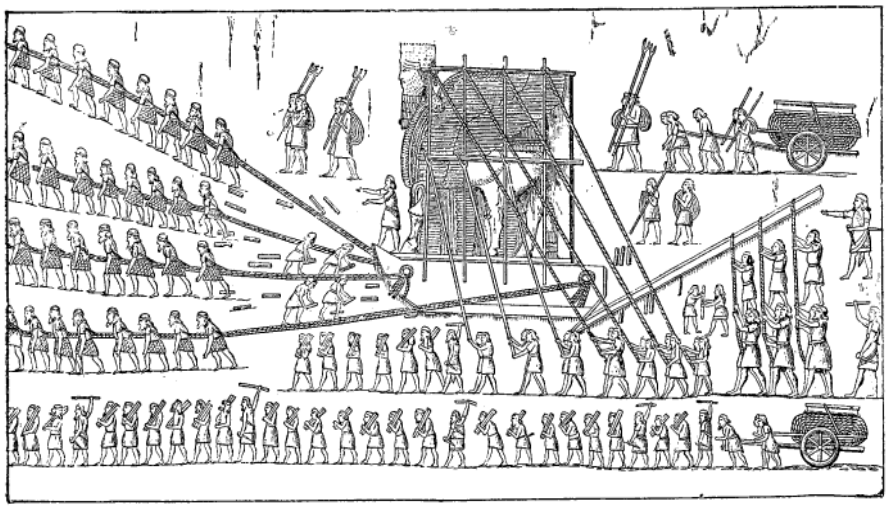


Fig. 16. — Transport d'un monolithe assyrien sous Osirtasen II, 1650 avant Jésus-Christ. D'après un bas-relief de *Koyunjik (Knight's Mechanical Dictionary)*.

rain au bouclier. La plupart de ces figures, qui s'expliquent d'elles-mêmes, achèveront de vous convaincre des services que rendent chaque jour les appa-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

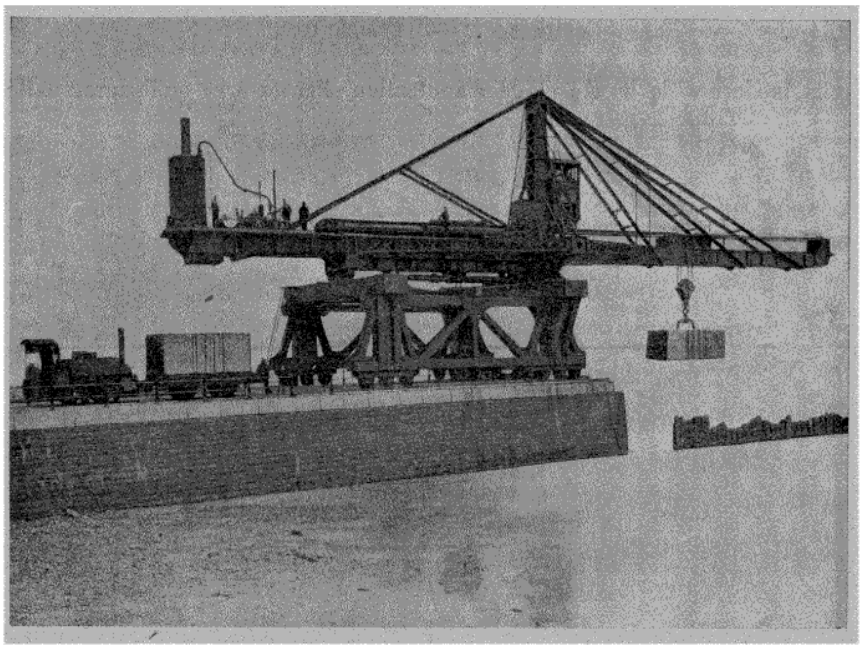


Fig. 17. — Grue *Titan* à vapeur de 60 tonnes *Jessop et Appleby*, employée pour la construction des digues au moyen de gros blocs de béton : le bloc figuré pèse 45 tonnes.

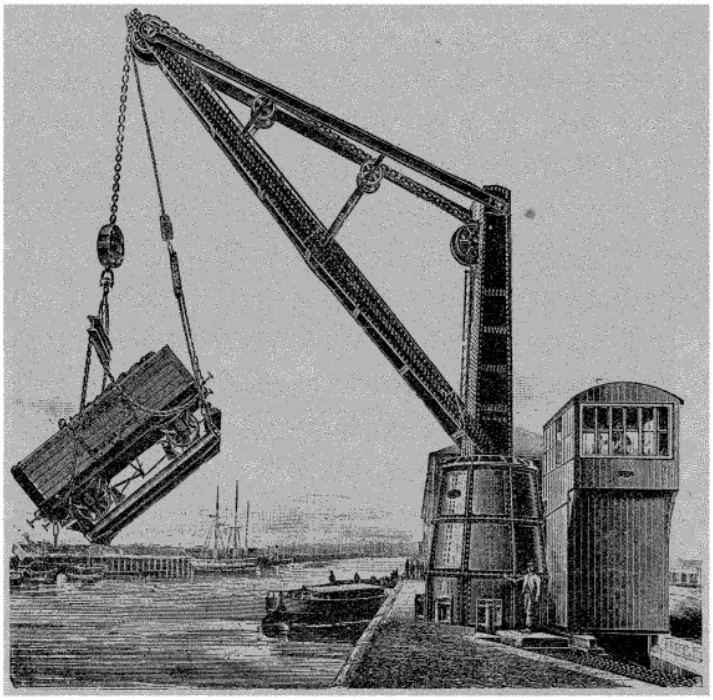


Fig. 18. — Grue de quai hydraulique *Cowan* déchargeant un wagon de charbon.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

reils modernes de levage et de manutention. Pensez à ce qu'il aurait fallu

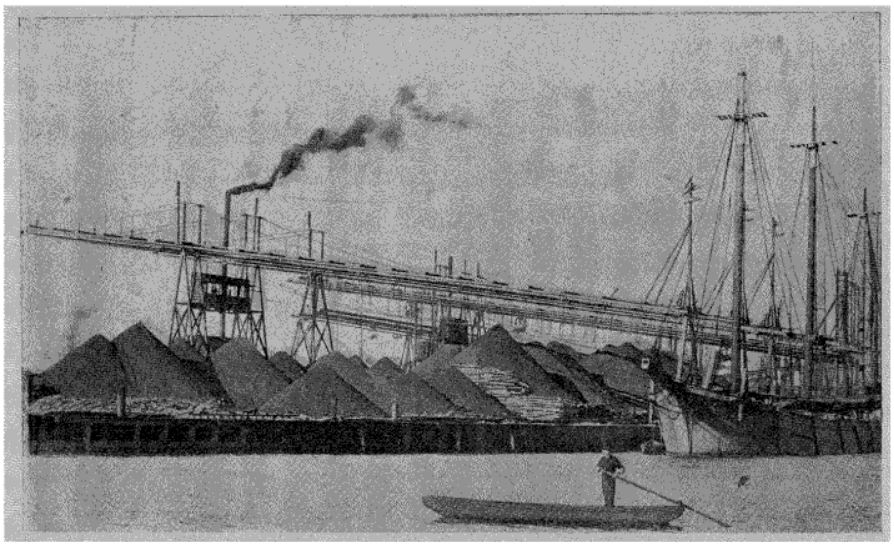


Fig. 19. — Conveyeurs *Brown* déchargeant des navires de charbon aux docks de *Cleveland* (Ohio). Longueur totale : 90 mètres. Hauteur à l'arrière : 16 mètres.

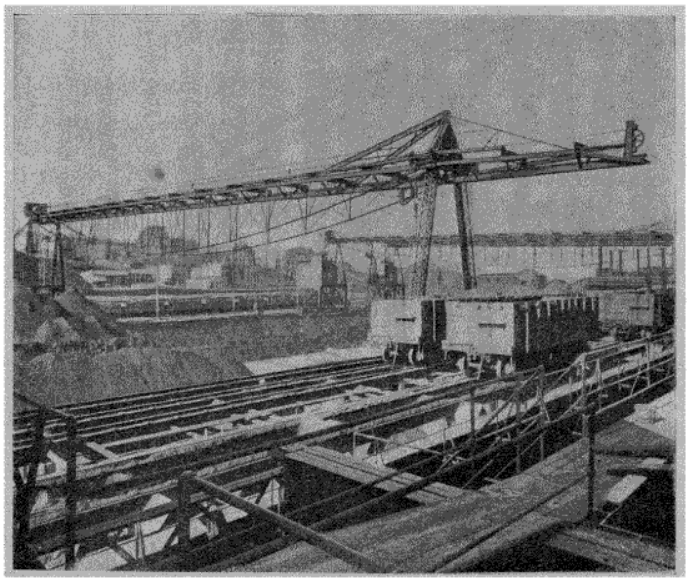


Fig. 20. — Conveyeur *Brown* déchargeant des wagons de minerais, aciéries de *Carnegie*.

d'hommes, de temps et d'argent pour transporter et décharger avec des hottes

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et des brouettes les milliers de mètres cubes de terre transportés par le train que M. Richard vous a montré, et déchargés en un instant à l'aide du racloir à treuil représenté par les figures 13, 14 et 15. Comparez le laminoir du XVIII^e^ siècle et le laminoir actuel d'une grande usine (fig. 21 et 22), le marteau du forgeron avec le marteau pilon du Creusot (fig. 23) ou la presse hydraulique de l'usine de Béthleem (fig. 24).

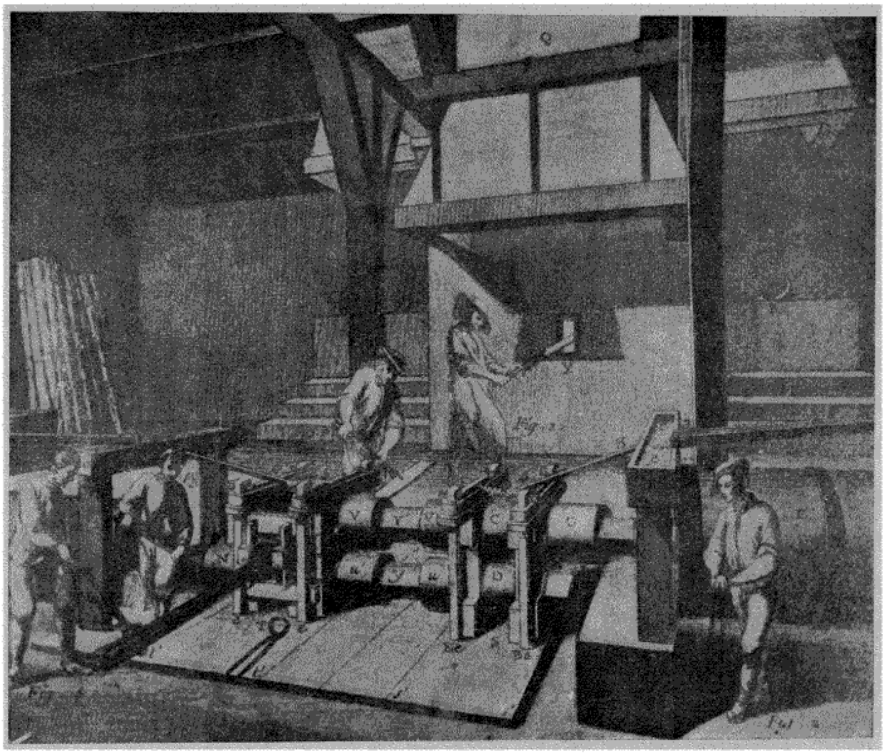


Fig. 21. — Laminoir d'Essonne 1757 d'après l'*Encyclopédie*.

En face de tels exemples — et on pourrait les multiplier à l'infini — il est impossible d'avoir un instant d'hésitation et de doute relativement à l'immense service que le génie de l'invention a rendu à l'homme, particulièrement à l'homme qui faisait péniblement un labeur manuel; il est impossible aussi de ne pas comprendre la nécessité d'accommoder de plus en plus l'industrie au travail mécanique.

Je n'ai parlé que de l'économie dans la production de la force. Il est bon d'insister sur ce fait que cette force indéfiniment croissante a rendu possibles des travaux colossaux et la fabrication d'objets de grande dimension auxquels

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

n'aurait pas même pensé l'homme travaillant avec des outils à la main. Elle a rendu possible, d'autre part, une délicatesse et une précision auxquelles l'homme était incapable d'atteindre avec sa main. Quand Watt voulut construire ses machines, il fut d'abord arrêté parce qu'on ne pouvait pas calibrer un cylindre assez exactement pour que le piston, dans sa course, ne laissât pas échapper de

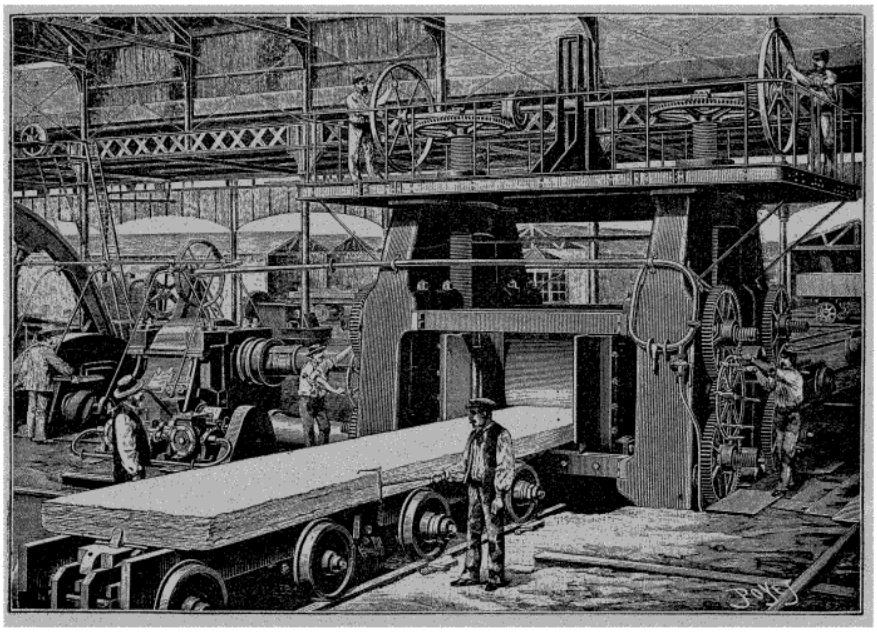


Fig. 22. — Laminoir de *MM. Marel* frères, pour plaques de blindage.

vapeur. Aujourd'hui on ajuste très aisément des pièces à un dixième de millimètre et moins.

A propos des ingénieuses petites machines dont la délicatesse n'est pas moins surprenante que la puissance des grandes machines, permettez-moi de vous citer aussi un ou deux exemples. Je les emprunte encore aux États-Unis; ils y abondent. J'ai vu fonctionner à l'Exposition universelle de Chicago plusieurs machines de la manufacture de montres de Waltham, dont chacune était un chef-d'œuvre d'horlogerie. Voyez le travail de celle qui, dans un fil d'acier, tourne et découpe des pivots de balancier (fig. 24) dont le diamètre n'est guère plus grand que celui d'une fine aiguille à coudre et qui en débite dans sa journée des centaines, d'une similitude absolue. Admirez la machine de Church qui fore d'une vingtaine de trous et fraise (fig. 26) les platines de montre, transportant automatiquement de foret en foret le disque de cuivre, le retournant et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

livrant incessamment les pièces toutes finies et parfaitement calibrées sans que l'ouvrière, tranquillement assise, ait autre chose à faire qu'à surveiller le merveilleux automate (fig. 27).

J'ai mis, Messieurs, quelques figures sous vos yeux. Les figures ne sont pas des arguments; mais elles rendent sensible la différence des situations et aident

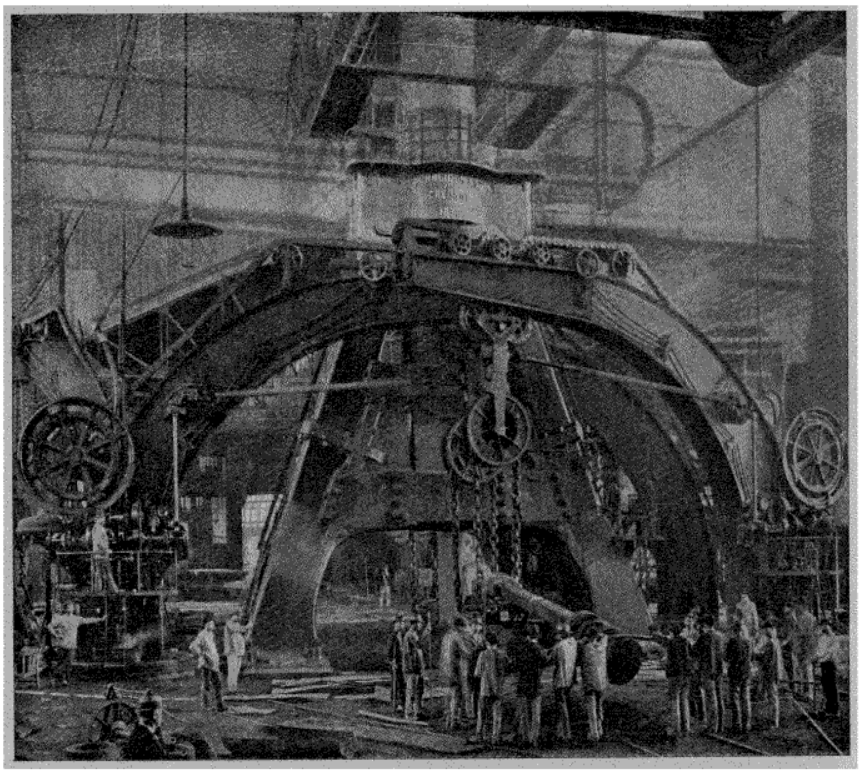


Fig. 23. — Marteau-pilon du Creusot avec grues de 100 et 160 tonnes.

à comprendre la différence des résultats. Si le plus grand nombre est emprunté aux États-Unis, c'est que, dans aucun pays, on ne s'est autant ingénié à épargner la main-d'œuvre au moyen de l'outillage mécanique.

M. Carroll D. Wright, à propos de l'impression d'un journal de 16 pages qui occupait 760 heures avec la presse à bras et qui se fait en 4^{h} 39 avec une machine perfectionnée, dit : « C'est ainsi qu'on peut donner de grands journaux à 1 penny tout en payant plus les ouvriers. »

En remontant plus loin dans l'histoire de l'imprimerie, je puis ajouter

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qu'un arrêt du Conseil d'État du 7 septembre 1650 trancha un différend qui

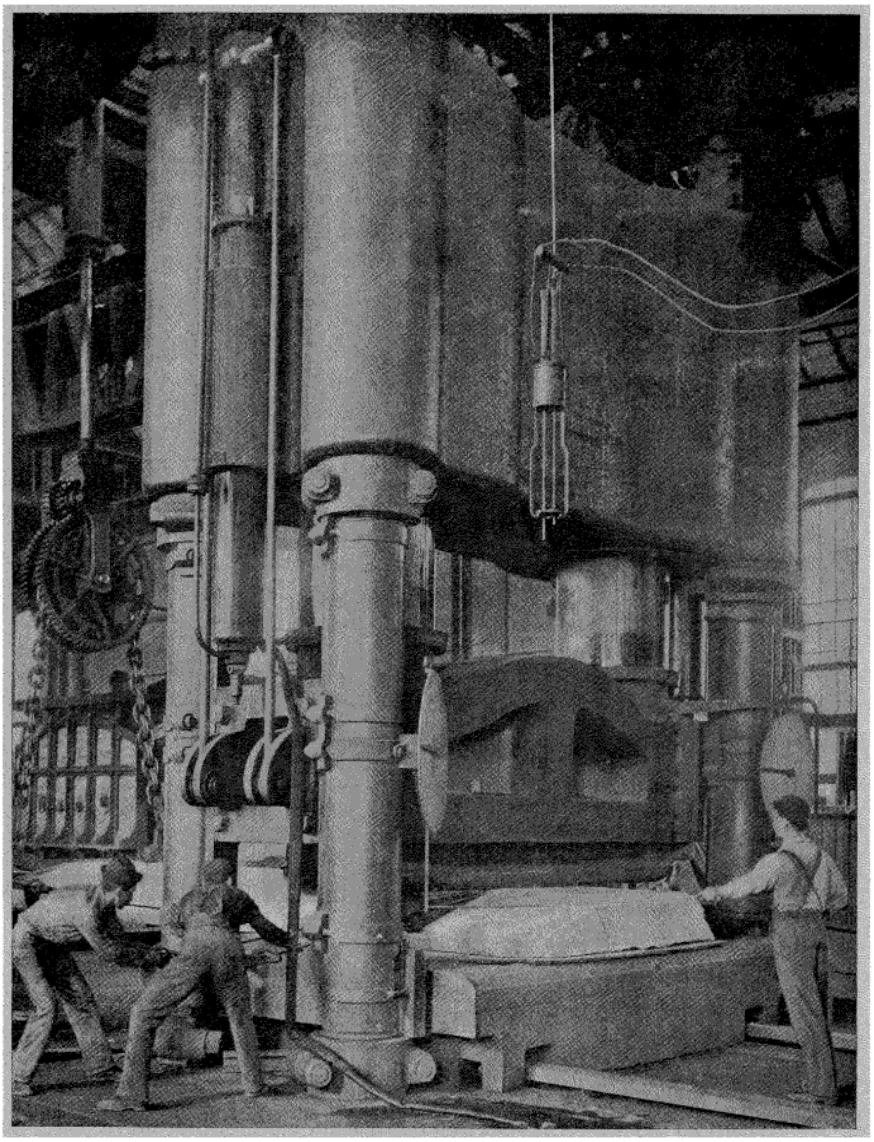


Fig. 24. — Presse à blindage de 5 000 tonnes des aciéries de *Betlehem*, d'après l'*American Machinist*.

s'était élevé entre les imprimeurs et leurs ouvriers au sujet du nombre de feuilles qu'ils devaient tirer dans leur journée et le fixa à 2 500 en noir, et à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2 200 quand il y avait des lettres en rouge (1). Les imprimeurs travaillaient à

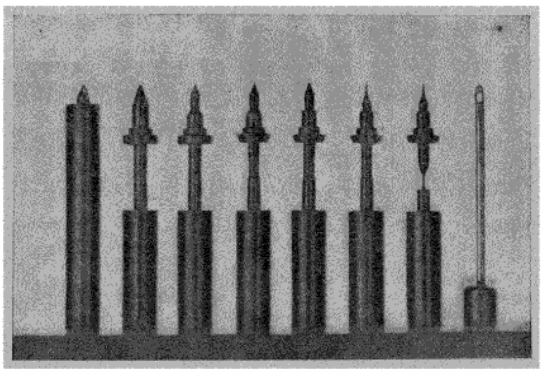


Fig. 25. — Phases successives de la fabrication d'un pivot de balancier — de gauche à droite — considérablement grossies. La dernière figure de droite représente une aiguille à coudre très fine. La coupe se fait au diamant blanc. Le diamètre du pivot descend jusqu'à 2 1/2 millièmes de pouce (0mm,06) (*Engineering Mazarine*, janvier 1900).

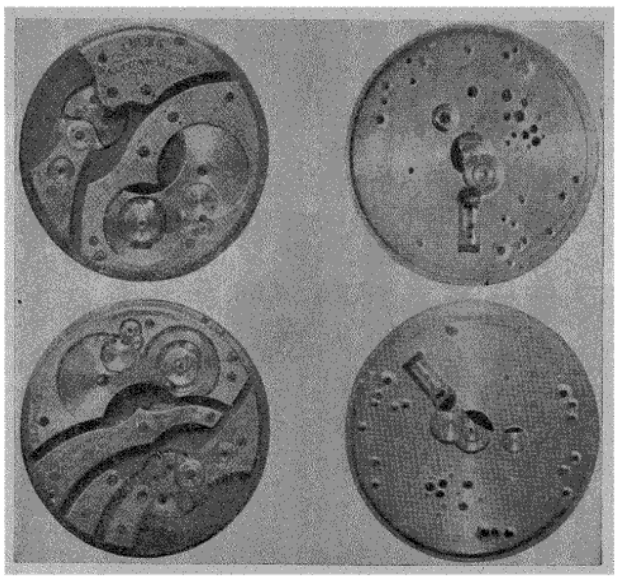


Fig. 26. — Platines de montres de la *Waltham*. Entièrement percées et fraisées par la machine automatique de *Church*, décrite à la page 497 du *Bulletin* de mars 1899.

cette époque avec des presses à bras (fig. 28) qui nécessitaient le concours de deux personnes, d'ordinaire un ouvrier et un apprenti, et qui ne différaient pas

(1) Toutefois, dans *la Police des ouvriers imprimeurs*, par M. L. Morin (p. 6), nous voyons qu'en 1571 la tâche quotidienne était de 2 650 feuilles à Paris et de 3 350 à Lyon.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sensiblement de celle qu'on voit aujourd'hui dans le musée Plantin à Anvers; ils se mettaient au travail au lever du soleil et travaillaient jusqu'au coucher du

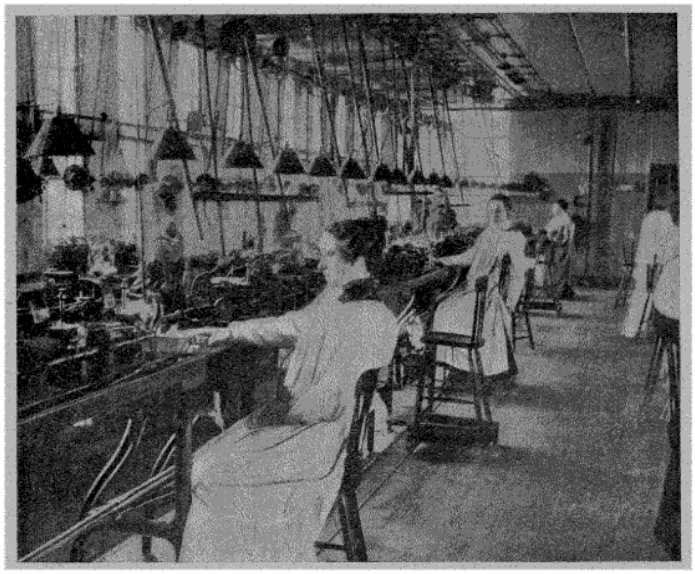


Fig. 27. — Vue d'un des ateliers de la *Waltham*. Machines-outils conduites par des femmes.

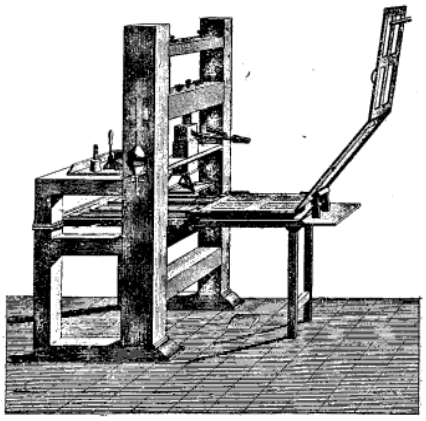


Fig. 28. — Presse en bois dite à nerfs du XVIII[e] siècle

soleil, et même parfois le soir à la chandelle. Aujourd'hui la machine Hoe, que j'ai vue fonctionner dans l'atelier d'un journal de New-York, emploie quatre personnes, un ouvrier et trois aides, travaillant 9 heures; le fabricant garantit un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

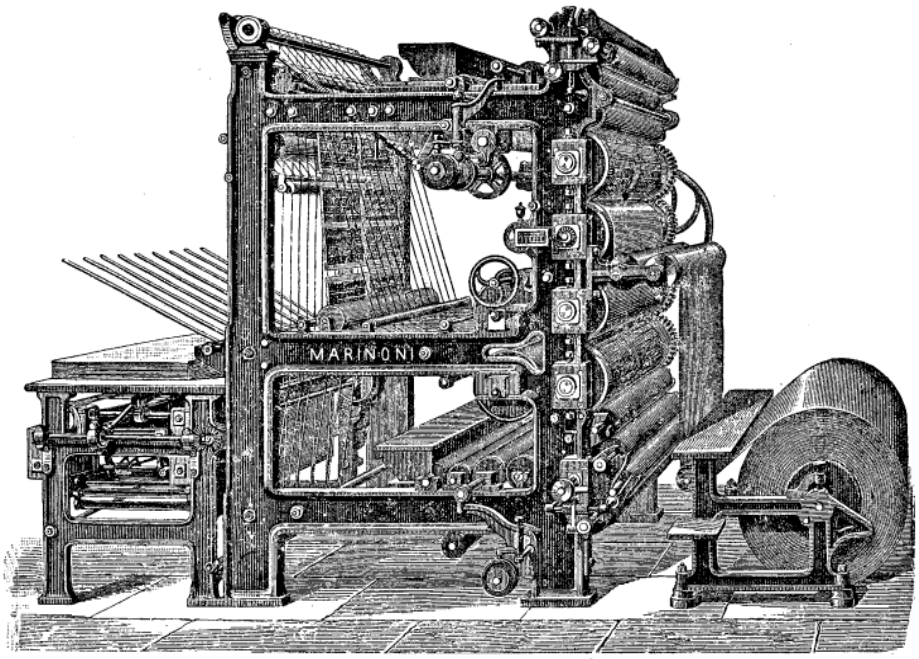


Fig. 29. — Presse rotative *Marinoni*.

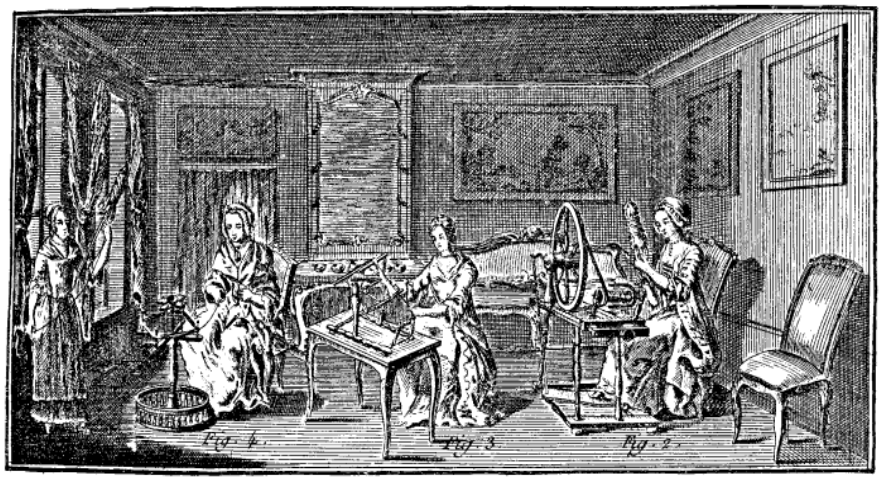


Fig. 30. — Quenouille, rouet et dévidoir. Figure tirée de l'*Encyclopédie*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tirage de 72 000 exemplaires d'un journal de 4 à 8 pages. C'est une production environ trente fois plus considérable avec un personnel doublé (1).

Je mets sous vos yeux (fig. 29) à titre de comparaison, une presse à bras et une presse Marinoni, du genre de celles qui fonctionnent à l'imprimerie du *Petit*

Fig. 31. — Filage au rouet, production avec deux ouvriers : 2 500 mètres par jour, d'après *M. J. Garot*.

Journal; mais l'image est médiocrement instructive; ce sont les machines mêmes en mouvement qu'il faudrait pouvoir comparer.

J'ai cité dans *L'Ouvrier américain* l'exemple de la fileuse au rouet, laquelle se servant déjà d'une machine relativement perfectionnée, pouvait faire dans une semaine, en travaillant 56 heures, 5 poignées (de 9 échevaux chacune) de fil de trame, et je l'ai opposé à l'ouvrier qui, aujourd'hui, conduit, avec l'aide de deux gamins, deux métiers renvideurs, soit 2124 broches et produit dans une

(1) *L'Ouvrier américain*, t. Ier, p. 108.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

semaine 55 098 poignées. Les trois figures 30 à 32 représentent une fileuse avec sa quenouille une ouvrière de la fin du XVIII^e^ siècle filant de la laine et un métier renvideur de 300 broches (fig. 32).

J'ai pu, grâce aux renseignements que mon collègue M. Imbs, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers, m'a fournis, établir qu'un tisserand à la main passe en moyenne 60 duites à la minute, mais perd, comme je l'ai déjà dit, pour rattacher les fils, changer de navette, etc., la moitié de son temps, tandis qu'un tisseur conduisant un métier mécanique peut passer 200 duites à la minute et ne perd qu'un dixième de son temps, et qu'en conséquence, dans une journée de 10 heures, le premier fait 6 mètres de toile, et que le second, conduisant trois métiers, fait 108 mètres S'il conduisait huit métiers, comme je l'ai vu pratiquer en Amérique, il ferait 288 mètres. La différence est énorme (1). Elle serait bien plus grande encore avec le métier Northrop, dont l'usage se répand aux États-Unis, et qu'on commence à étudier en Europe; un ouvrier, pouvant en surveiller seize à la fois, pourrait fabriquer 576 mètres par jour. Notez en outre, qu'autrefois, le tissage des draps de grande largeur nécessitait deux ouvriers qui

(1) Voici le détail d'après les renseignements fournis par M. Imbs :
Fabrication du calicot ordinaire.

1° *A la main :*

Le tisserand passe en moyenne 60 duites à la minute.
Mais les pertes de temps ne lui donnent que 50 p. 100 de travail utile dans la journée.
Donc pour une journée de 10 heures nous avons :

$$60 \times 60' = 3\,600$$
$$3\,600 \times 10 = 36\,000$$
$$\frac{36\,000 \times 50}{100} = 18{,}000 \text{ duites.}$$

L'ouvrier fait dans sa journée 6 mètres de toile.

2° *A la machine :*

Le tisserand passe en moyenne 200 duites à la minute.
Défalcation faite des pertes de temps, le travail utile est de 90 p. 100 dans la journée.
Donc pour une journée de 10 heures, nous avons :

$$200 \times 60 = 12\,000$$
$$12\,000 \times 10 = 120\,000$$
$$\frac{120\,000 \times 90}{100} = 108\,000 \text{ duites;}$$

Ce qui donnerait, à 3 000 duites par mètre, 36 mètres.
L'ouvrier conduisant 3 métiers fait 318 000 duites, soit 108 mètres de toile.
Avec les 8 métiers, comme aux États-Unis, le produit est de 288 mètres.
Avec 16 métiers, 576 mètres.
Si le métier battait 240 coups au lieu de 200, les 16 métiers donneraient 691 mètres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

se renvoyaient la navette (voir fig. 33), et quelle que soit la largeur, il suffit aujourd'hui d'un ouvrier.

J'avais signalé le métier Northrop au commencement de l'année 1898,

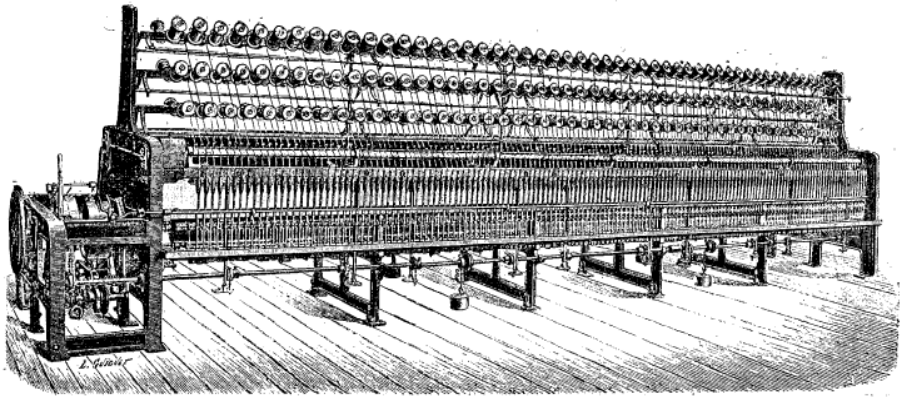


Fig. 32. — Cannetière différentielle automatique de 300 broches, de *MM. Flécheux et Joantt*, à Rouen.

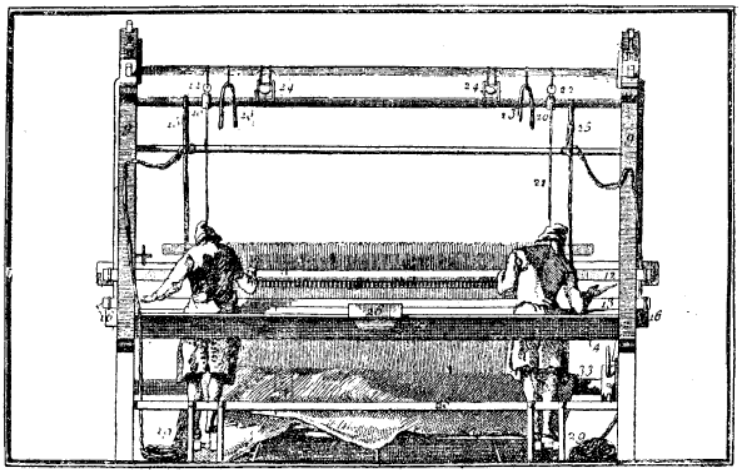


Fig. 33. — Tissage à deux ouvriers, d'après *M. J. Garot.*

dans *L'Ouvrier américain* et dans une Communication à la Société d'Encouragement. Voici le texte d'une des notes que lui a consacrées M. E. Simon dans le *Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale* (nov. 1899) (1).

(1) Afin de préciser le rôle du métier Northrop, nous extrayons les passages suivants d'une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Poulain, manufacturier à Reims, a dressé, il y a une quinzaine d'années une statistique de la fabrication du mérinos, qui porte sur le même problème, et que M. E. Simon me rappelait dernièrement. La filature pour trame d'un kilogramme de laine, qui coûtait 32 francs de façon au commencement du siècle, ne coûtait plus que 1 fr. 15 en 1884, et le prix du mètre de mérinos était tombé de 16 francs à 1 fr. 35. Or c'est vers 1812 qu'ont commencé les premiers essais de filature mécanique de la laine peignée, et en 1838, les premiers essais de tissage mécanique.

M. Poulain ajoute que les fileurs et tisseurs gagnaient 1 fr. 50 en 1810, et 5 francs en 1868.

Cet accroissement de salaire concorde avec celui que, dans une autre industrie textile, me signale M. Nicolas Schlumberger : à Mulhouse, en 1830, un bon ouvrier de filature travaillait 13 heures et gagnait 2 francs, une femme 1 franc;

lettre publiée dans le *Bulletin* de la Société industrielle de Mulhouse, et écrite par M. Lacey, de la « Montreal Cotton Company » qui, sur 3 000 métiers à tisser, occupe environ 1 200 métiers Northrop :

« Le métier Northrop est, à mon avis, un succès, mais seulement dans les pays où les ouvriers ne s'opposent pas à conduire plus de métiers que lorsqu'ils travaillent à des métiers ordinaires.

« Où l'on désire des tissus fins et parfaits, le métier Northrop ne peut absolument pas être recommandé, parce que dans les localités où ces tissus sont fabriqués, les ouvriers tisseurs expérimentés ne manquent pas.

« Les établissements faisant les genres ordinaires emploient généralement une classe inférieure de tisseurs et, dans ce cas, le métier automatique produira un travail égal ou supérieur, le métier s'arrêtant quand un fil de chaîne casse.

« . . . . . .

« Ce métier, tissant de la trame n° 3 à 16 mille mètres est un grand producteur; nous avons chez nous, par exemple, de ces métiers tissant des toiles de 150 centimètres de largeur, employant des trames-déchets de coton nos 5 et 8, et ces métiers produisent autant de yards par jour sur un *seul* métier que six métiers anglais genre ordinaire, et en employant des *tisseurs ordinaires* dans les deux cas.

« . . . . . .

« Mon expérience est que, pour certains articles ou genres, seize métiers peuvent être conduits aussi facilement que six métiers ordinaires.

« Dans deux genres d'articles, nos tisseurs, avec l'aide d'un jeune garçon, conduisent seize métiers Northrop aussi aisément qu'auparavant quatre ou six métiers anglais ordinaires tissant le même article, et produisent plus et en meilleure qualité. Les pièces défectueuses, pour défauts produits par des fils de chaîne cassés, n'ont jamais été moins nombreuses. Le métier s'arrête pour 95 p. 100 des bouts de fils de chaîne cassés. »

D'après cette correspondance, le métier Northrop semble surtout réservé aux articles unis de grande consommation. A côté de lui vient de surgir un autre métier automatique, également d'invention américaine et destiné surtout au tissage des trames de couleur. Le métier Seaton, auquel nous faisons allusion, provoque, comme le premier à son apparition, le doute et les objections; le mystère dont sont entourés les premiers essais contribue encore à entretenir le scepticisme. Nous comptons, dans une prochaine note, signaler les particularités caractéristiques de ce nouveau métier.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en 1899, avec une journée de 11 heures, l'homme gagne 6 francs et la femme 3 francs.

Je termine cette énumération, longue mais instructive, par un dernier renseignement, que je dois à M. Polonceau. Des pièces de fer façonné, qui coûtaient 6 francs, sont obtenues aujourd'hui, grâce aux presses, meules, etc., au prix de 50 centimes.

Les exemples, à l'étranger comme en France, sont innombrables. J'en cite encore deux. Le constructeur anglais Whithworth dit qu'on payait, de son temps, 15 francs le pied carré, le polissage du fer fondu ; ce polissage se fait aujourd'hui à la machine et se fait mieux à raison de 0 fr. 125. Les premières plumes d'acier revenaient à 6 fr. 25 la pièce ; aujourd'hui on en a une grosse pour moins de 0 fr. 75.

Abondance, *puissance*, *économie :* voilà donc trois effets de l'emploi des machines qui sont évidents.

(*A suivre.*)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS CHIMIQUES

ESSAIS DES CIMENTS PAR FILTRATION, PAR **M. L. Deval,** *Travail exécuté sous les auspices du Comité des Arts chimiques.*

Dans les essais de réception des ciments qui doivent être employés à la mer, on a cherché à accélérer les détériorations que la mer pourrait leur faire subir en les soumettant à la filtration.

Dans ce mode d'essai on a jusqu'ici employé des mortiers sableux et le liquide salin était amené, sous pression, dans une petite chambre réservée au centre de l'éprouvette, et s'écoulait par filtration du centre à l'extérieur.

M. Le Chatelier a pensé qu'en rendant les éprouvettes plus poreuses et en forçant le liquide salin à filtrer de l'extérieur à l'intérieur de l'éprouvette les premières dégradations se produiraient à la surface et qu'on arriverait ainsi à un résultat plus prompt.

Dans ce cas, l'éprouvette est placée dans le liquide qui doit la traverser. A sa partie inférieure est fixé un tube vertical servant à produire une aspiration qui entraîne le liquide extérieur et détermine son écoulement.

Je me suis proposé d'étudier la valeur comparative d'un semblable procédé d'essai, et de chercher s'il était possible de régulariser la vitesse d'écoulement en rendant les éprouvettes également et uniformément perméables, au moins pendant la durée de l'expérience. Les résultats ont été négatifs.

Divers ciments ont été soumis aux essais de filtration d'après le dispositif indiqué ci-dessus. Les liquides filtrants employés sont l'eau de mer artificielle le sulfate de magnésie à 6 grammes de sel anhydre par litre et une solution saturée de sulfate de chaux.

Les tentatives pour augmenter la perméabilité des éprouvettes ont été faites :

1° En gâchant le ciment à chaud avec un poids d'eau égal au sien et en épaississant la pâte sur le bain-marie;

2° En ajoutant au ciment quatre parties de sable fin de Fontainebleau;

3° En y mêlant du carbonate de chaux précipité ou du blanc d'Espagne sur lesquels les liquides salins n'ont pas d'action.

Après leur confection, les éprouvettes, sous forme de cubes ou de cylindres,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ont été maintenues dans l'eau pendant plusieurs jours, afin d'y acquérir une résistance suffisante pour supporter la filtration. Puis elles ont été placées dans le liquide qui devait les traverser.

La filtration a été commencée sous une dépression de $0^m,40$; lorsqu'elle s'est arrêtée, la dépression a été portée à 1 mètre en augmentant la longueur du tube d'aspiration. En cas de nouvel arrêt on a fait usage de la trompe.

Les ciments gâchés en pâte pure n'ont donné passage qu'à des quantités négligeables de liquide et la filtration s'est arrêtée au bout de peu de temps.

Avec les grappiers du Teil, la filtration s'est arrêtée au bout de onze jours après le passage de 600 centimètres cubes de sulfate de magnésie et n'a pas recommencé sous l'action de la trompe; aucune dégradation ne s'est produite.

Le ciment de la Porte de France n'a laissé passer au début de l'expérience que quelques gouttes de liquide et la filtration s'est arrêtée au bout de vingt jours après le passage de 92 centimètres cubes de sulfate de magnésie sans avoir produit de dégradation.

Il faut faire une exception pour le ciment Portland de Neufchâtel, gâché avec 30 p. 100 d'eau. La filtration s'est maintenue jusqu'à la production des fissures qui se sont manifestées au bout de neuf jours après le passage de 4 litres de sulfate de magnésie.

En ajoutant 4 parties de sable fin au ciment les éprouvettes deviennent plus poreuses. Les filtrations sont quelquefois très abondantes; on a dû, dans certains cas, les modérer, soit en fermant, avec une plaque de verre dépoli, la cloche dans laquelle est placée l'éprouvette, soit en suspendant l'écoulement au moyen d'un robinet et en ne laissant passer qu'une quantité déterminée de liquide.

Des fissures se sont produites avec le ciment des poussières, additionné de 4 parties de sable fin, au bout de cinq jours et après le passage de 950 centimètres cubes de sulfate de magnésie.

Les éprouvettes de ciment de Mantes se sont fissurées au bout de vingt-deux jours, quarante-deux jours et quarante-trois jours. Les premières après le passage de 10 litres de sulfate de magnésie; les secondes après avoir laissé filtrer 12 litres d'eau de mer et les dernières 10 litres de sulfate de chaux.

Avec les grappiers du Teil, la filtration a commencé sous une dépression de $0^m,40$; elle s'est peu à peu ralentie, puis elle a repris sous une dépression de 1 mètre et s'est arrêtée au bout de quelques jours. Sous l'action de la trompe, la filtration a recommencé pour s'arrêter de nouveau au bout de trente à quarante jours. Une des éprouvettes avait donné passage à 3 litres d'eau de mer et l'autre à $5^{lit},300$ de sulfate de chaux sans éprouver de dégradation.

Les ciments mêlés de carbonate de chaux ou blanc d'Espagne, sont restés imperméables.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

INDICATION DES CIMENTS ET DES LIQUIDES filtrants.	VITESSE D'ÉCOULEMENT à l'heure.	APPARITION DES FENTES au bout de	QUANTITÉ DE LIQUIDE filtré.	OBSERVATIONS.
	centim. cub.	jours.	litres.	
Portland de Neufchâtel pur avec 50 °/₀ d'eau. (Sulfate de magnésie).	17	9	4	Les fentes s'étant ouvertes, le liquide a filtré abondamment sans présenter des traces de chaux.
Ciment de Mantes avec 4 parties de sable de Fontainebleau. 1° Sulfate de magnésie.	20	22	10	Après 22 jours, les fentes se sont ouvertes et l'écoulement est devenu abondant. Dépression 0m,40.
2° Sulfate de chaux.. .	de 16 à 0 de 42 à 2	43	10	Dépression 0m,40. Écoulement d'abord très rapide, se ralentit au bout de 10 jours ; cessé après 14 j. Usage de la trompe, écoulement abondant. Suppression de la trompe. Écoulement sous une dépression de 1 m., de 2 cc. à l'heure.
3° Eau de mer.	de 42 à 1 5	42	12	Filtration rapide sous une dépression de 0m,40. Se ralentit d'elle-même. Reprend sous une dépression de 1 m.
Grappiers du Teil avec 100 p. 100 d'eau. . .	de 4 à 0	Sans dégradation.		Filtration faible se ralentissant et cessant au bout de 11 jours. Usage de la trompe. Pas de filtration.
Sulfate de magnésie. .	0		0,600	
Grappiers du Teil avec 4 parties de sable de Fontainebleau. . . .	de 12 à 1 de 10 à 0			Dépression 0m,40. Filtration rapide se réduisant d'elle-même à 1 cc., après 11 jours. Dépression 1m, reprise de la filtration qui s'arrête au bout de 10 jours. Usage de la trompe reprise de la filtration 3 cc. cessant après 1 mois.
1° Eau de mer.	de 3 à 0	Id.	3	
2° Sulfate de chaux.. .	11 à 0 1 11 à 0	Id.	5,300	Dépression 0m,40. Filtration 11 cc. diminuant et cessant au bout de 21 j. Dépression 1 mèt., filtration 1 cc. à l'heure. Usage de la trompe. Filtration abondante diminuant peu à peu et cessant au bout de 40 j.
Poussières lourdes n° 2 avec 4 parties de sable Fontainebleau. . . . (Petit cube de 0m,04 de côté). Sulfate de magnésie.	de 11 à 2	5	0,930	Dépression 1 m. Filtration d'abord rapide ; se ralentissant peu à peu. Les fentes se sont élargies sans donner passage à une plus grande quantité de liquide. L'opération a été arrêtée lorsque le liquide filtré ne contenait plus de traces de chaux, ce qui est arrivé après le passage de 4 litres de liquide.
Porte de France lent gâché avec 100 °/₀ d'eau. Sulfate de magnésie. .	0,4	Sans dégradation.	0,092	L'écoulement presque nul a cessé au bout de 20 jours et n'a pas repris sous la trompe.
Portland Quillot avec 100 p. 100 d'eau. Sulfate de magnésie . .	0	0	0	Pas d'écoulement même avec la trompe. Après l'expérience, le cylindre imperméable a été placé dans le sulfate de magnésie où il s'est altéré fortement au bout de 1 mois.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

INDICATION DES CIMENTS ET DES LIQUIDES filtrants.	VITESSE D'ÉCOULEMENT à l'heure.	APPARITION DES FENTES au bout de	QUANTITÉ DE LIQUIDE filtré.	OBSERVATIONS.
	centim. cub.	jours.	litres.	
Portland de Mantes gâché avec 100 p. 100 d'eau. Cube de 0m,04 de côté.				Pas de filtration même avec la trompe.
Sulfate de magnésie. .	0	0	0	Id.
Id. Cylindre de 0m,03.	0	0	0	Id.
Ciment de Mantes avec une partie de blanc d'Espagne. Sulfate de magnésie. .	0	0	0	Id.
Id. avec deux parties de blanc d'Espagne. Sulfate de magnésie . .	0	0	0	Id.
Ciment de Mantes avec 50 p. 100 d'eau. Sulfate de magnésie. .	0	0	0	Id.
Porte de France à prise prompte 100 p. 100 d'eau. Petit cylindre de 0m,03. Sulfate de magnésie. .	0	0	0	Id.

Les éprouvettes faites avec le ciment additionné de sable fin sont plus perméables que les éprouvettes de ciment pur; mais, comme ces dernières, elles se colmatent peu à peu; leur porosité se trouve modifiée progressivement pour faire place à une imperméabilité presque absolue.

L'impossibilité d'obtenir une vitesse d'écoulement uniforme pour toutes les éprouvettes et de pouvoir, par suite, dégager l'action chimique des liquides salins, de l'action mécanique due à la filtration, semble donc indiquer qu'il faut renoncer pour les essais aux expériences de filtration dont les résultats ne peuvent être comparables entre eux.

Dans le tableau ci-joint (p. 269 et 270) ont été relevés les résultats des expériences faites sur quelques ciments.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PRODUCTION ET INDUSTRIE DU CAOUTCHOUC

ÉTUDE SUR LE CAOUTCHOUC AU SOUDAN, PAR **M. Hamet.**

M. Hamet, l'un des directeurs de l'importante fabrique d'objets en caoutchouc Bapst et Hamet, ayant fait partie d'une mission scientifique envoyée au Soudan sous la haute direction de M. le général gouverneur de Trentinian, vient de publier une très importante étude sur le caoutchouc au Soudan. La compétence de M. Hamet, au double point de vue scientifique et industriel, donne une grande valeur à ce travail, et nous croyons intéressant d'en donner un résumé.

Production du caoutchouc.

Si l'on examine la marche de la production du caoutchouc dans ces dernières années, on voit que la production et la valeur marchande du produit ont notablement augmenté.

Pour le Brésil, la production, de 1889 à 1898, a augmenté de 44 p. 100, en même temps que le prix passait de 6 fr. 50 le kilogramme à 10 fr. 50.

En 1889.	15 300 000 kilogrammes	à 6 fr. 50 =	99 450 000 francs.
En 1898.	22 000 000 —	à 10 fr. 50 =	231 000 000 —

Pour le Congo belge, l'exploitation du caoutchouc, de 1890 à 1898, a augmenté dans la proportion de 1 à 70, et cette augmentation continue pour 1899; la hausse du prix de vente continue également à se produire, et, en 1899, cette hausse atteint 60 p. 100 sur le prix de 1891. En 1889, Anvers mettait sur le marché à peine 5 000 kilogrammes de caoutchouc congolais contre 2014 591 kilogrammes en 1898.

Du reste, la production totale du caoutchouc a quadruplé depuis 1874. Si l'on examine les quantités de caoutchouc importées sur les principaux marchés européens : Liverpool, Londres, le Havre, Rotterdam et Anvers, on voit que le chiffre a passé de 13 462 596 kilogrammes en 1890 à 20 989 319 kilogrammes en 1897, et cette consommation européenne ne représente que le tiers de la consommation totale.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Si l'on tient compte du fait que les stocks en caoutchouc sont des plus faibles, on peut être assuré que les augmentations du prix de vente sont indépendantes de la spéculation, et n'ont d'autre cause que les exigences sans cesse croissantes de l'industrie; aussi la France doit-elle chercher, dans ses colonies, à augmenter la production du caoutchouc et à perfectionner les moyens de récolte, car elle pourra y trouver des bénéfices assurés.

Au Soudan, dès la pacification de la région Sud, le caoutchouc fut récolté par les soins et sous le contrôle des commandants de région, qui trouvaient là matière à faire rentrer l'impôt. Le commandant de Lartigue, qui s'intéressait vivement à cette question, créa à Kouroussa une école de moniteurs destinés à enseigner aux noirs les plantes pouvant donner un bon produit, ainsi que les meilleures méthodes de récolte; le paiement de l'impôt se fit uniquement avec des produits de choix, qui peuvent être placés en parallèle, d'une façon avantageuse, à côté des produits américains, et qui luttent avec succès contre les produits du Congo belge comme nerf et élasticité.

Étude des lianes fournissant le caoutchouc.

M. Hamet a examiné de nombreuses espèces susceptibles de fournir le caoutchouc; il en donne l'énumération, ainsi que les résultats obtenus dans le traitement de leur latex. Sa conclusion est que, pour le Soudan, seule la liane Goi ou Gohine (*Landolphia Hendolotii*) peut donner de bons résultats industriels. Il a bien rencontré une autre liane, la Corohili, qui pourrait être également exploitée avec avantage, mais elle est rare et croît seulement le long des marigots.

Étude du latex de la Gohine. Action des aseptiques.

Le latex de la Gohine est blanc ou légèrement rosé, suivant la région où on le récolte; sa densité varie de 0,980 à 0,990, et, par la coagulation, il fournit, d'une part, un caoutchouc de densité de 0,920 à 0,930, mélangé avec des matières albuminoïdes et une cire végétale, et, d'autre part, un sérum renfermant l'eau de constitution, les matières minérales et des matières azotées.

C'est le sérum qui, par sa fermentation rapide, tend à abaisser la qualité du caoutchouc, et tous les soins doivent porter sur son élimination soit avant, soit pendant la coagulation.

M. Hamet attache avec raison une grande importance à l'asepsie préalable du latex, et il a étudié l'action de divers aseptiques qu'il choisit de manière à satisfaire aux conditions suivantes :

1° N'exercer aucune action de décomposition sur le latex, tout en assurant sa conservation indéfinie;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2° N'introduire, dans ce même latex, aucun élément pouvant amener dans les manipulations ultérieures de la fabrication soit des colorations, soit des combinaisons chimiques qui pourraient exposer à des mécomptes.

Les aseptiques expérimentés ont été: le formol à 1/500, le gaïacol, le salol. l'acide thymique à 1/200, l'ammoniaque à 1/100; à ces doses, ils ne coagulent pas le latex et ne modifient pas sa composition.

M. Hamet a essayé également le fluorure de sodium qui, à la dose de 2 p. 100 du poids du latex, coagule complètement le caoutchouc, tout en étant un aseptique des plus énergiques.

La comparaison faite entre des caoutchoucs d'un très bel aspect et très bien préparés par les indigènes et des caoutchoucs obtenus après addition d'agents aseptiques a montré que les premiers, après huit mois, perdaient toute translucidité, prenaient un aspect cartonneux, devenaient beaucoup moins élastiques, tandis que les seconds n'avaient perdu aucune de leurs qualités. Aussi, M. Hamet recommande chaudement l'emploi de l'asepsie, qui représente la somme très faible de 7 à 8 francs par tonne de latex, et qui augmente, dans des proportions considérables, la valeur marchande du produit.

Coagulation du latex.

Pour séparer le plasma du sérum, c'est-à-dire pour obtenir le caoutchouc, on fait la coagulation du latex. M. Hamet a expérimenté la coagulation par les procédés suivants:

1° Par la chaleur (en vase chauffé);
2° Par la chaleur (avec enfumage);
3° Par agents chimiques (produits apportés d'Europe);
4° Par décoctions de plantes indigènes;
5° Par moyen mécanique.

1° *Coagulation par la chaleur.* — Si l'on chauffe lentement le latex dans un vase, le caoutchouc se coagule en une masse qui surnage et il n'y a plus qu'à le retirer, le presser et le laisser sécher. Les noirs connaissent bien ce procédé, mais ils l'emploient peu et réussissent rarement à obtenir de bons produits; c'est que, si cette opération, bien conduite, donne d'excellents résultats, elle présente des causes sérieuses d'insuccès. La coagulation, en effet, commence à une température relativement basse, et le caoutchouc, à mesure qu'il se rassemble, emprisonne du sérum conservant tous les germes de fermentation; ceux-ci, plus tard, détérioreront la matière récoltée. Aussi, pour détruire tout germe de fermentation ultérieure, il est indispensable d'opérer à une température atteignant au moins 100°.

M. Hamet décrit très complètement un appareil qu'il a imaginé en vue de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

résoudre cette difficulté. Cet appareil se compose de deux réservoirs en tôle, communiquant par un tube à robinet; dans l'un des réservoirs, on produit de la vapeur à 5 ou 6 atmosphères, et, dans l'autre réservoir, on verse le latex; il suffit alors d'établir la communication pour porter rapidement la température de ce latex à 100°-130°, ce qui le coagule et détruit les germes susceptibles d'altérer ultérieurement le caoutchouc.

Cet appareil, très simple, très robuste, de faibles dimensions, peut traiter de 400 à 500 kilogrammes de latex par jour, et est construit de manière à se transporter facilement à dos d'homme.

2° *Coagulation par enfumage.* — Ce procédé ne réussit qu'avec une fumée chaude et épaisse qui doit, en outre, être très riche en éléments créosotés; aussi, au Para, emploie-t-on comme combustible une noix spéciale. Au Soudan, les résultats ont été médiocres, et il faudrait peut-être chercher une plante qui, employée comme combustible, serait susceptible de fournir une fumée ayant les propriétés indiquées.

3° *Coagulation par agents chimiques apportés d'Europe.* — Ces agents chimiques sont susceptibles de donner par coagulation d'excellents produits à la condition d'être employés à dose convenable; les produits obtenus sont beaucoup plus purs que ceux obtenus avec les coagulants indigènes.

M. Hamet a opéré sur le latex préalablement aseptisé, et il a essayé successivement les acides sulfurique, chlorhydrique, formique, citrique, oxalique, le sel marin, le chlorure d'aluminium, le chlorhydrate d'ammoniaque, le fluorure de sodium; il a obtenu de très bons résultats avec ces produits, dont il indique la dose capable de produire l'effet voulu, et dont certains, comme les acides formique, citrique, oxalique, pourraient être facilement préparés sur place avec les ressources du pays. Le fluorure de sodium, en particulier, lui a donné un produit excessivement dur et nerveux, se rapprochant beaucoup du Para.

4° *Coagulation par décoctions de plantes indigènes.* — La plus grande partie des coagulants indiqués sont dus aux recherches du commandant de Lartigue qui les a préconisés et répandus dans la région sud. M. Hamet a essayé une dizaine de ces coagulants provenant des citrons ou des oranges, des gousses et des feuilles de tamarinier, des fruits du baobab, des tomates indigènes, etc.; leur emploi se fait à chaud, de sorte que la température intervient également pour produire la coagulation. Les résultats obtenus ont été des plus satisfaisants, mais inférieurs, cependant, à ceux obtenus dans la méthode précédente, surtout à cause de la présence des matières étrangères due à leur préparation sommaire exécutée par les noirs.

5° *Coagulation par moyen mécanique.* — M. Hamet a traité le latex comme on traite le lait animal pour en obtenir le beurre. Il avait emporté d'Europe un appareil de faibles dimensions (écrémeuse du type Alexandra), et, en opérant sur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des latex aseptisés, il a obtenu un caoutchouc parfaitement pur, de qualité nerveuse, d'une conservation remarquable et d'une translucidité complète, différant en cela de tous les caoutchoucs récoltés par les procédés employés jusqu'à ce jour.

Des résultats semblables avaient, du reste, été obtenus en 1895 par M. Bouéry, qui, sur les conseils d'Aimé Girard, avait opéré dans la Guinée française avec la baratte Savary.

En présence de ces résultats remarquables, M. Hamet donne la description très complète d'un appareil qu'il a étudié à son retour, et qui serait capable de traiter 20 à 25 litres de latex en moins d'une demi-heure, donnant de 6 à 7 kilogrammes de caoutchouc.

Enfin, en vue de débarrasser le caoutchouc coagulé de tout le sérum qu'il retient emprisonné et qui, non seulement, peut produire une altération ultérieure, mais aussi représente un excédent de charge à considérer dans des transports longs et coûteux, où la charge portée par un homme ne dépasse pas 25 à 30 kilogrammes, M. Hamet a étudié un vérin hydraulique de très faible poids qui, avec 4 ou 5 litres d'eau, permet d'obtenir une force de 20 tonnes.

En résumé, pour M. Hamet, la comparaison des produits obtenus avec les divers procédés que nous venons d'exposer, montre que :

Le procédé mécanique fournit de beaucoup des résultats supérieurs à tous les autres; puis viennent les produits obtenus par la chaleur, et, ensuite, ceux obtenus avec les produits chimiques importés d'Europe; enfin, en dernier lieu, ceux obtenus par coagulants indigènes.

Culture et moyens de propagation de la liane Gohine.

M. Hamet termine son rapport par une étude sur la culture et les moyens de propagation de la liane Gohine.

La Gohine pousse dans les terrains les plus arides du Soudan, là où les ardeurs du soleil et les ravages des termites ont détruit la végétation. Tantôt elle se présente sous forme d'un arbuste robuste, quand l'aridité du sol ne permet pas aux autres essences d'y vivre, tantôt elle entoure de ses lianes multiples les arbres qui lui servent de tuteurs. Elle pousse à l'état complètement sauvage, sans qu'il soit nécessaire de faire des défrichements; la seule précaution à prendre est de faire débrousser sur 3 ou 4 mètres autour des lianes pour les soustraire aux atteintes des feux de brousse qui sont la principale cause de destruction.

Pour la multiplication de l'espèce, on peut faire des semis ou des boutures; c'est ce dernier moyen que M. Hamet recommande, car le bouturage n'exige pas le défrichement du sol, est plus facile et demande moins de soins.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Enfin il y aurait lieu d'étêter les lianes pour donner plus de vigueur au tronc et aux principales branches.

Les époques où l'on saigne les lianes devraient être réglementées afin de leur laisser le temps de réparer les effets de la saignée précédente. Le latex devrait être recueilli dans des godets analogues à ceux servant pour la récolte de la résine.

D'après le commandant de Lartigue, certaines lianes, à l'état adulte, donnent de 10 à 12 litres de latex, correspondant à 3 kilogrammes et $3^{kg},5$ de caoutchouc; la récolte ne doit commencer qu'après la cinquième année.

Conclusions.

Les conclusions de cette importante étude doivent retenir l'attention :

« La liane Gohine, suffisamment multipliée, peut assurer au Soudan et à toutes nos possessions de l'Afrique centrale une des premières places sur les marchés du caoutchouc.

« Les rapports signalent ce caoutchouc toujours de même essence, depuis Kouroussa, Dinguiray, Odienné d'une part, jusqu'à Kong, Seguela, Bobo, Dioulasso d'autre part. C'est lui qui alimente en partie les exportations de Sierra-Leone, de Konakry, de Saint-Louis et du Dahomey.

« La production du Soudan, de 2 217 francs en 1895, a monté à 322 586 francs en 1898. Pour 1899, on estime à plus de 400 000 kilogrammes, soit 1 600 000 francs, la quantité exportée par Saint-Louis.

« On voit par cette progression, qui est celle et du Sénégal et de la Guinée, que les colonies françaises de l'Afrique centrale peuvent rivaliser avec celles de nos voisins, et que les capitaux y trouveront les mêmes sources de gain et de profit. »

A. Livache.

SUR UN NOUVEAU PROCÉDÉ D'EXTRACTION DU CAOUTCHOUC CONTENU DANS LES ÉCORCES DE DIVERSES PLANTES ET NOTAMMENT DES *Landolfia*, PAR **MM. A. Arnaud et A. Verneuil**.

Dans l'étude sur le caoutchouc au Soudan que nous avons analysée précédemment, M. Hamet recommande d'étêter les lianes pour donner plus de vigueur au tronc et aux principales branches, et il conseille d'utiliser les rameaux provenant de la taille aussi bien que les arbres malades ou devant être arrachés. A cet effet, il préconise un traitement, dans un autoclave, avec une dissolution de soude qui désagrège la cellulose, la paracellulose et la vasculose; au contraire, le caoutchouc reste inattaqué et se coagule par la chaleur. Il suffit donc d'épurer ce dernier par le cylindrage et à le presser.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On a proposé également l'action des acides et, en particulier, M. Deiss utilise l'action destructive de l'acide sulfurique concentré.

Enfin on a essayé l'action de dissolvants appropriés, tels que le sulfure de carbone, la benzine, etc. Mais le volume de ces dissolvants doit être très grand par rapport au caoutchouc, et par évaporation on obtient toujours un caoutchouc ayant perdu une partie de sa ténacité et de sa valeur commerciale.

MM. Arnaud et Verneuil ont tourné la difficulté en traitant les écorces par un procédé purement mécanique, sans aucune intervention chimique. Ils ont opéré sur des écorces fraîches ou sèches de *Landolfia* (lianes Toll du Sénégal ou lianes Gohine du Soudan), et ils ont obtenu d'excellents résultats qu'ils résument ainsi qu'il suit (1) :

« Les écorces sèches sont pulvérisées au pilon ou à la meule, ou par tout autre moyen agissant d'une manière analogue, puis tamisées de façon à séparer 40 à 50 p. 100 de poudre fine ne renfermant pas trace de caoutchouc. Le résidu, en partie aggloméré par plaques, est imbibé d'eau chaude, puis soumis à un long broyage, qui détermine la formation d'une pâte épaisse et friable, laquelle est ensuite tamisée au sein de l'eau chaude.

« Un nouveau broyage du magma resté sur le tamis fait apparaître dans la masse des filaments vermiculaires blanchâtres de caoutchouc. Ceux-ci, par un battage suffisamment prolongé, s'agglomèrent de plus en plus, et finissent par former des masses spongieuses renfermant la totalité du caoutchouc.

« Pour séparer le reste de l'écorce adhérente, on projette le tout dans l'eau bouillante ; le caoutchouc, plus léger, venant surnager à la surface, est facilement recueilli. Par un battage prolongé, on le transforme en une plaque ou réseau formé de caoutchouc presque pur.

« La purification complète s'effectue par passage aux cylindres-laminoirs à vitesse différentielle, comme cela se fait ordinairement pour la purification du caoutchouc brut.

« Avec les *Landolfia*, les rendements sont très bons : l'écorce aérienne fournit 8 à 9 p. 100 de caoutchouc; l'écorce de racine 14 à 15 p. 100 et davantage; le tout venant, mélangé de brindilles de diverses espèces, donne encore 6 à 8 p. 100. Les dissolvants ne donnent pas de rendements plus forts, et encore faut-il tenir compte dans ce cas des résines et matières grasses dissoutes. (L'écorce d'Haucornia américain, traitée par le même procédé, nous a donné plus de 5 p. 100 d'excellent caoutchouc.)

« Ce procédé mécanique d'extraction, d'une grande simplicité, est applicable partout, et de plus, par son mode d'obtention même, le caoutchouc ainsi préparé a subi une véritable purification et se trouve exempt des corps gras et résineux qui le souillent ordinairement, même quand il a été recueilli par coagulation directe du latex. »

A. L.

---

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 1900, p. 259.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS MÉCANIQUES

UNIFICATION DES FILETAGES SUR TUBES

Les tubes métalliques, dont les applications sont très nombreuses, notamment pour les canalisations de gaz d'éclairage, pour les distributions d'eau, pour les freins de chemins de fer, sont fréquemment assemblés à l'aide de manchons filetés et vissés sur l'extrémité des tubes. Dans ce genre d'assemblage, le filetage cylindrique est parfois terminé par une partie conique destinée à produire un serrage énergique. Ces filetages sur tubes diffèrent nécessairement des filetages pour vis mécaniques à cause de la faible épaisseur de la paroi du tube : il en résulte que la profondeur du filet et, par suite, le pas sont nécessairement petits, même pour les grands diamètres.

Il y a intérêt évident à tracer des règles simples et précises pour ce genre de filetages, comme on l'a fait pour les vis mécaniques. L'*Institut royal des Ingénieurs néerlandais* a entrepris cette tâche ; il commence par recueillir des renseignements sur les divers types de filetages sur tubes actuellement employés. A cet effet, il a distribué la circulaire que nous reproduisons ci-dessous.

La Société d'Encouragement serait heureuse de prêter son concours à l'Institut néerlandais en lui transmettant les renseignements qu'elle pourra recueillir en France sur la question. Elle prie ceux de ses membres qui emploient ou qui construisent des tubes filetés, ou qui possèdent des données à cet égard, ainsi que toutes les personnes que la question intéresse de lui adresser les renseignements demandés par la circulaire hollandaise, renseignements qui seront transmis aux auteurs de la circulaire.

On remarquera, dans les deux questionnaires, relatifs l'un au filetage cylindrique, l'autre au filetage conique, que les dimensions du système *Whitworth Standard*, données à titre d'exemple, sont reproduites de même.

INSTITUT ROYAL DES INGÉNIEURS NÉERLANDAIS (KONINKLIJK INSTITUUT VAN INGENIEURS) ; SECTION DES MACHINES ET DES CONSTRUCTIONS NAVALES (VAKAFDEELING VOOR WERKTUIG EN SCHEEPSBOUW).

La Haye, Décembre 1899.

Dans la réunion du 22 mars 1899 de l'Association de Constructeurs néerlandais de Machines et de Navires, — transformée, dans le courant de l'année, en Section de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'Institut Royal des Ingénieurs néerlandais — il fut constitué une Commission spéciale, chargée de continuer l'étude de la question de l'unification des filetages. Les résultats acquis par le Comité d'action Suisse dans le Congrès international de Zurich, en 1898, ont provoqué la constitution de cette Commission. Mais ces propositions se bornaient au filetage des boulons et des écrous.

La Commission fut chargée, en premier lieu, de commencer son travail par l'étude du *filetage des tubes à gaz* ou *filetage fin*.

Afin d'aboutir à la préparation de projets pour l'unification de ce filetage, la Commission cherche à acquérir les données nécessaires, pour connaître les différents systèmes de ces filetages actuellement employés. Il y existe à cet égard une telle confusion que la connaissance des principes, sur lesquels sont fondés ces systèmes, est d'une importance incontestable.

C'est pour cette raison que la Commission prend la liberté de vous demander de bien vouloir lui communiquer, autant qu'il vous sera possible, les données relatives au système ou aux systèmes différents de filetages dit à gaz employés par votre Administration ou votre Maison.

Afin de faciliter la communication des données que nous cherchons à nous procurer, nous annexons deux Questionnaires, contenant les points principaux sur lesquels nous désirerions être informés.

Si votre Administration ou votre Maison voulait bien nous faire parvenir soit la réponse aux questions posées ou à quelques-unes de ces questions, soit d'autres informations sur le filetage à gaz, nous en serions très reconnaissants.

Votre réponse aura contribué, en tout cas, à répandre plus de lumière sur la question qui nous occupe. Veuillez accepter au préalable les remerciements bien sincères de notre Commission.

Prière de vouloir bien envoyer les Questionnaires, ou les informations quelconques que vous auriez à donner, par lettres affranchies, à l'adresse suivante, si possible avant le 31 mars (1).

Pour la Commission,
Le Secrétaire,
B. M. GRATAMA.

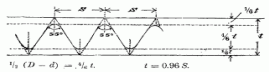
La Haye (Hollande) — 23, Sweelinckstraat.

(1) Les réponses envoyées à la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, 44, rue de Rennes, à Paris, seront transmises à l'Institut Néerlandais. Autant que possible, prière d'envoyer ces réponses avant le 31 mars 1900.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

QUESTIONNAIRE 1. — Filetage cylindrique pour tubes

QUESTIONS.	FILETAGE A GAZ d'après WHITWORTH STANDARD.
1. A quelle dimension du tube ou de la barre se règle la mesure du filetage ?	Au diamètre intérieur du tube.
2. La section fondamentale du filetage est-elle changée d'après l'épaisseur du tube ?	Non.
3. En cas d'affirmative, de quelle manière ?	———
4. Quelle est la section fondamentale du filetage ?	 $\frac{1}{2}(D-d) = \frac{4}{6}t$ $t = 0{,}96\,S.$
5. De quelle manière la section fondamentale du filetage est-elle changée d'après la nature des matériaux : Fer, Cuivre ou Bronze ?	D'aucune manière.

6. Quelles sont les dimensions réelles du filetage ?	a diamètre.	D	d	n	S
Dimensions du filetage. D = diamètre extérieur du filetage. d = diamètre du noyau. n = nombre de fils par pouce anglais ('). S = pas.	$^1/_8{}''$	0,3825″ = 9,7153 mM	0,3367″ = 8,552 mM	28	0,0357″ = 0,9068 mM
	$^1/_4{}''$	0,5180″ = 13,1569 mM	0,4506″ = 11,4450 mM	19	0,0526″ = 1,3368 mM
	$^3/_8{}''$				
	$^1/_2{}''$	0,8257″ = 20,9724 mM	0,7342″ = 18,6484 mM	14	0,0714″ = 1,8136 mM
	$^5/_8{}''$				
	$^3/_4{}''$				
	$^7/_8{}''$				
	$1''$	1,3090″ = 33,2479 mM	1,1925″ = 30,2889 mM		
	$1\ ^1/_8{}''$				
	$1\ ^1/_4{}''$				
	$1\ ^3/_8{}''$				
	$1\ ^1/_2{}''$				
	$1\ ^5/_8{}''$			11	0,0909″ = 2,3091 mM
	$1\ ^3/_4{}''$				
	$2''$				
	$2\ ^1/_4{}''$				
	$2\ ^1/_2{}''$				
	$2\ ^3/_4{}''$				
	$3''$	3,4850″ = 88,5173 mM	3,3685″ = 85,5582 mM		

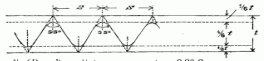
N.-B. — Sous le titre „ Filetage à gaz d'après Whitworth Standard " on a mentionné, pour permettre la comparaison et comme exemple, les dimensions données par quelques manuels.

a désigne le *diamètre intérieur* du tube (en pouces pour le Whitworth).

de 1/8 à 3 pouces anglais (3,175 à 76,20 mm.).

POUR TUBES.								POUR BARRES (entretoises).			
FER.				CUIVRE OU BRONZE.				FER OU CUIVRE (BRONZE).			
a	D	d	n / S	a	D	d	n / S		D	d	n / S

QUESTIONNAIRE 2. — Filetage conique pour tubes

QUESTIONS.	FILETAGE A GAZ d'après WHITWORTH STANDARD.
1. Quel est le degré de conicité ?	———
2. La profondeur du filet est-elle uniforme sur toute la longueur ?	———
3. Sinon, de quelle manière la profondeur du filet est-elle diminuée ?	———
4. A quelle dimension du tube ou de la barre se règle la mesure du filetage ?	Au diamètre intérieur du tube.
5. La section fondamentale du filetage varie-t-elle avec l'épaisseur du tube ?	Non.
6. En cas d'affirmative, de quelle manière ?	———
7. Quelle est la section fondamentale du filetage ?	 $^1/_2\ (D - d) = {}^4/_6\ t.$ $t = 0{,}96\ S.$
8. De quelle manière la section fondamentale du filetage est-elle changée d'après la nature des matériaux : Fer, Cuivre ou Bronze ?	D'aucune manière.

9. Quelles sont les dimensions réelles du filetage ?

Dimensions du filetage. — D = diamètre extérieur du filetage. d = diamètre du noyau. n = nombre de fils par pouce anglais ('). S = pas.

N. B. — Sous « Filetage à gaz d'après Witworth Standard » est mentionné, pour faire la comparaison et en exemple, ce qu'on trouve dans quelques manuels.

Sous a est donné le *diamètre intérieur* du tube.

a nom.	D	d	n	S
1/8"	0,3825" = 9,7153mM	0,3367" = 8,552mM	28	0,0357" = 0,9068mM
1/4"	0,5180" = 13,1569mM	0,4506" = 11,4450mM	19	0,0326" = 1,3308mM
3/8"				
1/2"	0,8257" = 20,9724mM	0,7342" = 18,6483mM	14	0,0714" = 1,8136mM
5/8"				
3/4"				
7/8"				
1"	1,3090" = 33,2479mM	1,1925" = 30,2889mM		
1 1/8"				
1 1/4"				
1 3/8"				
1 1/2"				
1 5/8"			11	0,0909" = 2,3091mM
1 3/4"				
2"				
2 1/4"				
2 1/2"				
2 3/4"				
3"	3,4850" = 88,5173mM	3,3685" = 85,5582mM		

de 18 à 3 pouces anglais (3,175 à 76,20 mm).

POUR TUBES OU APPENDAGES.									POUR BARRES PLEINES (bouchons, etc.)			
FER.				CUIVRE OU BRONZE.					FER OU CUIVRE (BRONZE).			
a	D	d	n / S	a	D	d	n / S		D	d	n / S

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

NOTES DE MÉCANIQUE

CHARGEUSE *Lentz* POUR FOURS A RÉCHAUFFER

Cette machine, adoptée par la Mac Kenna Steel Working C°, de Milwaukee, a pour objet de charger dans des fours de vieux rails à réchauffer avant de les repasser au laminoir.

Le châssis de la machine est en forme de table divisée (fig. 1 et 3) en trois sec-

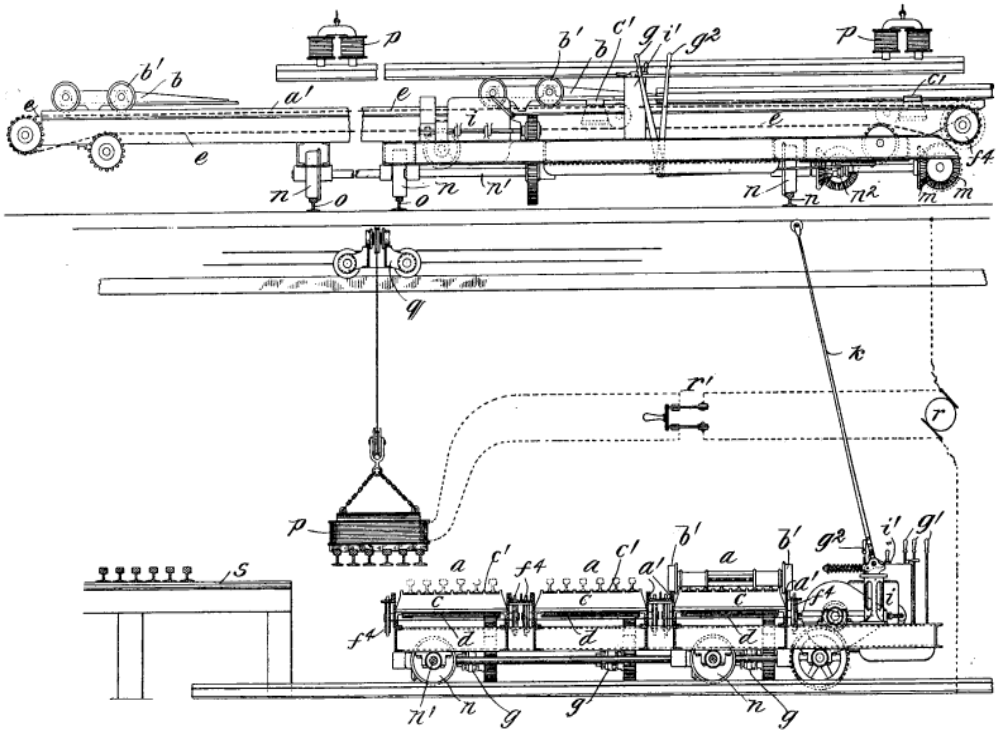


Fig. 1 et 2. — Chargeuse *Lenz*. Élévation et vue par bout (3-3), fig. 3.

tions *a a a*, séparées par des rails *a'*, sur lesquels roulent des pousseurs *b b' b'*. Chacune de ces sections portent six rails, maintenus par des guides *c c'* et soutenus par des rouleaux *d d*. Chacun des pousseurs est mené par deux chaînes sans fin *e e'*, commandées par les roues à chaînes $f_1 f_1$, des trois arbres $f_3 f_3 f_3$, dont les pignons f_2 sont en prise avec ceux *f''*, embrayables, de la plate-forme *h*, par les renvois $g' g' g'$, avec

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'arbre f, que la dynamo i, à commutateur i', commandée par le train $l m$, qui permet ainsi d'avancer, reculer ou arrêter à volonté chacun des poussoirs. Un autre embrayage n^2, commandé par g_2, permet à cette même dynamo de faire, par $n n'$, rouler la machine sur ses rails $o o$.

Le courant est amené à la dynamo i par le trolley k.

Les rails, enlevés six par six, de la table s par deux électro-aimants $p p$, excités par le circuit $z z'$ et à chariot q, sont déposés sur les sections a dans leurs guides $c c'$, par

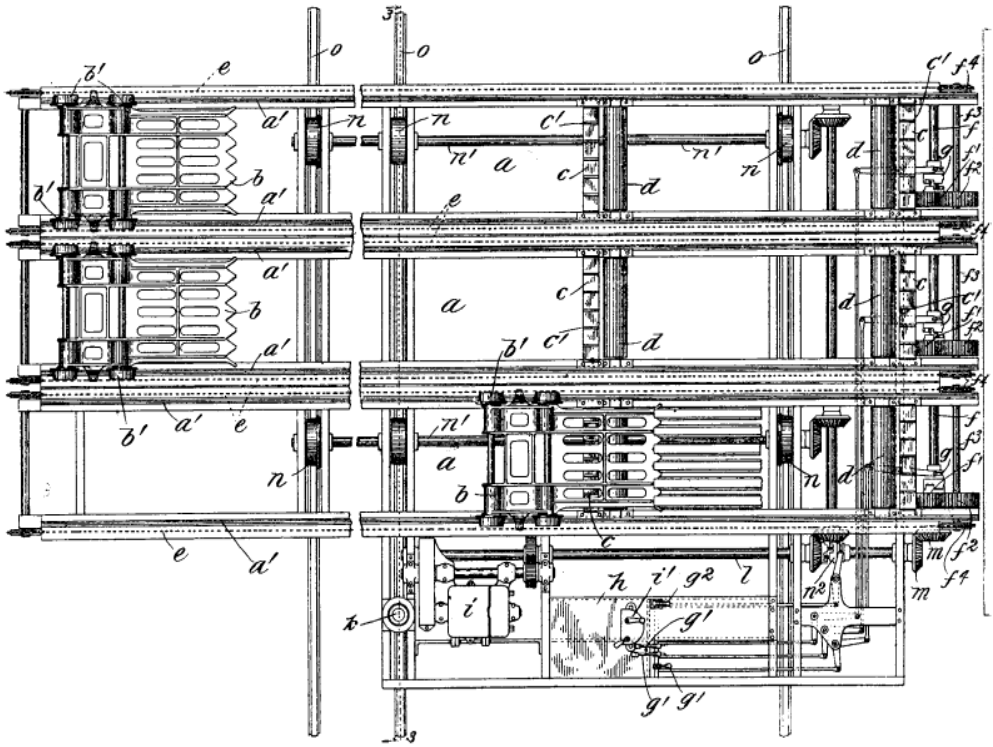


Fig. 3. — Chargeuse *Lenz*. Plan.

des poulies de p, lâchés par leurs électros en coupant z', puis poussés au four par les six taquets de chacun des poussoirs $b\ b'\ b'$, après avoir amené, par g_2, sa section vis-à-vis de la porte du four.

La machine très expéditive de M. Lentz peut être citée comme un excellent exemple de l'application, si fréquente aujourd'hui, de l'électricité à la mécanique des forges.

MACHINE *Baker* A FAIRE LES VIS A BOIS (1)

La principale particularité de cette ingénieuse machine est (fig. 1 à 6) son outil même, constitué par une fraise c, dont la face coupante est parallèle à l'axe de la vis

(1) *American Machinist*, 23 janvier 1900.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

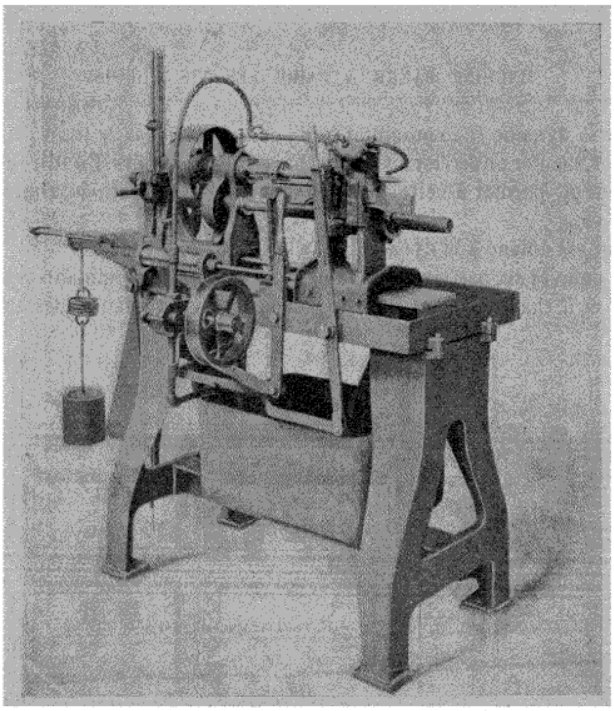


Fig. 1. — Machine à vis *Baker* vue du côté des leviers.

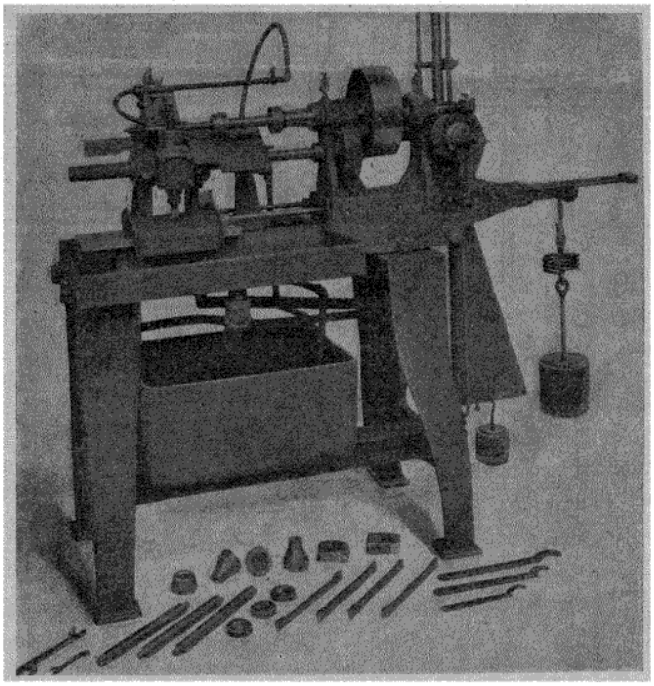


Fig. 2. — Machine à vis *Baker* vue du côté de l'outil.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

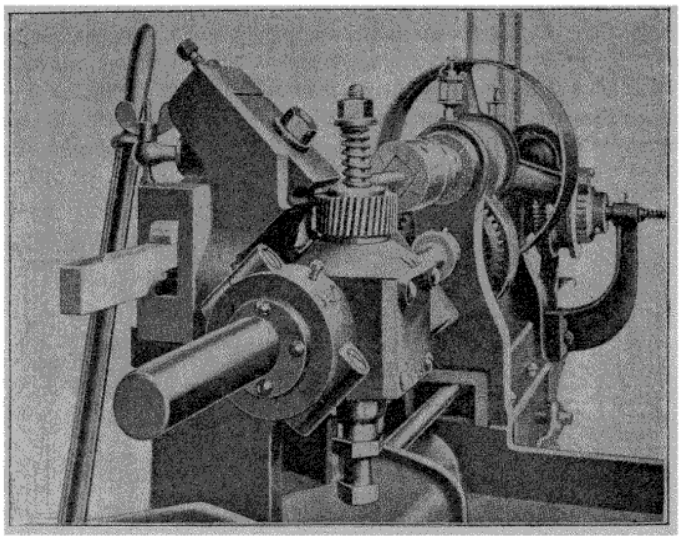


Fig. 3. — Machine *Baker*. Détail du chariot.

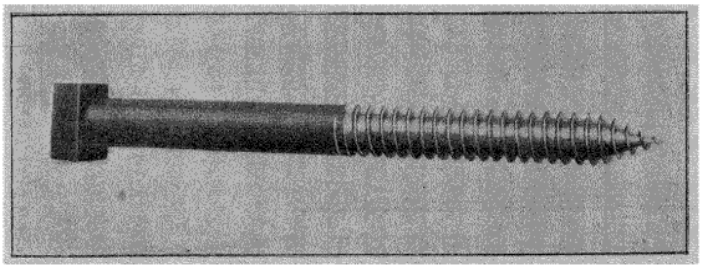


Fig. 4. — Type des vis exécutées par la machine *Baker*.

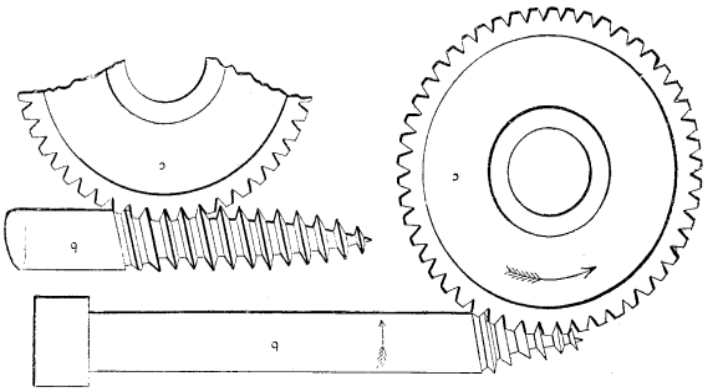


Fig. 5 et 6. — Principe de l'action de l'outil dans la machine *Baker*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en taille *b*, et que l'on peut considérer comme engendré par la section du pignon hélicoïdal correspondant à cette vis par un plan perpendiculaire à l'axe de *c* et passant par le point de tangence de *b* avec *c*. En fait, *b* tourne dans *c* comme une vis dans son pignon.

Cette fraise, dont les dents toutes pareilles peuvent se tailler très facilement, est

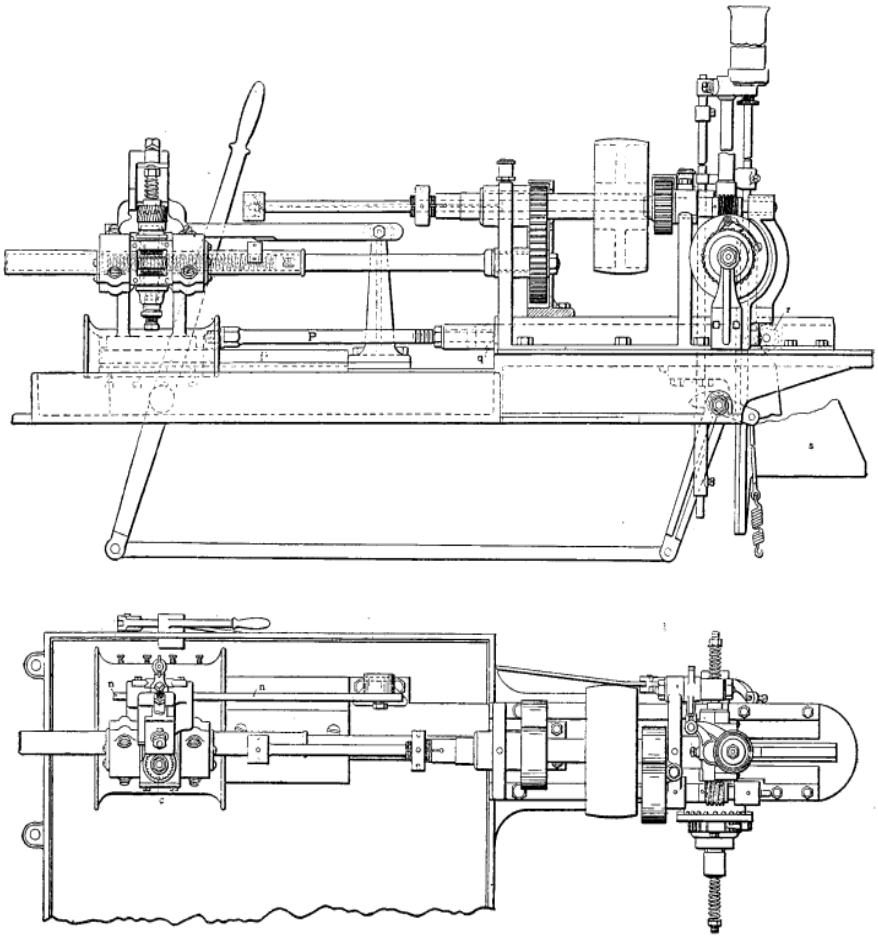


Fig. 7 et 8. — Machine à vis *Baker*. Élévation et plan.

disposée à l'extrémité d'un arbre vertical (fig. 3 et 10) qui reçoit son mouvement de rotation d'une vis sans fin plus longue que la vis à tailler, de sorte que l'on peut faire aller et venir les fraises de son chariot de toute cette longueur sans désengrener cet arbre.

La vis en taille est prise dans une broche qui s'ajuste à sa longueur, et elle a sa partie cylindrique (fig. 4) guidée et appuyée sur une portée demi-cylindrique en face de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'outil, dont elle reçoit la poussée. Le porte-outil k (fig. 10) pivoté sur des tourillons du chariot, est rappelé par la traction du ressort o sur son bras k^1, qui en appuie le galet m sur le gabarit n, taillé au profil longitudinal de la vis, qui se trouve ainsi suivi automatiquement par la fraise c. En outre, l'avance du chariot est commandée par la tige p (fig. 11) et la fourche q, à galet r ou v, appuyé par un contrepoids à corde tirant en q

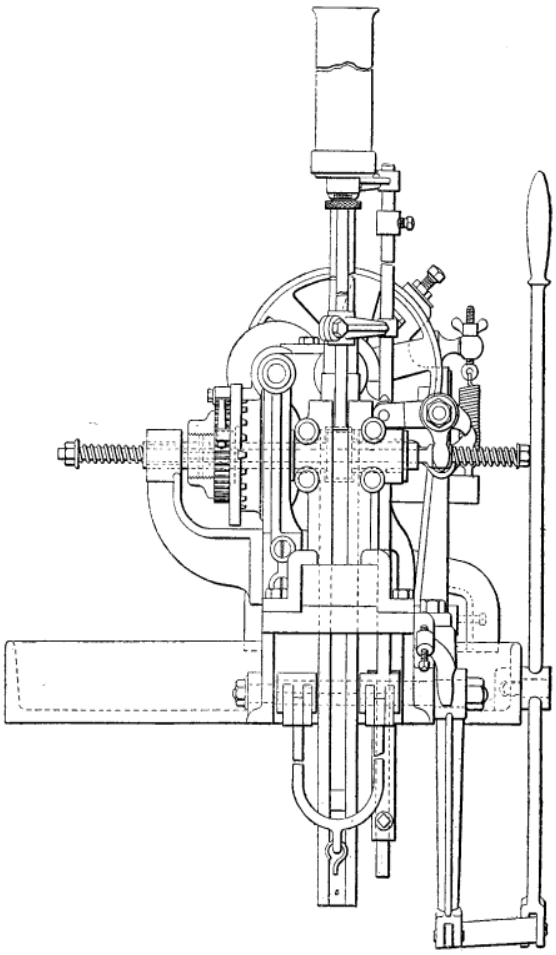


Fig. 9. — Machine à vis *Baker*. Vue par bout.

sur un gabarit s (fig. 7) soulevé par une crémaillère à pignon, commandé par la vis sans fin indiquée à droite de la figure 7, et profilé de façon que l'avancement du chariot soit très lent pendant la taille de la pointe de la vis, puis rapide pendant la taille de sa partie cylindrique. A la fin de la montée du gabarit s, un toc ajustable provoque un débrayage automatique w', qui le laisse retomber avec une vitesse atténuée par un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dashpot. L'avance du chariot est mise en train par le grand levier (fig. 7), le petit (fig. 1) ne servant qu'à l'arrêter à volonté, s'il le faut, avant la fin de sa course.

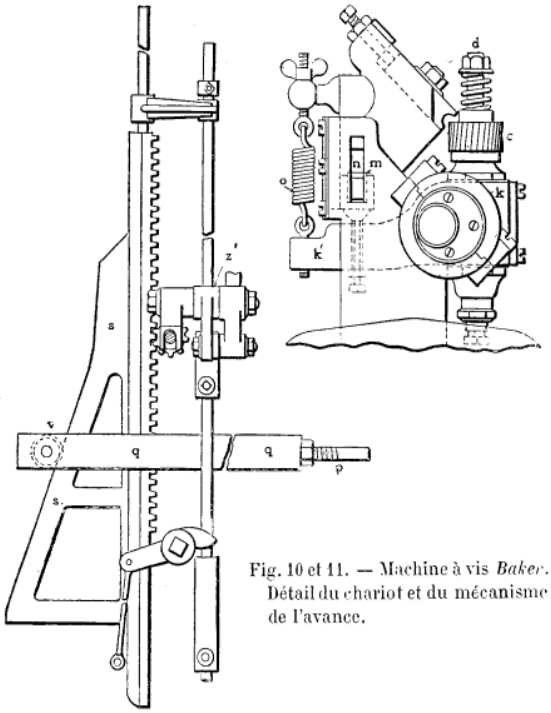


Fig. 10 et 11. — Machine à vis *Baker*. Détail du chariot et du mécanisme de l'avance.

Le graissage se fait par une circulation d'huile au moyen d'une pompe centrifuge Cette machine est construite par la maison Baker, de Toledo, Ohio.

LE PRESSAGE DE L'ACIER, D'APRÈS *M. H. V. Loss* (1).

On peut classer les opérations exécutées par pressage sur l'acier en trois genres, suivant que l'écoulement du métal traité est :

1° Absolument libre dans toutes les directions, comme dans le cisaillement;

2° Partiellement libre, comme dans le poinçonnage;

3° Absolument limité, comme dans le rivetage et l'emboutissage.

Dans les expériences exécutées par M. Loss sur ces presses, les pressions ont été enregistrées au moyen d'un indicateur analogue à celui des machines à vapeur, et relié au grand cylindre d'un piston hydraulique différentiel, dont le petit cylindre était relié à celui de la presse. On obtenait ainsi un diagramme dont les ordonnées donnent les pressions en livres par pouce carré, et les abscisses les longueurs parcourues par l'outil.

(1) *Journal of the Franklin Institute* décembre 1899, janvier et février 1900

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

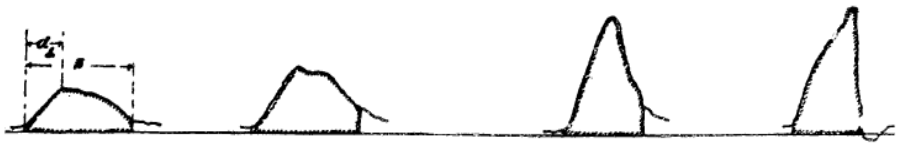
Pour le cisaillement, les expériences ont porté, à chaud, sur des barres de 100×100 à 250×250, et, à froid, sur des plats de 100 à 200 de large sur 20 à 65 millimètres d'épaisseur. On voit d'après les diagrammes types (fig. 1) de ces nombreux essais à chaud, que la résistance du métal au cisaillement augmente rapidement, puis atteint plus ou moins vite son maximum, et décroît ensuite rapidement. La résistance par centimètre carré de section cisaillée à chaud à 1100° : température d'entrée au laminoir, varie de 350 kilogrammes pour des lingots de 230×230, à 630 kilogrammes pour des barres de 150×150, et 770 kilogrammes pour une section de 100×165, toutes dans de l'acier à 0,20 p. 100 de carbone, résistant à 50 kilogrammes par millimètre

N° 1. N° 2. N° 3.

Fig. 1. — Cisaillements à chaud d'une barre d'acier de 150 × 150 millimètres.

Pressions maxima en kilogrammes par centimètre carré.	N° 1. 630	N° 2. 730	N° 3. 770
Kilogrammètres par centimètre carré de section. . . .	17	18	20

carré. Pendant son passage au laminoir, la température du lingot s'abaisse à environ 980°, ce qui augmente sa résistance de 50 p. 100 pour les gros lingots et de 100 p. 100 pour les petits. L'énergie dépensée par centimètre carré de section varie de 113 kilogrammètres, pour les sections de 230×230, à 170 kilogrammètres pour les petites sections, et cette dépense d'énergie augmente, quand la température baisse, de 40 p. 100 pour les gros lingots et de 75 à 80 p. 100 pour les petits. Avec des aciers à ressorts à 1 p. 100 de carbone, rompant à 90 kilogrammes, la résistance et l'énergie



Lame à 8°. Fer de 30 mm. | Lame à 8°. Acier de 38 mm. | Lame à 4°. Acier de 38 mm. | Lames plates. Acier de 38 mm.

Fig. 2. — Cisaillements à froid.

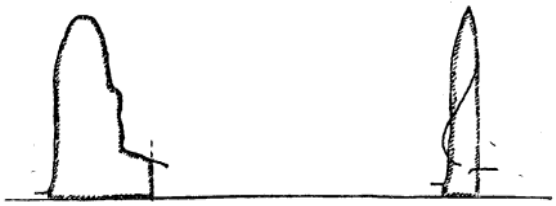
absorbée augmentent respectivement de 25 et 14 p. 100 par rapport à l'acier précédent. Les irrégularités des diagrammes sont dues principalement à ce que la pompe de la cisaille en commandait directement le piston hydraulique sans interposition d'un accumulateur.

Les diagrammes, fig. 2, de cisaillement à froid ont une allure sensiblement indépendante de la forme de la section, la pression monte plus vite qu'à chaud et d'autant plus vite que l'angle d'inclinaison de la lame est moindre ; le maximum est en outre atteint plus vite avec l'acier qu'avec le fer. Avec des lames droites (fig. 3 et 4), le diagramme, très court, indique une véritable rupture très violente : la pression par centimètre carré atteint, pour un acier rompant à 49 kilogrammes, et avec des lames

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plates environ 3 360 kilogrammes. Avec une lame biseautée à 4° cette pression passe de 2 500 kilogrammes pour une épaisseur de 25 millimètres, à 3 150 pour une épaisseur de 50 millimètres, au lieu de 1 540 et 2 340 kilogrammes avec des lames à 8°.

Le travail absorbé, par centimètre de largeur, avec des épaisseurs de 25 et



Cornière de 150 × 150 × 19 mm. Cornière de 150 × 150 × 13 mm.

Fig. 3 et 4. — Cisaillements à froid et avec lames plates.

50 millimètres, et pour des lames à 8°, 4° et droites, sont respectivement de 375, 55 et 66, 88, 110 et 275 kilogrammètres.

La pression P, nécessaire pour cisailler un fer cornière à ailes, de longueur a et b et d'épaisseur t est donnée par la formule

$$P^{kil} = \frac{1}{2} f (a + b) \sqrt{t},$$

f, étant la résistance à la rupture par centimètre carré; et le travail ou l'énergie E à dépenser est donné par l'expression

$$E = 88 (a + b) t^2.$$

Les cisailles ordinaires ne coupent pas, mais, en réalité, brisent les barres ou tôles traitées à froid : les lames compriment la surface du métal en concentrant leur effort sur un centre de pression situé à peu de distance de la ligne de rupture finale, et le produit de cet effort par cette distance est le moment fléchissant du cisaillement. Cette distance varie avec l'épaisseur t, et sa considération a conduit, pour la pression nécessaire au cisaillement avec des barres plates, à l'expression

$$P = \frac{3}{5} w t f,$$

w étant la largeur de la barre, t son épaisseur, et f sa résistance de rupture par flexion.

La rupture à froid s'opère toujours avant la pénétration complète de la lame dans la barre, en un point s de sa pénétration donnée par la formule

$$s = \frac{4}{9} (3 \sqrt{t^2} + w \operatorname{tang} \alpha),$$

α étant l'angle de la lame en degrés.

Poinçonnage. — Le poinçonnage diffère essentiellement du cisaillage en ce que l'écoulement latéral du métal est empêché par les parois du trou, où le poinçon semble s'enfoncer en déterminant la rupture successive d'une série de couches de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

métal, jusqu'à ce que la résistance maxima à son avancement soit atteinte (fig. 5) pour décroître immédiatement et très vite, sans se prolonger plus ou moins comme dans le cisaillement.

Lorsqu'on doit poinçonner un grand nombre de trous, on dispose les poinçons en

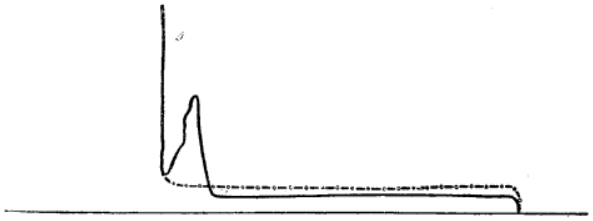


Fig. 5. — Poinçonnage de six trous de 25 millimètres dans une tôle d'acier de 13 millimètres à froid.

Travail. . . . . 26 kilogrammètres par centimètre carré de section.
Pression maxima. . 2 450k par centimètre carré de section.

groupes en retraits l'un sur l'autre de manière à uniformiser la pression pendant toute leur course (fig. 6).

D'un grand nombre d'essais sur des épaisseurs de 10, 11 et 13 millimètres, il résulte que l'effort par centimètre carré de section poinçonnée, dans de l'acier à 50 kilogrammes environ, varie de 2 100 à 2 700 kilogrammes, et que le travail a dépenser

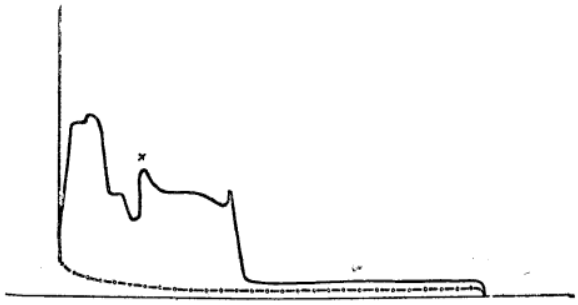


Fig. 6.

par centimètre carré d'arrachement est d'environ 30 kilogrammètres, et ce avec des poinçons du type à plan incliné de $\frac{11}{32}$ ou de 0,3 (fig. 7). Avec le plus petit de ces poinçons, la résistance s'est élevée de 2 800 kilogrammes et le travail à 27 kilogrammètres.

Emboutissage et refoulement. — Ces opérations se divisent en trois classes, suivant que les matrices sont : (*a*) toutes fixes, le poinçon refouleur étant seul mobile, (*b*) en partie mobiles, ou, (*c*) toutes mobiles.

Le premier type (*a*) presque exclusivement employé jusqu'à nos jours, exige (fig. 8) une puissance disproportionnée avec le résultat obtenu, une pression énorme pour le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

refoulement final au bout de course, si le refoulement doit s'étendre un peu loin autour du poinçon : de là, une grande fatigue et usure des pièces.

Le rivetage est une opération type de ce genre : ainsi qu'on le voit par les diagrammes fig. 9, le travail, très faible au commencement de la course du riveur, augmente énormément vers la fin, principalement par le glissement de la matière refroidie

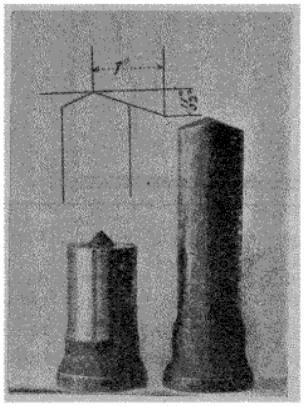


Fig. 7.

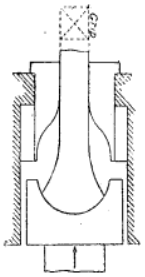


Fig. 8.

sur les surfaces rugueuses les plus éloignées de la bouterolle, et qui offre, dans la rivure des ponts, une résistance beaucoup plus grande que dans celle des chaudières. Pour des rivets de 19 à 27 millimètres, le finissage de la tête exige des pressions de 60 à 70 tonnes et des travaux de 1 000 à 1 300 kilogrammètres, ou proportionnels au carré

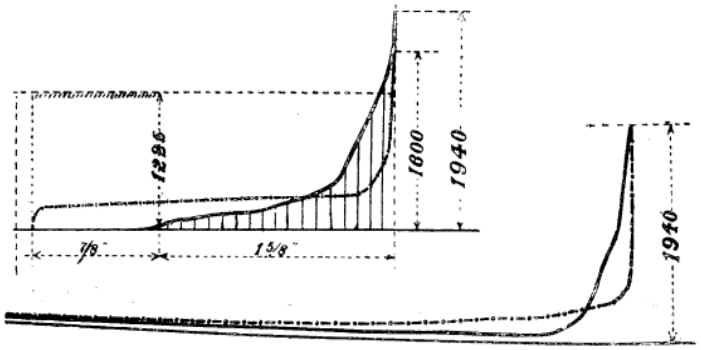


Fig. 9. — Diagrammes de rivetage. Rivets de 22 et 19 millimètres. Les courses sont en pouces (22 et 41 millimètres) et les pressions en livres par pouce carré (0k,07 par centimètre carré).

des diamètres. Pour des rivures de chaudières à trous bien percés et à rivets courts, ces pressions s'abaissent jusqu'à 25, 33, 50, 66, 75 et 100 tonnes, avec des rivets de 15, 19, 22, 25, 28 et 32 millimètres de diamètre. D'après M. Sellers, la pression nécessaire pour le refoulement de la tête serait d'environ 21 tonnes par centimètre carré de rivet.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Avec (*b*) des matrices en partie mobiles, les efforts, pendant toute la durée du refoulement, sont (fig. 12 et 13) plus réguliers et beaucoup moindres qu'en fig. 9.

Quand (*c*) toutes les matrices sont mobiles, elles concourent simultanément, par leur mouvement propre, à accélérer et à régulariser l'écoulement du métal; dans ce cas (fig. 12) le refoulement commence au point le plus éloigné du poinçon, à l'inverse du premier cas (fig. 8), et le travail est considérable dès le commencement de la course. Cette méthode est donc, de beaucoup, la meilleure, la plus économique, et aussi celle qui donne les arêtes les plus vives aux points éloignés du poinçon.

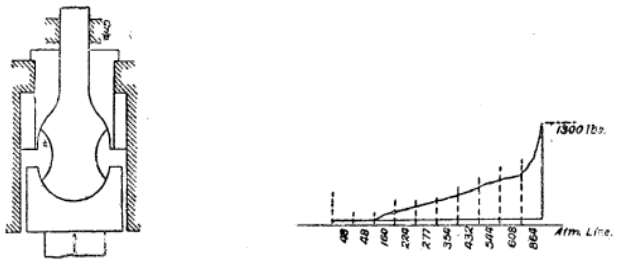


Fig. 10 et 11. — Emboutissage d'un œillet de barre du pont refoulée sur la matrice fixe du bas et étirée par celle mobile du haut.

L'une de ses applications les plus répandues est l'emboutissage à la presse hydraulique, à chaud ou à froid, pour des tôles de 7 à 10 millimètres d'épaisseur : dans les deux cas, le travail le plus considérable est, à chaud ou à froid, employé à l'exécution des coins et à l'aplanissement des plis. Le diagramme fig. 14 se réfère à l'em-

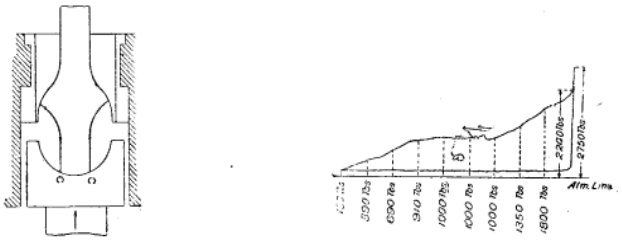


Fig. 12 et 13. — Emboutissage d'un œillet par deux matrices mobiles. Commencement de l'opération et diagramme de l'ensemble.

boutissage, au centre, d'un longeron de wagon en acier de 5m,20 de long sur 8 millimètres d'épaisseur, avec ailes de 100 millimètres.

On peut évaluer, pour l'emboutissage à froid des tôles d'acier résistant à 49 kilogrammes à la rupture, les pressions, par centimètre linéaire de l'emboutis, à 120 et 150 kilogrammes pour des épaisseurs de 6 millimètres, 140 à 150 kilogrammes pour 8 millimètres.

Comme il se produit presque toujours, en même temps que la courbure de l'emboutissage, un certain étirement du métal, ces chiffres ne sont évidemment que des approximations, et c'est cette considération de l'étirage qui décide si l'emboutissage

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

doit se faire à chaud ou à froid. Un grand nombre d'essais exécutés sur des tôles d'acier au rouge vif, de 6, 11 et 13 millimètres d'épaisseur, ont montré que la pression nécessaire pour commencer le pliage varie de 36 kilogrammes par centimètre courant, pour les tôles de 6 millimètres, à 75 kilogrammes pour celle de 13 millimètres, puis s'élève à 420 et 540 kilogrammes pour compléter l'emboutissage et les coins : pour enlever les plis, il faut environ une pression de 100 kilogrammes par centimètre carré de la surface plissée. Le travail à dépenser pour l'emboutissage à chaud de tôles d'acier de

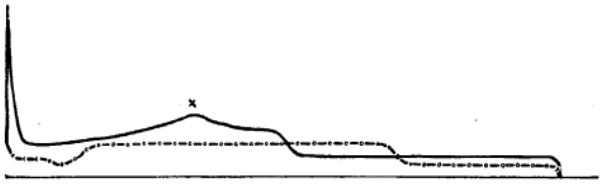


Fig. 14. — Emboutissage à froid d'un longeron de wagon en acier de $5^{m},15 \times 8^{mm}$ avec cornières de 98 millimètres.

Pression maxima, 66^{k} par centimètre carré ; en x, 23^{k}.

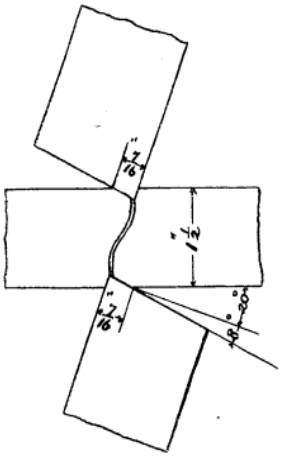


Fig. 15.

6 et 10 millimètres d'épaisseur est d'environ 5,5 et 20 kilogrammètres par centimètre courant, ou de 8 à 20 kilogrammètres par centimètre carré.

Dans la discussion du mémoire de M. Loss, *M. Lewis* cite une expérience de cisaillement exécutée par lui sur une barre de 1 pouce 1/2 (38 millimètres) d'épaisseur libre de basculer entre les lames, et qui se rompit après avoir ainsi basculé de 20° environ, avec les lames enfoncées de 7/16 de pouce (11 millimètres) (fig. 15) sous deux efforts : l'un, de tension, égal au $\frac{5}{3}$ de celui de cisaillement, et l'autre, de compression, égal aux $\frac{2}{3}$ de l'effort de cisaillement, d'où il suit que la rupture se fit sous un effort de cisaillement égal aux $\frac{3}{5}$ de la résistance à la rupture par traction.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il cite, en outre, les expériences suivantes, exécutées avec des poinçons de 19 millimètres et matrices plus larges de 3 millimètres, les uns plats (fig. 16) et les autres en V inclinés de 120°, et qui ont donné, par centimètre carré, les pressions indiquées au tableau ci-après :

	Tôles de fer.		Tôles en acier pour chaudières.	
Épaisseur.	Poinçon plat.	Poinçon en V.	Poinçon plat.	Poinçon en V.
Millimètres.	Kilog.	Kilog.	Kilog.	Kilog.
6	2 100	780	2 400	1 950
9,5	2 400	1 950	2 500	2 500
13	2 450	2 000	2 590	2 600
16	2 530	2 140		
19	2 360	2 530		

APPAREIL POUR L'ESSAI DES INJECTEURS INSTALLÉ AU LABORATOIRE DE MÉCANIQUE DE L'*Institut technologique du Massachusetts* (1).

La vapeur arrive aux injecteurs en essai par le tuyau A (fig. 1) et les branchements BB; un manomètre donne la pression de la vapeur, réglée par l'étranglement de

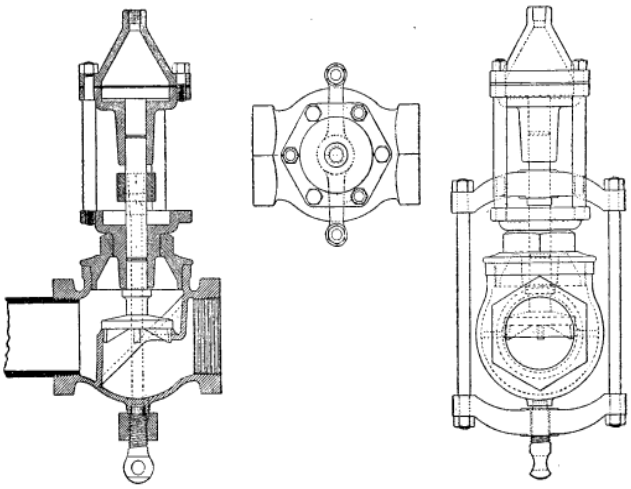


Fig. 2 et 3. — Valve de contre-pression de 70 millimètres.

la prise C; un calorimètre à étranglement donne l'humidité ou le titre de la vapeur. L'eau refoulée par les injecteurs passe, par les clapets de retenue B, au tuyau de refoulement E dont la pression est maintenue par la valve régulatrice F (fig. 2) à soupape avec tige prolongée par un piston que charge un diaphragme en communication par le petit tuyau G (fig. 1) avec le tuyau A, de sorte que cette soupape ne s'ouvre que sous une pression toujours proportionnelle à celle de A : égale, inférieure ou supérieure, suivant que le diamètre du piston est égal, inférieur ou supérieur à celui de

(1). *Technology Quarterly*, sept. 1899. Note de M. F. Park.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la soupape. Ce diamètre est assez grand pour que la levée de la soupape soit très faible,

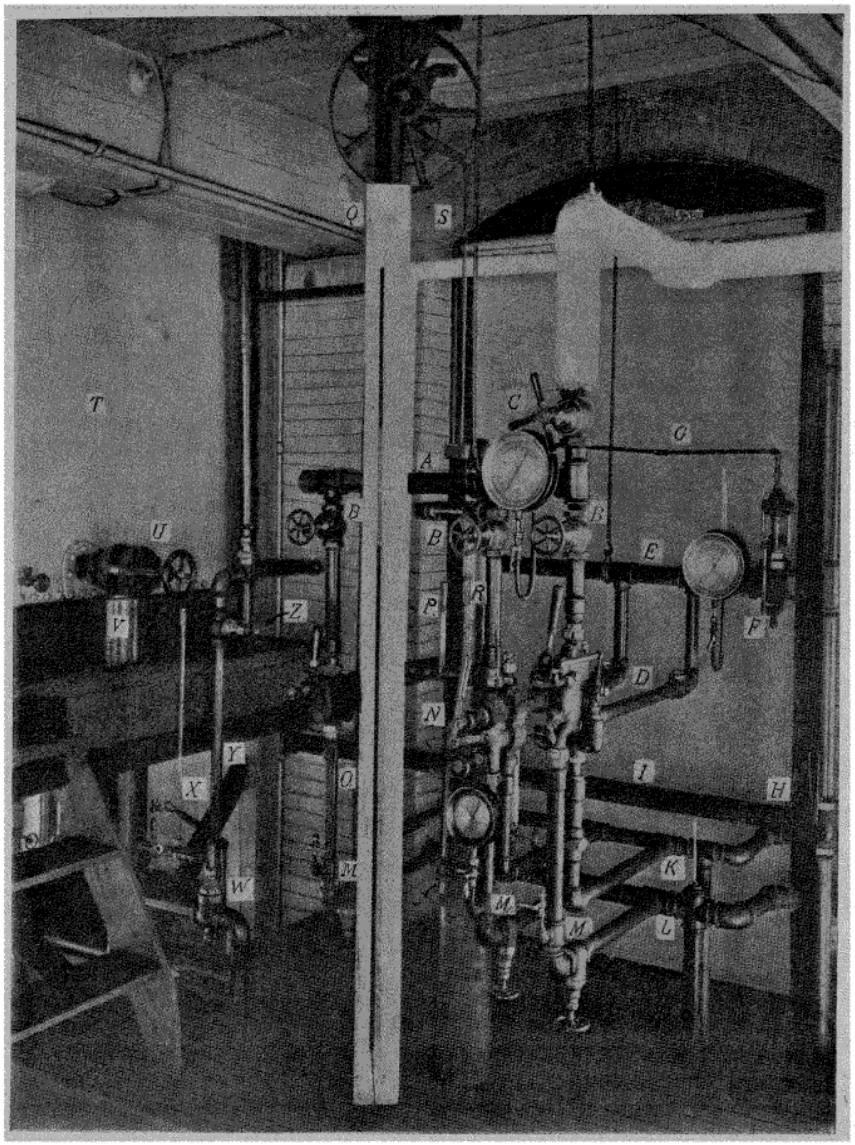


Fig. 1. — Installation pour l'essai des injecteurs du *Massachussetts Institution of Technology*.

et le diamètre du piston de charge est supérieur à celui de la soupape de ce qu'il faut pour augmenter la pression de refoulement comme elle l'est en pratique par les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

résistances de la tuyauterie. On peut facilement augmenter cette pression en suspendant des poids à la tige de la soupape.

Du régulateur H, l'eau de refoulement est envoyée par un robinet à trois voies H (fig. 1 et 4) soit au dehors par le tuyau I, soit, par J, aux réservoirs de dosage. Les trop-pleins des injecteurs débouchent dans un collecteur K, qui en amène l'eau dans un réservoir de jauge. L'aspiration L est reliée aux injecteurs par des branchements M. L'eau est amenée à la canalisation O (fig. 3) au travers d'une soupape g, à une colonne N, de 150 millimètres de diamètre, d'où elle passe à L par un clapet de retenue h et le robinet à trois voies k (fig. 4) manœuvré par p P (fig. 1) et qui permet de relier N

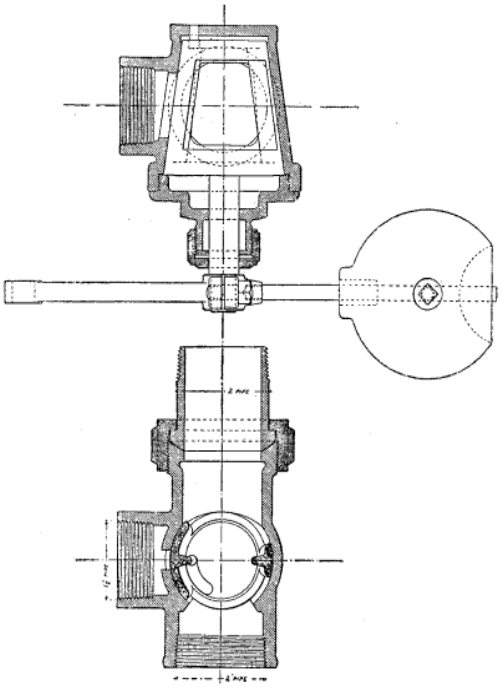


Fig. 4. — Robinet à trois voies.

avec L, ou N et L à un tuyau de vidange. Il faut, en effet, pouvoir vider à la fois N et L pour pouvoir amorcer l'injecteur avec un vide ou une aspiration. La valve g est (fig. 5) constituée par deux soupapes, à garnitures de cuir, et prolongées par des pistons cannelés qui ne laissent l'eau s'échapper qu'après une levée de 13 millimètres environ, assez haute pour que, même aux plus faibles débits, les soupapes ne battent pas sur leurs sièges. Ces soupapes s'équilibrent sur leur tige manœuvrée par une chaîne.

Le niveau en N, ou la charge de l'eau amenée aux injecteurs, est contrôlée par le dispositif (fig. 6) dont l'arbre porte, calés sur lui, deux poulies et un pignon a, et, fous deux leviers. La grande poulie porte une corde reliée au flotteur de N et la petite un contrepoids q (fig. 1) équilibrant en partie ce flotteur, le suivant dans ses mouvements,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et indiquant ainsi le niveau de l'eau sur une échelle, contrôlée elle-même par les indications des tubes de niveau de N. Le flotteur est constitué par un cylindre en cuivre de 127 × 305 de long, guidé par quatre ailettes, et que l'on charge au moyen de grains de plomb. Le pignon *a*, qui suit aussi les mouvements du flotteur, actionne par le cliquet *c* le levier *b*, relié par la chaîne *d* à la valve *g* qui, grâce à sa très faible résis-

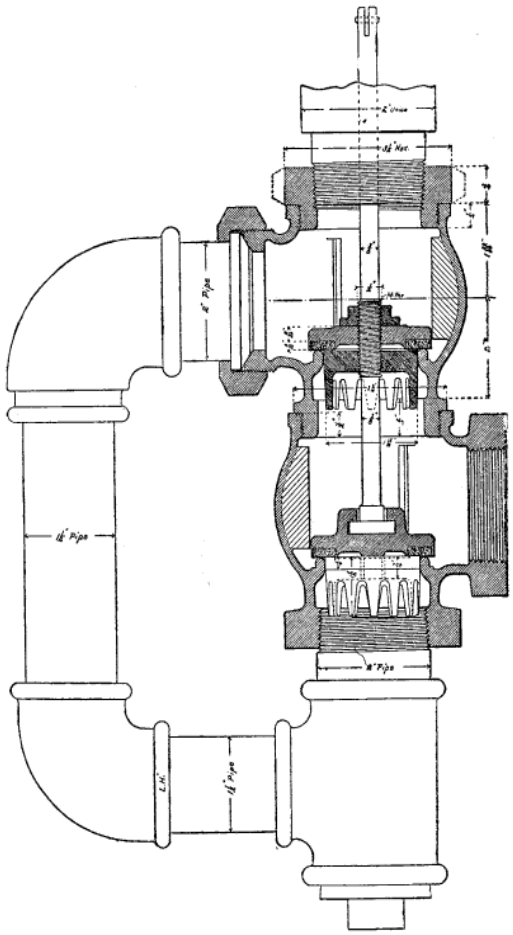


Fig. 5. — Valve équilibrée de 50 millimètres.

tance, maintient ainsi le niveau de N sensiblement constant. Cette résistance est très faible parce que le tuyau O est prolongé verticalement de manière à pouvoir rester ouvert à l'air libre, ce qui dispense de l'emploi d'un stuffing box à la tige de *g*. La charge de l'eau en N peut ainsi se régler de 0 à 7^{m},50 par fractions de 6 millimètres, en faisant passer le cliquet *c* d'une dent à l'autre du pignon *a*.

Pour diminuer la charge, il suffit d'ouvrir *g* à la main par la poignée R (fig. 1)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

relié au levier *b* par la chaîne *s*; pour l'augmenter, il suffit d'ouvrir, par P et le robinet à trois voies K (fig. 3), une fuite en N ; en même temps, la corde *f*, reliée à P, dégage par le levier *e* (fig. 6) le cliquet *c* de *a*, de sorte que le jeu du flotteur est interrompu.

Le tuyau O est alimenté par un réservoir T (fig. 1) sur bascule, le robinet U et la chambre V, à niveau X, reliée à O par le robinet W. On peut aussi amorcer l'injecteur par un tuyau d'alimentation Y, à robinet Z. Après quoi, pour faire un essai, on laisse le refoulement s'écouler au dehors par le robinet à trois voies H, on règle la charge,

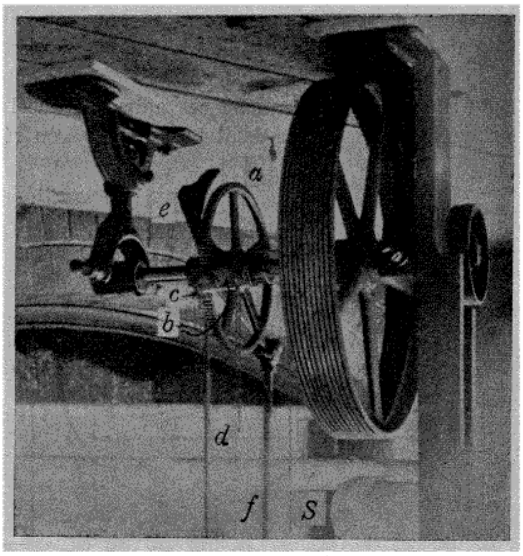


Fig. 6. — Régulateur de charge.

on pèse T et les réservoirs vides de refoulement et de trop-plein ; on ferme par Z, quelques secondes avant le commencement de l'essai, l'alimentation, fournie alors par V, puis on rouvre T par U à l'aspiration et H au refoulement. A la fin de l'essai, on ferme U, puis W et H, et on ramène l'eau en V au même niveau X qu'au commencement de l'essai. La différence entre les poids de l'eau refoulée et aspirée, qui donne la dépense de vapeur correspondante à ce débit, doit être mesurée avec une grande précision, car une erreur de 1 p. 100 dans ces pesées amènerait une erreur de 10 p. 100 environ dans l'évaluation de la dépense de vapeur.

LES COMPTEURS D'EAU POUR FAIBLES DÉBITS, D'APRÈS *M. W. Shonheyder* (1).

Les pertes d'eau par gaspillages et fuites dans les installations ménagères sont, au total, très importantes. M. Shonheyder les évalue, pour Londres, à 45 litres par tête et par jour, ou à 225 000 mètres cubes pour une population de 5 millions d'habitants. Le seul moyen de les éviter est l'emploi de compteurs appropriés aux très faibles débits.

(1) Mémoire lu à l'*Institution of Mechanical Engineers, London*, en janvier 1900.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ces compteurs peuvent se diviser en six classes :

1° *Compteurs à basse pression.* — Fort bien adaptés à la mesure des faibles débits, ces compteurs ont l'inconvénient de faire perdre presque toute la pression des conduites qui les alimentent, de sorte qu'il faut les placer, pour se procurer la pression nécessaire, le plus haut possible, par exemple sous les combles, où ils sont peu accessibles aux agents vérificateurs. L'un des plus anciens et des plus connus est celui de Parkinson (fig. 1) (1851), analogue aux compteurs à gaz, avec une seule pièce mobile, très durable, exact jusqu'aux plus faibles débits, mais d'un rendement assez faible : 450, 900 et 1 800 litres par heure pour des compteurs de 15, 20 et 257 millimètres d'ouverture, c'est-à-dire trois fois moindre que celui des autres compteurs. Pour les grands débits, on remplace l'ajutage unique par plusieurs du même diamètre. On ne mesure alors directement que le débit d'un seul de ces ajutages, que l'on multiplie par le mouvement d'horlogerie pour avoir le débit total : mais il en résulte des erreurs

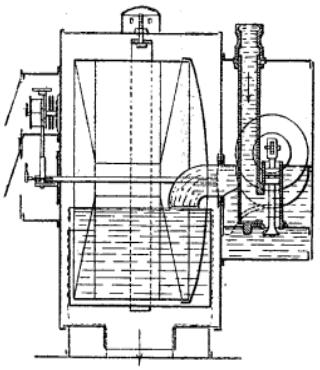


Fig. 1. — Compteur *Parkinson*

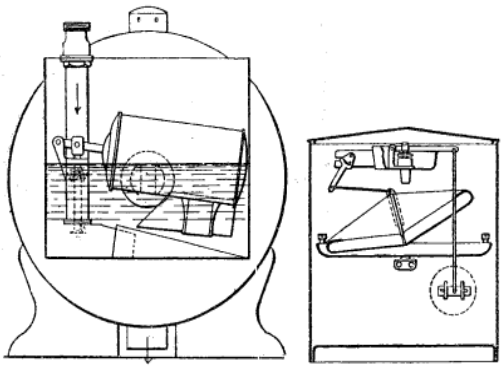


Fig. 2. — Compteur à bascule.

considérables en plus ou en moins, si l'un ou plusieurs des orifices viennent à s'obstruer. Le type à bascule, genre pluviomètre, a (fig. 2) pour organe principal un réservoir triangulaire en deux parties, qui bascule quand l'une de ses moitiés est pleine et présente l'autre au remplissage. Dans ce compteur, comme dans le précédent, le débit est limité par un flotteur.

2° *Compteurs estimatifs.* — Ces appareils ne mesurent pas directement le volume d'eau qui les traverse, mais permettent de l'estimer d'après le nombre des tours de la turbine qui est leur seule pièce mobile. Simples, petits, légers et bon marché, ces compteurs sont suffisamment exacts quand l'eau les traverse avec une assez grande vitesse, mais tout à fait inexacts pour les débits faibles et discontinus. L'un des plus anciens est celui de *Siemens* à turbine (fig. 3) ou à roue (fig. 4). Dans le type fig. 3, l'organe tournant est une véritable turbine, traversée en diagonale par le courant d'eau à mesurer, avec ailettes retardatrices pour l'empêcher d'aller trop vite aux grandes vitesses, graissage de la crapaudine et du mécanisme compteur par de l'huile bien enfermée. Dans le type fig. 4, l'organe rotatif est constitué par une petite roue à augets frappée par des jets d'eau et, dans certains types, ces jets sont réglés par une vanne à flotteur de manière qu'ils frappent les aubes toujours à la même vi esse, afin

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de rendre le compteur exact même aux faibles débits : mais le fonctionnement de ce dispositif est sujet à se déranger. On a aussi essayé d'assurer l'exactitude par l'emploi

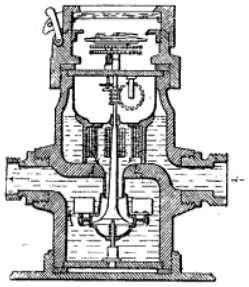
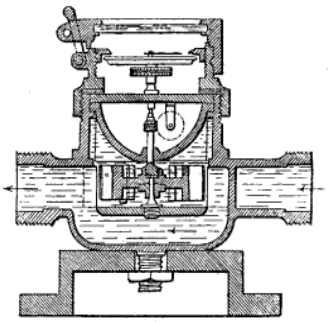


Fig. 3. — *Siemens* (turbine).



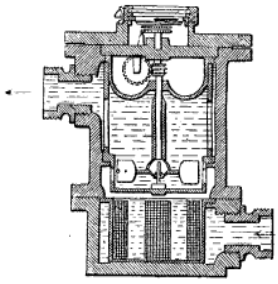


Fig. 4. — *Siemens* (Roue).

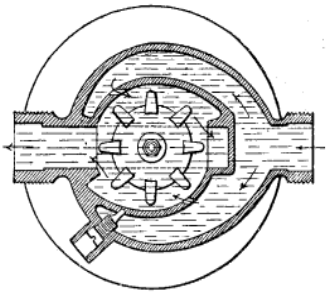


Fig. 5. — *Tylor*.

de deux compteurs de dimensions différentes, l'un pour les grands débits, l'autre pour les petits. Le compteur *Tylor* est (fig. 5) du type à roue en ébonite de manière à flotter dans l'eau et à ne pas fatiguer la crapaudine.

Il existe un très grand nombre de ces compteurs à turbines ou à roues, tous basés

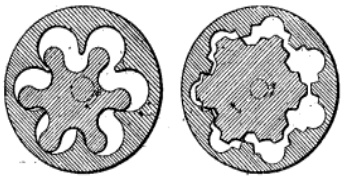


Fig. 6. — *Hersey*. Fig. 7. — *Crown*.

sur le même principe et fort inexacts pour les petits débits, donnant souvent des consommations trois à cinq fois moindres que la dépense réelle.

3° *Compteurs à compartiments*. — Dans ces compteurs, d'un emploi presque exclusif aux États-Unis, l'organe mobile se compose essentiellement d'un piston rotatif ou

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

disque en ébonite, mobile dans une chambre en bronze, et dont les déplacements mesurent le débit. Ils sont en général dépourvus de moyens pour rattraper l'usure, de sorte que leur entretien est difficile et coûteux et qu'ils perdent par des fuites s'aggravant avec le temps. Simples et peu coûteux, ils sont très exacts pour les grands débits : tels sont les compteurs *Hersey* (fig. 6), *Crown* (fig. 7), *Bee* ou *Thomson* (fig. 8), *Kent* (fig. 9). Le Kent seul possède un dispositif de rattrapage d'usure constitué par une vis ajustant un levier à garniture de verre sur le bord de son piston rotatif, dispositif délicat et non automatique. La plupart de ces compteurs ne peuvent être réparés

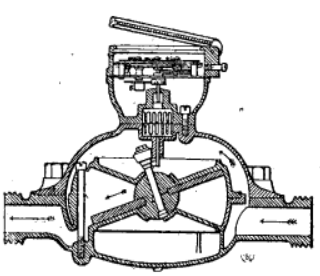


Fig. 8. — *Bee.*

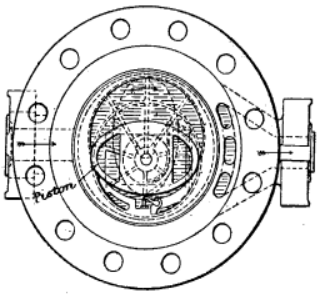


Fig. 9. — *Kent.*

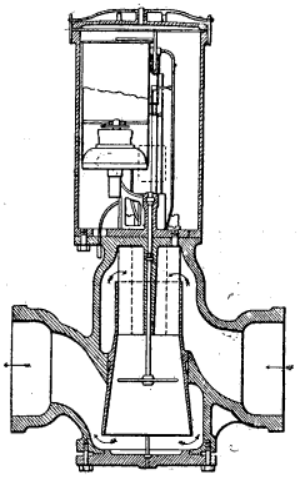


Fig. 10. — *Deacon.*

que par des mécaniciens. Ils sont, pour les petits débits, sujets à s'engorger et plus inexacts que même les compteurs à turbines.

4° *Compteur Venturi* (1). — Simple, exact et pouvant suffire aux plus grands débits, ce compteur ne peut servir au-dessous de son débit normal.

(1) *Bulletin* de mars 1899, p. 490.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

5° *Indicateurs de pertes.* — Celui de *Deacon* est (fig. 10) des plus simples : l'eau traverse suivant les flèches un tube conique en abaissant, à mesure que le débit augmente, un disque mince en métal, dont les déplacements, inscrits sur un tambour

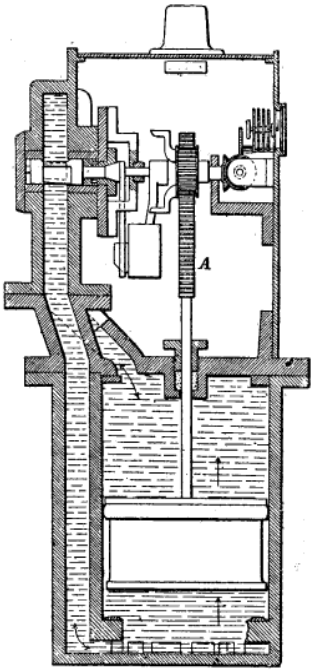


Fig. 11. — *Kennedy.*

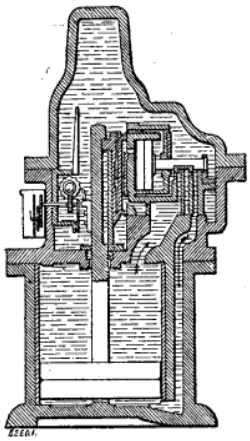


Fig. 12. — *Frost.*

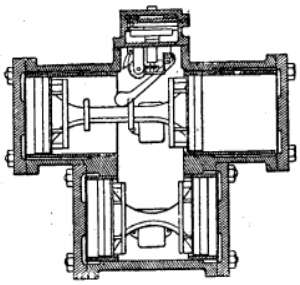


Fig. 13. — *Tylor.*

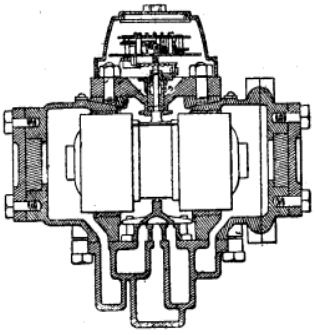


Fig. 14. *Worthington.*

animé d'un mouvement uniforme par un mécanisme d'horlogerie, donnent le diagramme des variations du débit à chaque heure du jour.

6° *Compteurs positifs.* — Les organes mobiles de ces compteurs se composent d'un ou plusieurs pistons alternatifs, dont les courses mesurent le débit, et des distributeurs nécessaires pour assurer le fonctionnement de ces pistons.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le compteur Kennedy, qui date d'une cinquantaine d'années et conserve encore une bonne réputation, est (fig. 11) à un seul piston, avec garniture constituée par un anneau de caoutchouc roulant sur le piston : son distributeur est un robinet commandé par une crémaillère du piston et disposé de manière à ne jamais arrêter complètement le mouvement de l'eau aux fonds de courses du piston et à éviter ainsi les chocs. Les renversements de ce robinet sont effectués par un contrepoids soulevé par

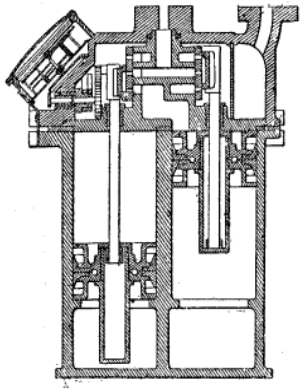


Fig. 15. — *Frager.*

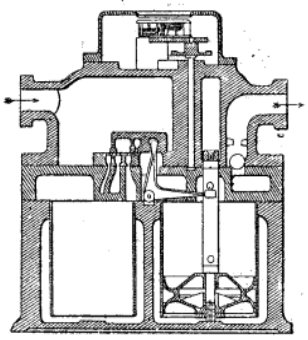


Fig. 16. — *Schreiber.*

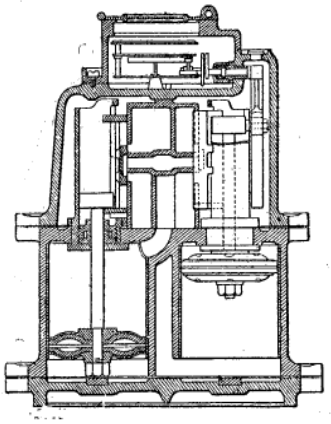


Fig. 17. — *Kent.*

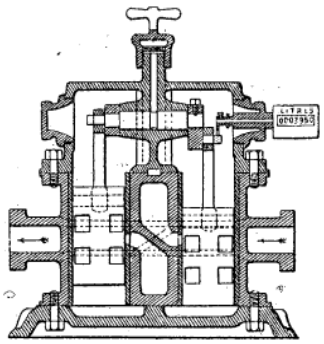


Fig. 18. — *Schmidt.*

la tige du piston et qui tombe aux fonds de courses. Dès lors, la longueur de ces courses varie avec la vitesse du piston ; mais le mécanisme du compteur est disposé de manière à enregistrer, non le nombre, mais la longueur totale de ces courses. Ces compteurs sont à grand volume et à marche lente, sans grande usure, et débitent de grands volumes d'eau sous une faible pression. Depuis que M. Muirhead a perfectionné ce compteur en faisant commander son robinet par le piston avant la chute du contrepoids, on peut le considérer comme assez exact. Il faut en prendre grand soin, le nettoyer et graisser une fois par mois, ne pas le placer sous terre, etc.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Actuellement, la plupart des compteurs positifs ou desmodromiques sont doubles

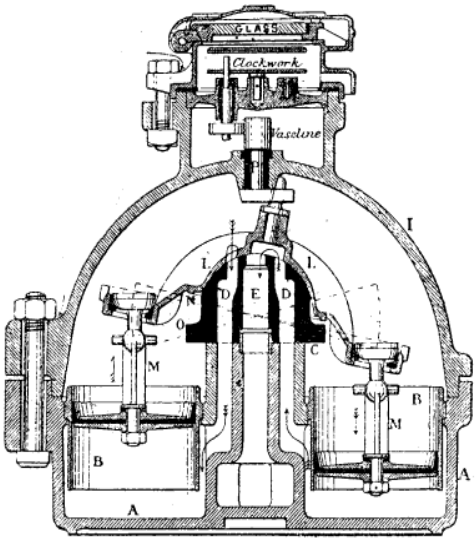


Fig. 19. — Coupe verticale.

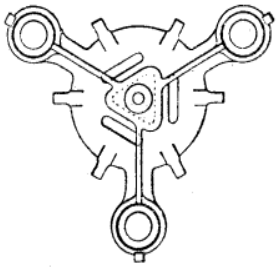


Fig. 21. — Distributeur.

Fig. 22. — Siège du distributeur.

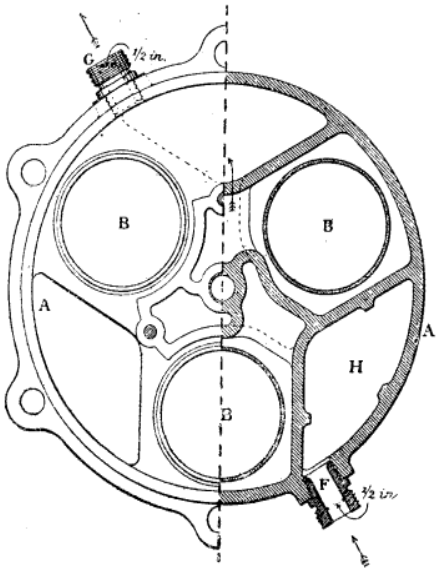


Fig. 20. — Plan et coupe horizontale.

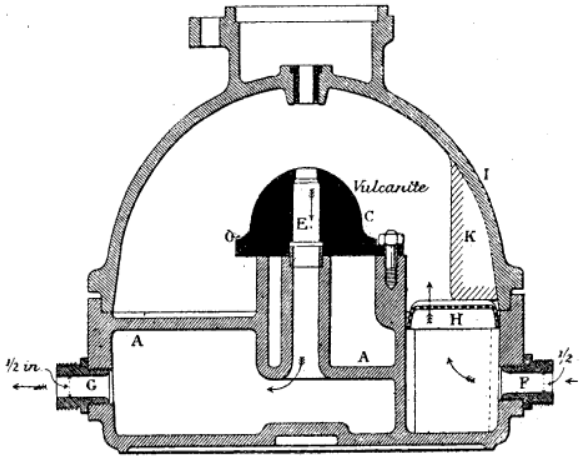


Fig. 23. — Enveloppe.

Fig. 19-23. — *Schoneyder*. Échelle : 1/4.

ou à deux cylindres, le piston de l'un commandant le distributeur de l'autre. Le comp-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

teur *Frost* (fig. 12), ou de Manchester, a un cylindre vertical et l'autre horizontal, avec tiroirs plats horizontaux en bronze. Presque toujours, les deux cylindres ont le même volume, sauf dans le *Frost* et le *Tylor* (fig. 13), mais sans raison apparente de cette différence. Les principaux compteurs de ce genre sont le *Frost*, le *Tylor*, le *Worthington* (fig. 14), le *Frager-Michel* (fig. 15), le *Schreiber* (fig. 16), le *Kent* (fig. 17), analogue au Frager, le *Goodwin*, analogue au Worthington, le *Schmidt*, à courses limitées par bielles et manivelles (fig. 18) et pistons distributeurs, sans garnitures, sujets à fuir ou à se coincer par les impuretés. Les garnitures les plus employées pour les pistons sont en cuir; le Kent emploie du cuir repoussé par des disques de caoutchouc. Les pistons du Worthington doivent flotter dans l'eau sans garnitures, et sont, par conséquent, sujets à fuir ou à se coincer avec des eaux dures : leur réparation très difficile exige souvent le remplacement des quatre pistons.

Plusieurs de ces compteurs doubles ont des stuffing boxes qu'il faut visiter de temps en temps, et leurs tiroirs, à mouvements rectilignes et courts, se rayent avec les eaux dures et fuient. Il faut, pour les réparer, des ouvriers habiles et souvent les renvoyer à l'atelier; la plupart d'entre eux sont remplis de petites vis et de ressorts d'un démontage difficile.

Le compteur de l'auteur, M. *Schoneyder*, est (fig. 19) à trois cylindres B, avec distributeur LC, à trois conduits D, admettant l'eau au bas des cylindres, et échappement E. L'eau arrive par F, au travers de la crépine H, maintenue par le tasseau K du couvercle I, et sort par G. Le distributeur L est à trois bras (fig. 21) reliés par les articulations sphériques aux tiges M des pistons; l'eau admise par FH, presse sur les pistons, à garniture flexible en vulcanite, très durable dans l'eau, comme le gaïac, et sur le distributeur L, qui met successivement en rapport avec l'échappement E chacun des cylindres, dont le piston descend pendant que les deux autres montent et remplissent leurs cylindres, par D; il n'y a pas de point mort. La longueur de la course est réglée par la butée du rebord N (fig. 20) de L sur celui O de son siège (fig. 23). L'emboîtement des dents de L dans les cannelures de C l'empêche de tourner, et L commande le mécanisme totaliseur par le bouton P, à douille de vulcanite. La vitesse de l'eau, dans ce compteur, est sensiblement uniforme, de sorte qu'il fonctionne sans chocs; les pièces, toujours pressées ou tendues, ne prennent pas de jeu, l'usure est très faible, l'entretien très facile; il est exact, même aux plus faibles débits : d'une dizaine de litres par heure, et toutes ses pièces sont facilement accessibles.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PROCÈS-VERBAUX

Séance du 26 janvier 1900.

Présidence de *M. A. Carnot*, président.

Correspondance. — *M. Collignon*, secrétaire, dépouille la correspondance.

M. de Lalande, ingénieur, 183, boulevard Saint-Germain, dépose un pli cacheté relatif à une *invention intéressant la défense nationale*.

M. Robin, 5 *bis*, rue d'Alsace, à Courbevoie, demande une annuité pour un *lit de campement*. (Constructions et Beaux-Arts.)

M. Bera-Vérin, à Haspres (Nord), demande l'appui de la Société pour une invention concernant *la mousseline*. (Arts mécaniques.)

M. Cacheux, directeur de la Société *l'Enseignement des pêches maritimes*, demande l'échange de sa publication avec notre *Bulletin*. (Commission du *Bulletin*.)

M. Scher, 15, rue des Immeubles-Industriels, demande une annuité de brevet pour un *entonnoir automatique*. (Arts économiques.)

M. Poincaré, secrétaire général de la *Société française de physique*, remercie la Société d'Encouragement de l'hospitalité qu'elle a accordée au *Congrès de physique* de 1900, qui se tiendra dans son hôtel du 6 au 12 août 1900.

M. le *Ministre de l'Instruction publique* informe la Société que le *Congrès des Sociétés savantes* se tiendra *à la Sorbonne* du 5 au 9 juin 1900.

M. E. Bohain présente à la Société son projet de langue universelle, le *Patoiglob*. (Commerce.)

M. J. Garçon demande l'appui de la Société pour la publication de son *Répertoire Bibliographique des industries chimiques*,

Correspondance imprimée. — Sont présentés, avec remerciements aux donateurs, les ouvrages mentionnés à la page 146 du *Bulletin* de janvier.

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

M. Collet (Albert), ingénieur à Paris, présenté par M. *Livache ;*

M. Repiton (Fernand), à Valence, présenté par M. *Richard ;*

M. Bryan Donkin, à Reigate (Angleterre), présenté par MM. *Sauvage* et *Richard ;*

M. Guillaume (Louis), ingénieur à Noyelles-Godault, présenté par MM. *Carnot* et *Campredon*.

Conférence. — *M. Janet* fait une conférence sur *l'acétylène et ses applications*.

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

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Séance du 9 février 1900.

Présidence de *M. A. Carnot*, président.

CORRESPONDANCE. — *M. Collignon*, secrétaire, dépouille la correspondance.

M. Gravier, 12, rue des Petits-Hôtels, dépose un pli relatif à une *turbine thermique*.

M. J. Bléry, à Argentan (Oise), demande une annuité de brevet pour un *régulateur d'horlogerie*. (Arts mécaniques.)

M. Nougues, à Agen, présente une *machine à clouer les caisses*. (Arts mécaniques.)

M. Languet, 8, rue Verderet, à Auteuil, se porte candidat au prix pour le matériel du génie civil. (Constructions et Beaux-Arts.)

M. Bryan Donkin remercie le Conseil de sa nomination comme membre de la Société d'Encouragement.

CORRESPONDANCE IMPRIMÉE. — *M. Collignon* présente au Conseil, avec remerciements aux donateurs, les ouvrages signalés à la page 311 du présent *Bulletin*.

DÉCLARATION D'UNE VACANCE. — *M. Bordet* déclare une vacance à la Commission des fonds en remplacement de *M. Bischoffsheim*, nommé membre honoraire.

NOMINATION D'UN MEMBRE DU CONSEIL. — *M. Toulon* (Paul), ingénieur principal du matériel fixe à la Compagnie des Chemins de fer de l'Ouest, est nommé membre du *Comité des Arts économiques* en remplacement de *M. Mayer*.

NOMINATIONS DE MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ. — Sont nommés membres de la Société :

M. Kern (Émile), ingénieur civil à Paris, présenté par *M. E. Simon;*

M. Monthiers (Édouard), ingénieur civil des mines à la Croix-en-Brie, présenté par *MM. Livache* et *Richard*.

RAPPORTS DES COMITÉS. — Sont lus et approuvés les rapports de :

MM. Bourdon, au nom du Comité des Arts mécaniques, sur le monte-courroie de *M. Micault ;*

Muntz, au nom du Comité d'Agriculture, sur le système de meunerie de *M. Schweitzer ;*

Violle, au nom du Comité des Arts économiques, sur le Thermostat régulateur de *M. Dorian*.

COMMUNICATIONS. — *M. Granger* fait une communication sur *la Céramique en Allemagne*.

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

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LIVRES ET OUVRAGES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE

EN FÉVRIER 1900

La Revue scientifique et industrielle de l'année, par M. J.-L. Breton. La télégraphie sans fils. La commande électrique des machines. L'énergie électrique dans les mines. L'électricité médicale. Les machines-outils à travailler les métaux. In-4°, 650 p., 1 016 fig. Paris, Bernard.

Annales des Mines. Table générale de la VIII[e] série, 1882-1891. In-8°, 434 p. Paris, Dunod.

Application rationnelle du système décimal aux mesures du temps et des angles, par M. J. de Rey-Paillade. Brochure in-8°, 26 p. Extrait du *Bulletin de la Société de l'Industrie minérale*.

De *l'École spéciale des Travaux publics*, 12, rue du Sommerard. Cours **d'Hydraulique**, par M. Daries ; de **Mécanique rationnelle** et de **Physique**, par M. Huber. 3 volumes autographiés.

Annuaire de l'Observatoire de Montsouris pour l'année 1900. Météorologie. Chimie. Micrographie. Applications à l'hygiène. In-18, 575 p. Paris, Gauthier-Villars.

L'Enseignement général du Dessin dans les lycées et collèges de France. Rapport présenté à la Commission parlementaire de l'enseignement secondaire, par M. J.-J. Pillet. In-18, 125 p. Paris, Librairie des Arts du dessin, 82, rue de Rennes.

De la Petite Encyclopédie scientifique et industrielle de M. H. de Graffigny. **Les Nouveaux Ascenseurs**. In-18, 160 p. Paris, Bernard.

De l'Encyclopédie Léauté. **Mesures électriques**, par MM. Vigneron et Letheule, et **Échappement des machines à vapeur**, par M. Leloutre. In-18. Paris, Gauthier-Villars.

Du Ministère de l'Instruction publique. **Bulletin de la Société libre d'Émulation du Commerce et de l'Industrie de la Seine-Inférieure**. *Exercice* 1898-1899. In-8°, 420 p. Rouen, Imprimerie Cagnard, et **Exploration scientifique de la Tunisie**. *Mission géologique* en 1898, et 1890-1891, journal de voyage, par M. G.-L. Merle. In-8°, 48 et 35 p. Paris, Imprimerie nationale.

Du Ministère du Commerce. Office du travail. **Saisie-Arrêt sur les Salaires**. In-8°, 112 p. Imprimerie nationale.

Éléments de la Théorie des Nombres, par M. E. Cahen. In-8°. 403 p. Paris, Gauthier-Villars.

Agenda aide-mémoire des arts et métiers pour 1900. In-8°, 400 p. Chez J. Loubat et C[ie], 15, boulevard Saint-Martin.

Compte rendu du Concours général et du Congrès Pomologique tenus à Vervins par le Syndicat pomologique de France. Extrait du *Journal de la Société d'Horticulture de France*, par M. L.-C. Baltet.

Les Origines du Moulin à grains, par M. Lindet. Extrait de la *Revue archéologique*. In-8°, 45 p., 21 fig.

Essai d'une théorie générale des aciers, par M. le capitaine Gages. Extrait de la *Revue d'Artillerie*.

Bulletin de la Société d'Agriculture et de Commerce de Caen. Années 1897, 1898, 1899.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LITTÉRATURE

DES

PÉRIODIQUES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIÉTÉ

Du 15 Janvier au 15 Février 1900

DÉSIGNATIONS ABRÉGÉES DES PUBLICATIONS CITÉES

Ag. . . . Journal de l'Agriculture.
Ac. . . . Annales de la Construction.
ACP. . . Annales de Chimie et de Physique.
AM. . . . Annales des Mines.
AMa . . . American Machinist.
Ap. . . . Journal d'Agriculture pratique.
APC. . . Annales des Ponts et Chaussées.
Bam. . . Bulletin technologique des anciens élèves des écoles des arts et métiers.
BMA . . . Bull. du ministère de l'Agriculture.
CN. . . . Chimical News (London).
Cs. . . . Journal of the Society of Chemical Industry (London).
CR. . . . Comptes rendus de l'Académie des Sciences.
DoL. . . . Bulletin of the Department of Labor, des États-Unis.
Dp. . . . Dingler's Polytechnisches Journal.
E. . . . . Engineering.
E'. . . . . The Engineer.
Eam. . . . Engineering and Mining Journal.
EE. . . . Eclairage électrique.
Elé. . . . L'Électricien.
Ef. . . . Économiste français.
EM. . . . Engineering Magazine.
Es. . . . Engineers and Shipbuilders in Scotland (Proceedings).
Fi . . . . Journal of the Franklin Institute (Philadelphie).
Gc. . . . Génie civil.
Gm. . . . Revue du Génie militaire.
IC. . . . Ingénieurs civils de France (Bull.).
Ie. . . . Industrie électrique.
Im . . . Industrie minérale de St-Étienne.
IME. . . Institution of Mechanical Engineers (Proceedings).
IoB. . . . Institution of Brewing (Journal).
La . . . . La Locomotion automobile.
Ln . . . . La Nature.
Ms. . . . Moniteur scientifique.
MC. . . . Revue générale des matières colorantes.
N. . . . Nature (anglais).
Pc. . . . Journal de Pharmacie et de Chimie.
Pm. . . . Portefeuille économ. des machines.
Rcp . . . Revue générale de chimie pure et appliquée.
Rgc. . . . Revue générale des chemins de fer et tramways.
Rgds. . . Revue générale des sciences.
Ri . . . . Revue industrielle.
RM. . . . Revue de mécanique.
Rmc. . . Revue maritime et coloniale.
Rs. . . . Revue scientifique.
Rso. . . . Réforme sociale.
RSL. . . . RoyalSocietyLondon(Proceedings).
Rt. . . . Revue technique.
Ru. . . . Revue universelle des mines et de la métallurgie.
SA. . . . Society of Arts (Journal of the).
ScP. . . . Société chimique de Paris (Bull.).
Sie. . . . Société internationale des Électriciens (Bulletin).
SiM. . . . Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse.
SiN. . . . Société industrielle du Nord de la France (Bulletin).
SL. . . . Bull. de statistique et de législation.
SNA. . . Société nationale d'agriculture de France (Bulletin).
SuE. . . . Stahl und Eisen.
USR. . . . Consular Reports to the United States Government.
VDI. . . . Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure.
ZOI. . . . Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieure und Architekten-Vereins.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

Agriculture coloniale autrefois et aujourd'hui (Watel). *SNA. Déc.*, 787.

Agronomie. Revue annuelle (Dehérain). *Rgc.* 30 *Janv.*, 82.

Basses-cours. Débouchés des produits à Londres. *Ag.* 2-27 *Janv.*, 97, 139.

Bétail. Alimentation par le blé. *Ag.* 22 *Janv.*, 93, 131; *SNA. Déc.*, 727, 774; *Ap.* 8 *Fév.*, 197.

— Races bovines fribourgeoises et parthenaises. *Ap.* 8 *Fév.*, 209.

— Ration des bœufs de travail. *Ap.* 25 *Janv.*, 121.

— Shorthorns au concours de Dijon. *Ap.* 1er *Fév.*, 165, en France et en Angleterre. Concours de Maidstone. *Ap.* 18 *Janv.*, 93; d'Amiens. *Id.* 25 *Janv.*, 129.

— Tuberculose bovine, prophylaxie (Nocard). *Ap.* 25 *Janv.*, 126.

— Bergerie charmoise. *Ap.* 1er *Fév.*, 161.

Blés. Écimage pour les préserver de la verse. *Ag. Ap.* 18-25 *Janv.*, 86, 125; 1er *Fév.*, 175.

— (Crise du) et ses remèdes. *Ap.* 8 *Fév.*, 201.

— en magasin et blés en terre. *Ag.* 3 *Fév.*, 171.

— Semailles de février et mars. *Ap.* 8 *Fév.*, 200.

Chevaux américains à l'étranger (Lavalard). *SNA. Déc.*, 759.

— de 6 ans dans l'armée (Lavalard). *Ag.* 10 *Fév.*, 210.

Cuscute. Destruction par le feu. *Ap.* 25 *Janv.*, 140; 8 *Fév.*, 209.

Défrichement. Extraction des souches à la dynamite. *Ap.* 18 *Janv.*, 89.

Énergie nécessaire pour la culture des terres (Ringelmann). *Ap.* 1er *Fév.*, 164.

Engrais potassiques (Les). *Ag.* 27 *Fév.*, 142.

Fruits secs en Allemagne. *USR. Janv.*, 69.

Orge et avoine (Culture de l'). Emploi de l'alinite. *Ag.* 27 *Janv.*, 138.

Osier. Expériences sur sa culture. *Ag.* 10 *Fév.*, 214.

Plantes textiles et oléagineuses (Heuzé). *SNA. Déc.*, 722.

Pois (Culture des) et fabrication des conserves à Villers-le-Sec. *Ap.* 25 *Janv.*, 133.

Vigne. Cochylis. Traitement en Alsace. *Ag.* 20 *Janv.*, 103.

— et cultures fruitières en 1808. *Ap.* 18 *Janv.*, 85.

— Levures en viticulture. *Ap.* 8 *Fév.*, 212.

— Vinaigre de vin. *Ap.* 18 *Janv.*, 101.

— Acétate de cuivre en viticulture. *Ag.* 10 *Fév.*, 218.

— Fumure intensive. *Ag.* 3 *Fév.*, 175.

CHEMINS DE FER

Accidents aux employés de chemins de fer. E. 26 *Janv.*, 125; *E'.* 26 *Janv.*, 95.

Chemins de fer transsibérien. *ZOI.* 5-12 *Janv.*, 1, 17.

— anglais. Statistique, 1897. *Rgc. Fév.*, 161.

— (Développement des). *Id.*, 170.

Locomotives, très puissantes aux États-Unis. *Rgc. Fév.*, 181, 185.

— express Ouest français. *E.* 2 *Fév.*, 155.

— du North Eastern. *E'.* 2 *Fév.*, 114.

— à trois essieux couplés de l'Union Pacific. *E.* 19 *Janv.*, 99.

— Consolidation de l'Illinois central. *Rm. Janv.*, 102.

— Réparation des Agrandissements des ateliers d'Hellèmes. *Rgc. Fév.*, 143.

— Armatures Johnstone. *RM. Janv.*, 104.

— Poids détaillé d'une locomotive. *E'.* 9 *Fév.*, 135.

— Surchauffeur von Grubinski. *RM. Janv.*, 105.

— Essais de (Leitzmann). *Société d'Encouragement de Berlin. Janv.*, 35.

Résistance des voies sablées. E'. 26 *Janv.*, 103.

Train de siège. E'. 19 *Janv.*, 61.

Voie. Machine à entailler les traverses. *Gc.* 20 *Janv.*, 188.

— Trénails Collet. *Rgc. Fév.*, 138.

— Heurtoir hydraulique Fenton. *Rm. Janv.*, 106.

Signaux Crocodile Lartigue-Forest sur le réseau du Nord. *Rgc. Fév.*, 131.

— Block System Villach. *EE.* 3 *Fév.*, 179.

Wagon de 50 tonnes pour le Caledonian *R. E.* 19 *Janv.*, 81.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TRANSPORTS DIVERS

Automobiles. Divers. *Dp.* 20 *Janv.*, 3-10 *Fév.*, 46, 80, 95; *VDI.* 20 *Janv.*, 3 *Fév.*, 84, 89.
— Changement de vitesse Gérard. *Rm. Janv.*, 108.
— Transmissions. *Ri.* 18 *Fév.*, 55.
— Direction Marot Crasdon. Essieu brisé. *La.* 18 *Janv.*, 46.
— Roue Strong. *RM. Janv.*, 108.
— Réducteur de vitesse Gould. *La.* 1er *Fév.*, 73.
— Frein Berteau. *La.* 1er *Fév.*, 78.
— *à pétrole* Py. *La.* 18 *Janv.*, 43.
— — Roots et Venables. *RM. Janv.*, 106.
— — Moteurs. Concours de *la Locomotion automobile*. *Rt.* 10-25 *Janv.*, 8, 36.
— — Aster. *La.* 25 *Janv.*, 56.
— — Bordioux. *La.* 8 *Fév.*, 91.
— *Électriques. Ri.* 20 *Janv.*, 28; 3 *Fév.*, 45.
— — Fiacres à New-York (Pellissier). *EE.* 20 *Janv.*, 88.
— — Concours d'accumulateurs de l'A. C. F. *La.* 25 *Janv.*, 58; *EE.* 27 *Janv.*, 130; *Cli.* 10 *Fév.*, 81.
— — Trolley, automoteur Lombard-Gérin. *Gc.* 10 *Fév.*, 225; *Ie.* 10 *Fév.*, 45.

Tramways *électriques.* Appareillage des canalisations aériennes. *Elé.* 20 *Janv.*, 39.
— Développement de la traction électrique (Pélissier). *EE.* 27 *Janv.*, 126.
— Connecteurs pour rails (Zalesky). *EE.* 27 *Janv.*, 137.
— et chemins de fer. Concurrence dans l'État de New-York. *Ri.* 3 *Fév.*, 48.
— *Frein* de la Standart Air Brake Co. *Rc.* 20 *Janv.*, 25.

Transports en commun à Paris et dans la banlieue (C. Jean). *Gc.* 20-27 *Janv.*, 182, 197; 3-10 *Fév.*, 212, 229.
— par traction mécanique (Périssé et Godefernaux). *IC. Déc.* et *Janv.*

Vélocipédie. Théorie des roulements (Frantz). *VDI.* 27 *Janv.*, 105.
— Akatène Lelong. *RM. Janv.*, 109.
— Changement de vitesse Levasseur-Wertheimer. *La.* 8 *Fév.*, 93.

CHIMIE ET PHYSIQUE

Acétylène. Exposition de Budapesth. *ZOI.* 12-19-26 *Janv.*, 23, 33, 57; *E'.* 2 *Fév.*, 110.
Acétylène. Gazogène Corblin. *Ap.* 1er *Fév.*, 173.
— Action du cuivre. Formation du cuprène (Sabatier et Senderens). *CR.* 29 *Janv.*, 250.

Amidon. Saccharification par la diastase du malt (Pottevin). *Ms. Fév.*, 116.

Antipyrine. Action de l'iode (Bougault). *Pc.*, 1er *Fév.*, 97.

Azote. Combinaisons avec l'oxygène (Berthelot). *APP. Fév.*, 154.

Borates de la série magnésienne (Ouvrard). *CR.* 5 *Fév.*, 335.

Brome. Densité des vapeurs aux températures élevées (Perman et Atkinson). *RSL.* 9 *Fév.*, 10.

Borates métalliques (Ouvrard). *CR.* 22 *Janv.*, 172.

Brasserie. Influence des nitrates (Briant). *Ms. Fév.*, 112.
— Nutrition de la levure. *Id.*, 113.
— Examen chimique du houblon. *Id.*, 119.
— Maltodextrine (La) Brown et Millar. *Ms. Fév.*, 97.

Carbure de calcium. Influence de la pulvérisation des matières premières sur la production du carbure de calcium. *EE.* 20 *Janv.*, 11.
— (Fabrication du). *Ms. Fév.*, 88.
— Prix de la force motrice (Liebetanz). *Ms. Fév.*, 85.

Cadmium. Séparation du cuivre (Bornemann). *CN.* 2 *Fév.*, 53.

Caoutchouc. Extraction des écorces de la Landolfia (Arnaud et Verneuil). *CR.* 29 *Janv.*, 259.

Cellulose (La). (Cross et Bevan). *MC. Fév.*, 57.

Céramique. Fabrication des tuiles. *USR. Janv.*, 1.
— en Perse. *SA.* 9 *Fév.*, 266.

Cérium. Dosage volumétrique (Browning). *CN.* 19-26 *Janv.*, 31, 41.

Chrome (Carbonates doubles du protoxyde de). Oxyde salin (Baugé). *APC. Fév.*, 158.

Compressibilité des liquides (Stillmann). *E.* 9 *Fév.*, 183.

Covolume dans l'équation caractéristique des fluides (Berthelot). *CR.* 15 *Janv.*, 115.

Eaux de Londres. *E.* 26 *Janv.*, 127; *CN.* 26 *Janv.*, 43.

Égouts. Procédé Scott Moncrief. *E'.* 26 *Janv.*, 91.

Émaillage des métaux (Cunyngame). *SA.* 10 *Janv.*, 173.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Équilibres chimiques (Lois numériques des). (Boudouard). *CR.* 15 *Janv.*, 132.

Ferrocyanures. Dosage dans les anciens lits de purification. *CN.* 26 *Janv* , 37.

Ferments solubles produits, pendant la germination par les graines à albumen coloré (Bourquelot et Heussy). *Pc.* 1er *Fév.*, 104.

Gadolinium (Le) (Benedecks). *CN.* 2 *Fév.*, 31.

Glycérine. Récupération à la savonnerie d'Orsdale Lane. *E.* 26 *Janv.*, 109.

Hydrogène. Dosage volumétrique et les tensions chimiques (Colson). *CR.* 5 *Fév.*, 330.

Laboratoire. Aluminium; nouveau procédé de dosage (Stock). *CR.* 22 *Janv.*, 175.

— Dosage de l'ammoniaque et de l'acide azotique dans les eaux potables, Winkler. *CN.* 19 *Janv.*, 27.

— Dosage des acides sulfhydrique, sulfureux et hyposulfureux (Fild). *CN.* 26 *Janv.*, 40.

— — de l'acide iodique dans le nitrate de soude (Auzenat). *Ms. Fév.*, 72.

— — volumétrique du soufre dans l'acier (Thill). *CN.* 2 *Fév.*, 34.

— — des éléments halogénés dans les composés organiques (Valeur). *ScP. Fév.*, 82.

— Analyse des aciers (Bibliographie des) (Brearley). *CN.* 2 *Fév.*, 49.

Liquéfaction des mélanges gazeux (Caubet). *CR.* 22 *Janv.*, 167.

Magnésium. Action sur les solutions salines (Mouraour). *CR.* 15 *Janv.*, 140.

Mélanges liquides à point d'ébullition constant (Ryland). *CN.* 2 *Fév.*, 30.

Méthilation. (Nouvelle industrie de la) (Prudhomme). *Ms. Fév.*, 73.

Molybdène. Nouveau sulfure cristallisé (Guichard) *CR.* 15 *Janv.*, 137.

Nitroprussiates (Les) (Miolati). *RCp. Fév.*, 98.

Optique. Comparaison photométrique des différents globes (Williamson et Klinck) *Fi. Janv.*, 66.

— Étalon de lumière. (Recherches expérimentales sur les) (Petavel et Lord Rayleigh). *RsL. Janv.*, 469.

— Spectre infra-rouge. Résonance électrique des rayons de chaleur. *Rgds.* 15 *Janv.*, 7.

— Constitution de la lumière blanche (Gouy). *CR.* 29 *Janv.*, 241.

Or (Essais d') (Winter). *CN.* 26 *Janv.*, 39.

Oxyde de carbone. Influence de l'eau sur sa combustion (Martin). *CN.* 19 *Janv.*, 25.

Ozone. Formation par la décharge des corps électrisés (Villard), *CR.* 20 *Janv.*, 125.

Persulfate. Titrage (Le Blanc et Eckart). *CN.* 26 *Janv.*, 38.

Pétrole (Nouveau puits de) (Galicie). *Rt.* 10 *Janv.*, 14.

Rodium (Rayonnement du) (Becquerel). *CR.* 29 *Janv.*, 207.

Silicates (Analyse des) (Granger). *ScP. Fév.*, 92.

Sucrerie de Nassandres. *Ag.* 10 *Fév.*, 220

Sulfure de carbone. Combinaison avec l'hydrogène et l'azote sous l'influence de l'effluve électrique (Berthelot). *ACP. Fév.*, 145.

Teinturerie. Fabrication des toiles peintes (Mieg). *SiM. Nov.*, 302.

— Bruns et gris, production par action de l'eau sur les dérivés nitrosés des bases tertiaires aromatiques (Censi). *SiM. Nov.*, 318.

— Fabrication de nouvelles matières colorantes rouges et rouge-violet par la combinaison des dérivés nitrosés des amines tertiaires avec la fluorescéine (Abt). *SoM. Nov.*, 319.

— Colorants sulfurés directs (Cassilla). *MC. Fév.*, 50.

— (Progrès de la) (Wahl). *Ms. Fév.*, 63.

— Teinture du papier en nuances solides à l'air et à la lumière (Lefèvre). *MC. Fév.*, 51.

— Noirs sur coton. *MC. Fév.*, 53.

— Matière colorante de la digitale (Adrian et Trillat). *ScP. Fév.*, 91.

Terres rares (Séparation des) (Urbain). *APC. Janv.*, 184.

Vins (Acides sulfureux dans les) (Rocques). *SCp. Fév.*, 89.

COMMERCE ET ÉCONOMIE POLITIQUE

Associations ouvrières de production. Ef. 10 *Fév.*, 165.

Athéisme social, germes et produits (des Cilleuls). *Rso.* 1er *Fév.*, 239.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Australie occidentale (L') (P. Garnier). *IC. Janv.*, 81.
Allemagne économique en 1899. *Ef.* 10 *Fév.*, 171.
Angleterre. Commerce extérieur en 1899. *Ef.* 10 *Fév.*, 168
Corps de métier au XIIIe siècle. *Rso.* 1er *Fév.*, 209.
Émigration. Remède au malaise social (Piolet). *Rso.* 16 *Janv.*, 140.
Enregistrement et timbre en France. *Ef.* 20 *Janv.*, 65.
États-Unis. Prospérité en 1899. *Ef.* 20 *Janv.*, 69.
— (Concurrence des). *E.* 19, 26 *janv.*, 77, 131 ; 2 *Fév.*, 162, 166.
— Ouvriers anglais et américains. *E'.* 26 *Janv.*, 81.
France. Commerce extérieur en 1899. *Ef.* 20 *Janv.*, 77; 10 *Fév.*, 169.
— Colonies (Un rapport anglais sur les). *Ef.* 27 *Janv.*, 106.
— Réforme de l'enseignement secondaire et l'essor économique du pays (Blondel). *Rso.* 1er *Fév.*, 193.
— Valeur de la production agricole (Grandeau). *Ap.* 1er *Fév.*, 158.
Habitations ouvrières (E. Wilson). *SA.* 9 *Fév.*, 253.
Jeux et courses. *Ef.* 27 *Janv.*, 108.
Petite propriété et les ventes judiciaires. *Ef.* 3 *Fév.*, 135.
Socialisme. Congrès d'entente tenu à Paris en décembre 1899. *Musée social. Janv.*
Syndicats. Mouvement syndical en France. *Ef.* 27 *Janv.*, 103.
Travail à la main et à la machine. *E.* 9 *Fév.*, 175.
Trust (Les). *Ef.* 3 *Fév.*, 142.
Vins et cidres. Production en France et en Algérie en 1899. *Ef.* 3 *Fév.*, 143.

CONSTRUCTIONS ET TRAVAUX PUBLICS

Béton armé (Calcul des ouvrages en). *Le Ciment. Janv.*, 1.
Murs en briques (Résistance des). *Gc.* 3 *Fév.*, 216.
Pont de la Tugela. *E'.* 19 *Janv.*, 71; *E.* 26 *Janv.*, 121.
Pont de chemins de fer (Construction économique des) (Graham). *E'.* 26 *Janv.*, 83.
— à jonction centrale partielle du Chéliff. *Gc.*, 3 *Fév.*, 214.
— en arc sur le Rhin. *E.* 9 *Fév.*, 181.
Ventilation sans tirage (Rigg). *IA.* 19 *Janv.*, 184.

ÉLECTRICITÉ

Accumulateurs. Concours de l'A.C.F. *Ie.* 25 *Janv.*, 25 ; *EE.* 27 *Janv.*, 130 ; 3 *Fév.*, 171 ; *Elé.* 10 *Fév.*, 81.
Aimantation (Relation entre l') et les autres phénomènes (Maurain). *EE.* 10 *Fév.*, 201.
Appareillage. Mise à terre des ciments secondaires et risques d'incendies (Hutchinson). *EE.* 20 *Janv.*, 100.
Bobine d'induction, théorie (Armagnat). *EE.* 27 *Janv.*, 121.
Commutateur tournant Thomson. *EE.* 3 *Fév.*, 166.
— à distance (Shucker). *Id.*, 182.
Courants (Énergie des), Potier. *EE.* 20 *Janv.*, 81.
Distribution. Facteur de puissance (Théorie du) (Russell). *EE.* 29 *Janv.*, 102.
— simultanée des courants continus et alternatifs, procédé Hélios. *EE.* 10 *Fév.*, 222.
— Répartition des courants dans les réseaux alternatifs (Feldmann et Herzog). *EE.* 10 *Fév.*, 222.
Dynamos. Force électro-motrice des alternateurs (Calcul de la) (Robert). *Bam. Janv.*, 70.
— continus, limite de puissance. *Elé.* 3 *Fév.*, 69.
Éclairage. *Arc*. Dispositifs récents (Gosselin). *Sie. Déc.*, 443.
— — Recherches spectro-photométriques sur l'arc continu (Lehmann Richter). *EE.* 27 *Janv.*, 141.
— *Incandescence* Nerst. *Elé.* 20 *Janv.*, 37.
— — Lampes Fessenden. *EE.* 27 *Janv.*, 142; Maxim, Swan, Hirst, Siemens, Rica. *EE.* 10 *Fév.*, 206.
— — de haut voltage. *Elé.* 10 *Fév.*, 89.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Électro-Chimie. Développement en 1899 (Andral). *EE.* 10 *Fév.*, 212.
— Électrolyse du chlorure de potassium (Brochet). *CR.* 13 *Janv.* 134.
— des chlorures alcalins) (Fasser). *Mi. Fév.*, 74, 81.
— Électrolyseur Rhodin pour sulfates alcalins. *EE.* 20 *Janv.*, 109.
— Persulfates et permanganates alcalins. Procédé Dessler. *EE.* 10 *Fév.*, 230.
— Ozoniseurs Yarnold. *EE.* 20 *Janv.*, 110.
— Sulfate de cuivre et cuivre pur, procédé Frinot. *EE.* 10 *Fév.*, 231.
— Anodes Parent, Hargreaves et Stubbes. *EE.* 27 *Janv.*, 144.
— Électro-déposition des alliages or et cuivre. *EE.* 10 *Fév.*, 230.
— Zinc électrolytique, formation des dépôts spongieux. *EE.* 27 *Janv.*, 148.
— Pouvoir réflecteur des dépôts électrolytiques (Cowper-Cowles). *EE.* 10 *Fév.*, 233.

Installations électriques des poudreries américaines. *E.* 26 *Janv.*, 115.

Mesures. Compteur horaire Villy. *Elé.* 20 *Janv.*, 33.
— Unités électriques usitées dans les applications (Cornu). *Annales télégraphiques. Juillet*, 301.
— Bornes May pour la vérification des compteurs. *EE.* 3 *Fév.*, 190.
— Étalonnage des compteurs (Sahulka). *EE.* 3 *Fév.*, 184.
— Mesure, en marche, des isolements des installations à courants alternatifs. *EE.* 3 *Fév.*, 191.

Parafoudres (Fonctionnement des) (Neesen). *CE.* 10 *Fév.*, 226.

Stations centrales (Étalonnage des). *E'.* 9 *Fév.*, 149.

Télégraphie. Translateur Baudot, Paris-Vienne. *Annales télégraphiques. Juill.*, 361.
— Protection des lignes contre les dangers du contact avec les lignes industrielles. *EE.* 20 *Janv.*, 118.
— Emploi de la poix dans les raccords des câbles téléphoniques et télégraphiques (Queinnec). *Annales télégraphiques. Sept.*, 385.

Téléphonie à Paris (Dennery). *Gc.* 20-27 *Janv.*, 177, 193.

Téléphonie. Conducteurs en aluminium (Masson). *EE.* 27 *Janv.*, 140.
— Nouveau système pour lignes communes (West). *Annales télégraphiques, Sept.*, 399.

Transformateurs à vide, mise hors circuit Muller. *EE.* 20 *Janv.*, 108.
— Blathy, Levasseur, Verity. *EE.* 3 *Fév.*, 166.
— tournants (construction des) (Parshall et Hobart). *E.* 9 *Fév.*, 197.

Triphasés. Calcul d'une ligne concentrique (Guye). *EE.* 20 *Janv.*, 83.

HYDRAULIQUE

Accumulateur Dutton. *RM. Janv.*, 109.

Distribution d'eau de Vienne. *ZOI.* 26 *Janv.*, 54.
— de Londres. *E'.* 9 *Fév.*, 134.

Écoulement de l'eau au-dessus d'un ajutage arrondi (Barr). *Es. Janv.*, 1.

Pompes verticales, triple expansion (Davy). Essais. *E'.* 9 *Fév.*, 150.
— Norberg. *RM. Janv.*, 80.
— radiale. *Ri.* 3 *Fév.*, 46.
— Régulateur Wood, *RM. Janv.*, 111.

Turbines à injection centripètes et mixtes (Rateau). *RM. Janv.*, 17.

MARINE, NAVIGATION

Canal de l'Oise à l'Aisne. Usine d'alimentation de Bourg et Comin. *Pm. Janv.*, 9.
— du Nord russe. *E.* 26 *Janv.*, 128.
— Traction électrique sur les canaux. Tracteur Kœttgen. *Rt.* 18 *Janv.*, 1.
— du Panama. État actuel de la question. *EM. Fév.*, 681.

Canots de sauvetage. Installation à bord du *Kaiser Wilhelm*. *Gc.* 20 *Janv.*, 180.

Constructions navales en 1899, *E.* 19 *Janv.*

— Distribution des poids dans les grands steamers. *E'.* 9 *Fév.*, 155.
— Atténuation du roulis (Luke). *Es. Janv.*, 12.

Cuivrage électrolytique des coques. *Ri.* 20 *Janv.*,

Gouvernail Paidassy. *RM. Janv.*, 119.

Danube allemand. Jonction avec le Main et l'Oder. *Gc.* 3 *Fév.*, 220.

Machines marines du *Kaiser Wilhelm*. *Dp.* 20-27 *Janv.*, 39, 54.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Machines marines. Triple expansion Simpson Strikland. *E.* 2 *Fév.*, 151.
— Monte-cendres Galloway. *RM. Janv.*, 119.
Marine de guerre. Emploi de l'électricité sur les bâtiments américains (Woodward). *E.* 19 *Janv.*, 102.
— française. *E'.* 19 *Janv.*, 67; 9 *Fév.*, 147.
— danoise, cuirassé *Koningene Regentes*. *E'.* 9 *Fév.*, 140.
— anglaise (Coût de la). *E.* 9 *Fév.*, 189.
— américaine. Nouveaux monitors. *Gc.* 3 *Fév.*, 219.
— ravitailleurs Miller. *EM. Fév.*, 710; divers. *E'.* 19 *Janv.*, 75.
— blindages, plaques Brown pour la Norvège. *E'.* 2 *Fév.*, 124.
Paquebot Deutschland. E'. Janv., 100.
Protection des berges (Lernet). *ZOI.* 9 *Fév.*, 87.
Russie. Voies navigables (Moberly). *E.* 19 *Janv.*, 73.
Touage électrique en Allemagne. *Elé.* 27 *Janv.*, 49; 3-19 *Fév.*, 65, 87.
Vitesse des navires. E'. 2 *Fév.*, 109.
Voiliers. Calcul de la mâture. *E'.* 19 *Janv.*, 56.

MÉCANIQUE GÉNÉRALE

Air comprimé. Application. *E.* 9 *Fév.*, 191.
— Compresseurs Stumpf Bever. *RM. Janv.*, 123.
Broyeur Sturtevant. *Eam.* 27 *Janv.*, 111.
Chaudières. Utilisation des gadoues (Lauriol). *Sie. Déc.*, 468.
— à tubes d'eau Groll, Keene. *RM. Janv.*, 95; Solignac. *Ri.* 10 *Fév.*, 53; tampons Ravier. *IC. Déc.*, 762.
— Qualité de la vapeur. *E'.* 9 *Fév.*, 148.
— Injecteurs Desmont. *RM. Janv.*, 101.
— Grilles mécaniques à bord du *Pennsylvania*. *E'.* 26 *Janv.*, 101.
— Niveaux d'eau divers. *Bam. Janv.*, 42.
— Retour d'eau Hovelmann. *Ri.* 27 *Janv.*, 36.
— Transbordeurs de chaufferies (Buhle). *VDI.* 27 *Janv.*, 107.
— Foyers au pétrole Holden. *RM. Janv.*, 96; Meyer. *Id.*, 99.
— — ondulé Cooper. *RM. Janv.*, 98.
— Cheminées de l'avenue de Suffren. Exposition de 1900. *Gc.* 10 *Fév.*, 231.
Chaudières. Grilles Green et Gent. *RM. Janv.* 99; Groll, Kudlicz, Tibbits. *Id.*, 101.
— purgeur Dague. *Gc.*, 10 *Fév.*, 237.
— sifflet Lane. *RM. Janv.*, 102.
Filetages (Unification des). *E* 19-26 *Janv.*, 75, 201; 2-9 *Fév.*, 143, 176.
Graisseurs pour cylindres Kaczander, Desmond et Ruday. *RM. Janv.*, 121.
— pour poulies folles Greenwood. *Id.*, 121.
— graissage à l'air des paliers (Heichert). *AMa.* 1er *Fév.*, 37.
Indicateur de Watt. Réducteur de course. *Ri.* 20 *Janv.*, 24.
Levage. Ponts roulants électriques de la Société d'électricité de Liège. *Pm. Février.*
— Frein Norris. *RM. Janv.*, 111.
— Manutentions diverses (Buhl). *VDI.* 20 *Janv.*, 73; 10 *Fé.*, 169.
— — des minerais aux forges. *SuE.* 1er *Fév.*, 132.
— — des minerais de fer au lac Supérieur. *Eam.* 20-27 *Janv.*, 77, 107.
— Élévateur Mallory. *RM. Janv.*, 90.
— Escalier mobile pour l'Exposition. *Ri.* 27 *Janv.*, 33.
— Grue de 150 tonnes de Bremerhaven. *Gc.* 3 *Fév.*, 209.
— Treuils à manège Ringelmann. *Ap.* 8 *Fév.*, 204.
— — à vapeur Risk. *Ri.* 3 *Fév.*, 1.
Machines-outils. Étau limeur Putman. *AMa.* 1er *Fév.*, 110; double Loudon. *E'.* 29 *Janv.*, 70.
— Ateliers du Ranelagh. *E.* 9 *Fév.*, 173.
— Outils automatiques pour gros travaux (Roland). *EM. Fév.*, 729.
— Chanfreineuse Addy. *Ri.* 20 *Janv.*, 29.
— Cintreuse pour tubes Brillié. *Ri.* 27 *Janv.*, 34.
— Commandes électriques. Chemins badois. *Rgc. Fév.*, 175.
— Fraiseuse universelle Mergenthaler. *RM. Janv.*, 84.
— Meules. Fabrication aux ateliers Norton. *AMa.* 25 *Janv.*, 85.
— Machine à meuler Pearse. *RM. Janv.*, 113.
— Perceuses diverses. *Dp.* 3 *Fév.*, 77.
— — Norris, Baker. *RM. Janv.*, 114.
— Taille des pignons hélicoïdaux. *AMa.* 11 *Janv.*, 30.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Machines-outils. Taraudeuse Smith. *RM. Janv.*, 113.
— — Platt. *id.*, 118.
— Tubes, procédé Erhardt. *VDI.* 10 *Fév.*, 190.
— Presse Lanz. *RM. Janv.*, 113.
— Vis. Machine à Acme. *AMa.* 18 *Janv.*, 53.
— — Holroyd. *E.* 9 *Fév.*, 185.
— — Wolseley. *Ri.* 3 *Fév.*, 43.
— Tour von Pitler. *RM. Janv.*, 117.
— Tour revolver Henn. *RM. Janv.*, 116.
— — Hartness, *Id.*, 118.
Mécanique, progrès depuis soixante-quinze ans (Sellers). *Fi. Janv.*, 5.
Monte-Courroies Krupp. *RM. Janv.*, 121.
Moteurs à vapeur Compound (Chute de pression dans les). *E'.* 26 *Janv.*, 96.
— surchauffés (Les) (Hale). *Em. Fév.*, 722.
— A la fin du XIXe siècle (Thurston). *RM. Janv.*, 73.
— Verticale Borsig à l'Exposition de 1900. *Rt.* 25 *Janv.*, 25.
— Hoyt, à grande vitesse. *Ri.* 10 *Fév.*, 36.
— Lentz, Rositer, Serpollet, Mac Lean et Sykes. *RM. Janv.*, 125.
— Disposition pour améliorer le rendement de la vapeur en utilisant les installations existantes (W. Meunier). *SiM. Nov.*, 324.
— Influence du diagramme sur la distribution. *E'.* 19 *Janv.*, 55.
— Expériences sur la compression (Dwelshauvers Dery). *RM. Janv.*, 5.
— Distribution Ronceray. *Bam. Janv.*, 13.
— — Lang. *RM. Janv.*, 126.
— Régulateur Wilson. *RM. Janv.*, 126.
— Oscillants. Équilibre des forces d'inertie. (E. Le Chatelier). *RM. Janv.*, 69.
— Indicateur de pression moyenne Ripper. *E.* 20 *Janv.*, 120.
— **à gaz** Westinghouse (Essai). *E.* 26 *Janv.*, 135. Rappe, Zent, Grosselin, Crossley. *RM. Janv.*, 129.
— — Mise en train Otto. *RM. Janv.*, 132.
— — Allumage Hamilton. *RM. Janv.*, 132.
— — pauvres. Gazogène Delwick-Fleischer. *E.* 26 *Janv.*, 118.
— **à pétrole** Diesel (de 20 chevaux). *Ri.* 20 *Janv.*, 21.
Moteurs à pétrole. Muti et Weiss. *RM. Janv.*, 133.
— — Charron et Manaut. *Id.*, 133.
— — à course variable. Kithen. *RM. Janv.*, 139.
Résistance des matériaux. Essais au choc (Kup). *E.* 9 *Fév.*, 182.
Roulements sur galets Mossberg. *E.* 26 *Janv.*, 133.
Transmission Howell. *RM. Janv.*, 122.
Tuyauterie. Joint de dilatation *Brown*. *E.* 2 *Fév.*, 154.
Volants. Construction des (Firth). *E.* 19 *Janv.*, 81.

MÉTALLURGIE

Alliages. Or-aluminium (Heycock et Neville). *RSL.* 9 *Fév.*, 20.
Aluminium. Fabrication électrolytique (Robertson). *EE*, 27 *Janv.*, 146.
— Procédé Gooch. *Id.*, 145.
Bronzes à haute résistance (Ganger). *Bam. Janv.*, 55.
Cuivre. Production et valeur. *E.* 19 *Janv.*, 92.
Fer et acier. Théorie des aciers (Gages). *Ri.* 20 *Janv.*, 29.
— Petit Bessemer (Rott). *VDI.* 3 *Fév.*, 144.
— Aciéries d'Ensley. États-Unis. *E'.* 9 *Fév.*, 142.
— — de Youngstown. *VDI.* 10 *Fév.*, 185.
— Machine soufflante Cockerill. *RM. Janv.*, 122.
— Fonderie Walker-Pratt. *AMa.* 1er *Fév.*, 201.
Métallographie (La) Heyn. *VDI.* 3-10 *Fév.*, 137, 73.
Niellage (Le) (C. Davenport). *SA.* 9 *Fév.*, 245.
Or. Cyanuration à la Rose Gold Mining Co. Victor. Californie. *Eam.* 13 *Janv.*, 46.

MINES

États-Unis. Production minérale en 1899. *Gc.* 3 *Fév.*, 217.
Houilléres. Nouvelles installations de Witkowitz aux mines de Dombrau. *Gc.* 20 *Janv.*, 185.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Houillères. Bassin du Gard et phénomènes de charriage (Bertrand). *Ge.* 29 *Janv.*, 213.
— Accidents aux États-Unis. *Eam.* 27 *Janv.* 110.
Or dans l'Australie occidentale (Garnier). *IC. Janv.*, 101.
— Mines du Colorado en 1899. *Eam.* 20 *Janv.*, 78.
Or. Dragage à la Nouvelle-Zélande. *EM. Fév.*, 697.
Sablières (Exploitation hydraulique d'une) à New-York. *Ge. Fév.*, 220.
Sondage. Benne d'épuisement. *RM. Janv.*, 123.
Trieur électro-magnétique Bromilow. *E.* 26 *Janv.*, 121.

Le Gérant : Gustave Richard.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

99e ANNÉE. Cinquième Série, Tome V. MARS 1900.

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

ARTS ÉCONOMIQUES

RAPPORT fait au nom du *Comité des Arts économiques* sur la *Viscose et le Viscoïde*, par **M. Ch. Bardy.**

M. E. Thomas, directeur, à Paris, de la Continentale Viscose Cie, a fait à la Société d'Encouragement, dans la séance du 14 avril 1899, une très intéressante communication au nom de MM. Cross, Bevan et Beadle, sur une nouvelle substance, *la Viscose*, sur ses propriétés et ses applications industrielles.

Nommé rapporteur de cette affaire par votre Comité des Arts économiques, nous avons jugé nécessaire, eu égard à l'importance du sujet, de nous transporter à Londres afin de pouvoir suivre, *de visu*, les diverses phases de la fabrication de la viscose. MM. Cross et Bevan ont bien voulu nous autoriser à visiter dans tous leurs détails les usines d'essai qui ont été installées à Erith pour la fabrication du viscoïde, à Kew pour la filature de la viscose, et à Manchester pour la fabrication des dérivés acétylés de la cellulose; le rapport ci-contre est donc le résumé fidèle des opérations que nous avons vu pratiquer sous nos yeux.

Le principal élément du tissu des plantes, celui qui forme l'enveloppe des cellules constituant les végétaux, a reçu le nom de *cellulose;* cette substance n'est pas un corps unique, elle se subdivise en de nombreuses variétés, toutes cependant appartiennent au même groupe chimique, celui

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des hydrates de carbone. Débarrassées des produits accessoires qui les accompagnent dans les plantes, ces celluloses sont des substances incolores, insolubles dans les dissolvants simples, qui résistent généralement, mais d'une façon variable, à l'oxydation et à l'hydrolyse ; les atomes de carbone y sont réunis par de simples liaisons.

Les réactions négatives de la cellulose et sa difficulté d'entrer en réaction sont utilisées dans l'industrie pour la séparer des diverses substances auxquelles elle se trouve associée dans les végétaux ; il est cependant difficile industriellement de l'isoler à l'état pur : une certaine quantité des composés minéraux originels se trouve retenue et n'en peut être extraite que par des traitements ultérieurs, c'est ainsi que l'on prive presque complètement de cendres les divers papiers à filtrer destinés à l'analyse chimique, en faisant subir à la pâte des lavages avec des acides et notamment avec de l'acide fluorhydrique.

La cellulose est susceptible de retenir de l'eau qu'elle perd à 100° ; il n'est pas possible de dire si cette absorption d'eau est un phénomène d'ordre physique ou chimique, mais cette propriété est une propriété de la cellulose elle-même et ne dépend nullement de sa forme ; le phénomène est lié à la présence des groupes O H dans la molécule, car à mesure que l'on supprime ces groupes, la propriété d'attirer l'eau décroît dans les nouveaux corps formés. Cette particularité a une importance industrielle considérable. Nous verrons plus loin quel parti en ont tiré les auteurs pour les applications des dérivés acétylés de la cellulose.

La cellulose, avons-nous dit, est insoluble dans les dissolvants simples et notamment dans l'eau, cependant, en présence de certains composés métalliques, elle se combine rapidement à l'eau pour former des hydrates gélatineux, qui finissent par s'y dissoudre ; c'est ainsi que l'on peut obtenir des dissolutions aqueuses de cellulose par l'emploi du chlorure de zinc en solution aqueuse concentrée, additionné ou non d'acide chlorhydrique, et par l'emploi de l'oxyde de cuivre ammoniacal.

Ces dissolutions ont été utilisées à divers usages industriels ; leur emploi est cependant resté assez restreint ; cela tient, d'une part, au prix relativement élevé des substances auxiliaires auxquelles il faut recourir pour obtenir la dissolution, et, d'autre part, à ce fait que la cellulose régénérée de sa solution ne possède plus toutes les propriétés de la cellulose originelle.

Les acides dilués attaquent la cellulose ; A. Girard a décrit sous le nom d'*Hydrocellulose* un corps nouveau dérivé par hydrolyse de la cellulose ordi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

naire, dont il se différencie surtout par une grande friabilité et une plus grande facilité d'attaque par les réactifs chimiques.

Les alcalis étendus sont sans action bien sensible sur la cellulose, c'est sur cette propriété que repose le blanchiment des fibres végétales. Les traitements alcalins que l'on fait subir au coton ont pour but de saponifier et de dissoudre les éléments autres que la cellulose existant dans les fibres.

Les alcalis concentrés agissent au contraire avec une grande énergie, il se forme un composé défini de cellulose et d'alcali accompagné d'une hydratation.

Un simple lavage à l'eau suffit pour en dissocier les éléments : la soude est régénérée et la cellulose reparaît, mais modifiée : c'est un hydrate de cellulose qui prend naissance. Cette réaction découverte et étudiée par Mercer a donné lieu à quelques applications intéressantes (mercerisage du coton), mais ces applications ont été rapidement abandonnées, et, pendant plus de trente ans, l'observation de Mercer est demeurée une curiosité scientifique ; ce n'est qu'en 1895 que la question a été reprise et a abouti, cette fois, à des fabrications industrielles extrêmement importantes : production d'effets de crépon sur les tissus de coton, apparence soyeuse donnée aux fils de coton, etc. On a constaté, en outre, que les fils mercerisés avaient une plus grande résistance à la rupture et une affinité beaucoup plus grande pour les matières colorantes.

C'est l'alcali-cellulose qui a servi de base aux nouvelles et importantes applications industrielles réalisées par MM. Cross, Bevan et Beadle.

Voici comment : quand on soumet à l'action du sulfure de carbone, à la température ordinaire, l'alcali-cellulose, les deux corps se combinent et la réaction peut être ainsi formulée :

$$\underbrace{X.\,ONa}_{\text{Alcali-cellulose.}} + \underbrace{CS^2}_{\text{Sulfure de carbone.}} = \underbrace{CS\begin{cases}OX\\SNa\end{cases}}_{\text{Xanthate de cellulose.}}$$

L'alcali-cellulose se gonfle d'abord, puis se convertit graduellement en une masse gélatineuse transparente qui donne une solution homogène dans l'eau.

La solution obtenue est d'une viscosité extraordinaire, c'est de cette propriété que MM. Cross, Bevan et Beadle ont tiré le nom du nouveau composé : la *viscose*. Le fait que cette réaction a lieu dans les conditions que l'on peut considérer comme normales, prouve la présence dans la cellulose de groupes

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

O H à fonction nettement alcoolique, MM. Cross et Bevan insistent sur ce point, car c'est le premier exemple de la synthèse d'un dérivé sodique de la cellulose soluble dans l'eau par une réaction caractéristique et générale des alcools.

Les solutions de xanthates de cellulose ne sont pas stables, elles se décomposent spontanément, au bout d'un temps plus ou moins long dépendant de causes diverses bien étudiées, en cellulose hydratée, alcali et sulfure de carbone, ou produits de l'action réciproque de ces derniers corps. La chaleur opère également la décomposition de la viscose, à 80°-90° la décomposition est très rapide.

La cellulose régénérée des solutions de viscose diffère de la cellulose, d'où elle dérive, par une proportion plus élevée d'eau, et aussi par ce fait que les groupes O H de cette cellulose réagissent plus facilement.

Ces considérations préliminaires établies, nous allons voir quel parti MM. Cross, Bevan et Beadle ont su tirer des propriétés du corps nouveau découvert par eux. Pour faire cette étude, nous suivrons la division qu'ils ont eux-mêmes pratiquement adoptée.

Application de la viscose en tant qu'agent d'agglomération.

Filature de la viscose en vue de la production de fils de toutes natures.

Production de pellicules de viscose et fabrication des dérivés de la cellulose.

Mais avant d'aborder la description des applications de la viscose, il convient d'indiquer le mode opératoire suivi pour sa fabrication, cette préparation étant, à quelques modifications insignifiantes près, la même, quelles que soient les applications.

La fabrication se fait en deux phases : la préparation de l'alcali-cellulose et la production de la viscose.

Pour préparer l'alcali-cellulose, on humecte peu à peu la cellulose (coton défibré, pâte de bois, etc.), sous l'action d'une meule verticale, par 50 p. 100 de son poids de soude caustique dissoute dans la quantité d'eau nécessaire. On obtient ainsi, sous forme de petits grumeaux, un produit dont la constitution moyenne est :

Cellulose	25
Soude caustique (NaOH)	12
Eau	63
	100

Pour transformer l'alcali-cellulose en viscose, il suffit de la traiter à la température ordinaire, dans un vase clos, par une quantité de sulfure de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

carbone équivalant à 40 p. 100 de la cellulose contenue dans l'alcali-cellulose.

La réaction dure, suivant la température, de deux à trois heures. Le produit, toujours sous la forme de grumeaux, mais maintenant de couleur jaunâtre, est complètement soluble dans l'eau.

Dans la pratique, on fait d'ordinaire des solutions à 10 p. 100 de cellulose; à cause de la grande viscosité de cette solution il est difficile d'obtenir une concentration supérieure à 20 p. 100.

Cette solution jaune peut, au besoin, être décolorée par l'acide sulfureux ou un sulfite alcalin, procédé qui a, en outre, l'avantage de convertir les produits secondaires de la réaction en hyposulfites incolores.

Applications de la viscose en tant qu'agent d'agglomération. — On a vu précédemment que la solution de viscose a la propriété de se gélatiniser spontanément à la température ordinaire au bout d'un temps qui varie considérablement suivant les circonstances, mais qui est en moyenne de huit à dix jours. Le sulfure de carbone abandonne le composé, soit qu'il passe dans l'air, soit qu'il se combine avec l'excès de soude caustique, et la cellulose redevient ainsi peu à peu de nouveau insoluble, en donnant un hydrate dont la constitution reste constante dans une atmosphère humide. A cet état, la matière convient pour la préparation de moules applicables à diverses industries.

Ce coagulum de cellulose régénérée peut être lavé pour le débarrasser des produits secondaires; séché à l'air libre il se rétrécit peu à peu et se présente alors sous la forme d'un corps grisâtre ou noirâtre, ressemblant à la corne, se travaillant avec une extrême facilité et susceptible de prendre un beau poli.

Si, avant la gélatinisation de la solution de viscose, on y incorpore des substances inertes, kaolin, brai, etc., puis si on laisse la cellulose se régénérer spontanément, ou si on la coagule par la chaleur, on donne naissance à des corps fortement agglomérés, susceptibles, après lavage et dessiccation, d'être ultérieurement travaillés et d'être polis.

La pâte résultant du mélange préparé avec certaines précautions spéciales peut être moulée, puis soumise à l'action de la chaleur, sans subir de déformation; on peut ainsi produire une foule d'objets; culots de lampes à incandescence, manches et poignées de toutes sortes, dont la forme ne laisse rien à désirer et dont le prix de revient est excessivement bas. Le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

liège en poudre, la sciure de bois, la tourbe, etc., peuvent être agglomérés de cette manière.

C'est à Erith qu'est installée, sous la direction de M. Beadle, l'usine de la British Viscoid C°, et c'est là qu'est centralisée l'étude de toutes les applications qu'il est possible de réaliser avec la viscose en tant que production de matières solides. On a donné aux produits fabriqués de cette manière le nom générique de *viscoïde*. Le viscoïde a l'avantage de se laisser façonner à sec, de ne pas s'amollir ni se fondre sous d'assez hautes températures; il reproduit par l'estampage les détails les plus fins du coin.

C'est encore en mettant à profit la propriété agglutinante de la vicose et sa ténacité extraordinaire sous forme pelliculaire qu'on a pu en tirer un parti très avantageux dans la fabrication du papier et du carton. L'énorme quantité d'eau nécessaire au délayage de la pâte à papier a présenté un très sérieux obstacle à cet emploi de la viscose, car, en présence d'une aussi forte dilution, il était difficile de donner à la viscose la forme gélatineuse sous laquelle elle pouvait agir utilement. C'est par l'emploi de précipitants appropriés, notamment des sels de zinc et de magnésie, que le problème a été résolu.

La proportion de cellulose à incorporer varie entre 1,5 à 6 p. 100; le papier ainsi fabriqué a plus de main, de craquant, et sa ténacité est augmentée dans une très grande proportion, 50 à 100 p. 100. L'introduction de la viscose n'augmente pas d'une manière appréciable le prix de revient; dans beaucoup de cas, au contraire, il est possible d'obtenir à plus bas prix un papier d'excellente qualité en substituant aux pâtes ordinairement employées des pâtes ou des mélanges de pâtes plus économiques.

Voici à titre de renseignements quelques chiffres relevés sur des papiers de différentes natures :

	Charge de rupture.	
	Suivant la largeur.	Suivant la longueur.
Phormium ordinaire	3,360	5,200
— viscosé à 2 p. 100 de cellulose	3,780	6,930
Chamois ordinaire calandré (pâte bisulfitée)	1,380	2,260
Chamois viscosé 1 1/2 cellulose, la moitié de la pâte bisulfitée remplacée par pâte 1/2 chimique	3,280	5,297
1/2 chamois ordinaire	1,830	2,560
— viscosé à 1 p. 100 cellulose	2,230	3,640
Noir ordinaire	1,660	3,640
Noir viscosé 1 p. 100 cellulose, la moitié de la pâte bisulfitée remplacée par pâte 1/2 chimique	3,050	4,500

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les applications de la viscose n'ont été réalisées jusqu'à ce jour que dans la fabrication des papiers d'emballage et du carton; la présence des sulfures dans la solution a empêché jusqu'à présent l'utilisation du procédé à la fabrication du papier blanc.

L'introduction de la viscose dans les papiers ou dans le carton communique, en outre des avantages spécifiés ci-dessus, la propriété très précieuse de les imperméabiliser en partie, ce qui leur assure une supériorité dans la fabrication des cartoncuirs employés dans la cordonnerie.

Le papier ordinaire, encollé à la viscose après fabrication, acquiert des propriétés nouvelles : il tient le milieu entre le papier ordinaire et l'étoffe, supporte l'ébullition dans l'eau et se laisse teindre à chaud sans se désagréger. On peut prévoir pour un semblable produit des applications intéressantes.

L'utilisation de la viscose dans l'industrie des papiers est entrée dans la pratique industrielle : en Allemagne, dans les fabriques du comte Henckel von Donnersmarck, en Angleterre, dans plusieurs usines où l'on prépare en outre des papiers d'emballage, des papiers colorés, teints à la pile, et qui sont ensuite vernis et gaufrés.

Les propriétés collantes et adhésives de la viscose ont en outre trouvé leur application dans la reliure et dans l'impression et l'apprêt des tissus.

Appliquée au dos des livres, au lieu de colle forte, la viscose forme un encollage d'une très grande souplesse, recommandable surtout pour les livres épais, qui, une fois ouverts, ne se referment pas seuls comme cela arrive trop souvent lorsque les dos ont été encollés à la gélatine.

La viscose à laquelle ont été ajoutés des pigments appropriés et surtout des pigments blancs comme le kaolin, donne en impression des damassés d'une netteté remarquable et qui sont permanents, c'est-à-dire qu'ils résistent aux procédés de blanchiment et de savonnage.

L'étoffe ainsi préparée peut ensuite être teinte ou imprimée comme un damassé ordinaire obtenu par le tissage.

La première application de ce procédé est due à MM. F. W. Grafton et Cº d'Accrington et Manchester, qui depuis n'ont cessé d'en poursuivre le développement.

Si au lieu de déposer localement la viscose sur l'étoffe ou l'imprègne totalement, qu'on exprime l'excès de dissolution par des rouleaux compresseurs et qu'on fixe la viscose par la chaleur. on obtient un excellent apprêt résistant à tous les procédés de blanchiment de savonnage et de calandrage, et qui convient tout particulièrement aux tissus de coton blanc unis.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Enfin il convient, dans cet ordre d'idées, de mentionner l'usage que la Société Maxim-Nordenfelt fait, depuis plusieurs années, de la solution de viscose pour apprêter les bandes qui portent les cartouches de ses fameux canons. La viscose communique à l'étoffe de lin écru qui forme ces bandes non seulement une certaine imperméabilité, mais elle produit en même temps un rétrécissement permanent, deux qualités indispensables au fonctionnement régulier de ces engins de guerre.

En France la Continentale Viscose Compagnie vient de céder la fabrication de la viscose, du viscoïde et des diverses applications qui en découlent à MM. Decauville et Olivier.

Une des principales branches de commerce de cette maison est la peinture à la viscose. On a vu précédemment qu'il suffit d'une très petite quantité de cellulose dissoute pour agglomérer de fortes proportions de matières inertes; si à un semblable mélange on ajoute une assez grande quantité d'eau pour former une bouillie très claire, on donne naissance à une véritable peinture s'appliquant avec la plus grande facilité à la brosse ou à la machine à peindre et qui jouit de propriétés très précieuses.

Cette peinture adhère très bien sur le plâtre, la pierre, le bois, etc.; elle est d'un beau mat, couvre très bien et peut se laver. En choisissant convenablement les substances insolubles qui en forment la base, on peut obtenir une très grande variété de tons. On peut repeindre à l'huile sur cette peinture, et la vernir si l'on désire des surfaces brillantes. Elle s'applique sur du papier collé en produisant de très belles surfaces unies, et, fait très intéressant, elle adhère au ciment et au papier goudronné avec une très grande solidité, ce qui en rend l'emploi très précieux dans l'industrie du bâtiment.

Les fabricants ont donné à cette peinture le nom de *peinture au fibrol*.

Dans un tout autre ordre d'idées et avant de passer aux autres applications de la viscose, il convient encore de signaler une propriété curieuse de la dissolution de viscose, propriété utilisée et exploitée par MM. Decauville et Olivier. Si on applique au pinceau une dissolution de viscose convenablement étendue sur une surface recouverte de vernis gras, il se forme, au bout de très peu de temps, une pellicule continue et, si après quelque temps de contact on essaie de soulever cette pellicule, on voit qu'elle entraîne avec elle la majeure partie du vernis sous-jacent et que la partie de ce vernis qui demeure attachée au support est devenue poisseuse, a perdu toute adhérence et est devenue attaquable par l'eau. Il suffit donc, pour faire disparaître toute trace de vernis, de laver à l'eau avec une brosse un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

peu rude. Les parties sculptées se trouvent ainsi nettoyées dans leurs plus fins détails sans qu'il soit nécessaire de procéder à aucun grattage. De plus, dans le cas des bois naturels vernis, on retrouve ces bois sans aucune altération. Il suffit, avant de les vernir de nouveau, de les laver avec un peu d'eau oxygénée pour faire disparaître la légère teinte brune occasionnée par la présence des sulfures dans la solution de viscose.

L'effet est aussi complet que rapide, même sur de fortes épaisseurs de vernis d'application très ancienne, et l'enlèvement de ces vernis se réalise avec une dépense très minime de produit et de main-d'œuvre.

Le même effet se manifeste sur les peintures à l'huile; en étendant d'une manière judicieuse la solution de viscose, on peut soit opérer un lessivage absolument superficiel, soit enlever une ou plusieurs couches de peinture en réservant les apprêts, soit enfin décaper toute la partie peinte et remettre absolument à nu la surface sur laquelle on opère.

Utilisée pour cet effet de décapage la solution de viscose a reçu la dénomination de *Clysol*.

Filature de la viscose en vue d'obtenir des fils de toutes natures. — L'idée de préparer soit directement, soit indirectement, avec la cellulose des fils susceptibles d'être utilisés industriellement est déjà ancienne. Le comte H. de Chardonnet est le premier qui ait proposé comme substitut de la soie un fil de nitrocellulose, dénitré après filage et ramené, par suite de cette opération, à l'état de cellulose plus ou moins pure. L'invention de Chardonnet a reçu de grandes applications industrielles; la soie artificielle ainsi produite, bien que n'ayant pas toutes les propriétés de la soie naturelle, possède cependant un éclat et un brillant supérieurs qui la font rechercher pour beaucoup d'applications; aussi sa fabrication fait-elle aujourd'hui l'objet d'un commerce considérable. Il a fallu pour réaliser cette fabrication vaincre des difficultés nombreuses et mettre en œuvre une sagacité, une persévérance, un génie inventif qui font le plus grand honneur à l'inventeur.

Le fil de cellulose ainsi obtenu est produit, comme on le voit, par voie indirecte.

Du Vivier, avec un succès beaucoup moindre, a tenté d'atteindre le même but, en dissolvant la nitrocellulose dans l'acide acétique. Son invention n'a pas fait l'objet d'une exploitation importante.

Les solutions de cellulose dans l'oxyde de cuivre ammoniacal et dans le chlorure de zinc fournissent également des fils plus ou moins fins; c'est de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la filature directe. Jusqu'à ces derniers temps ces fils étaient réservés presque exclusivement à l'obtention des filaments des lampes électriques à incandescence ; des essais récents ont été entrepris pour en étendre l'usage à la production des étoffes. Il ne paraît pas que le problème soit encore résolu d'une façon absolument pratique et économique.

M. Stearn, l'un des inventeurs de la lampe à incandescence, a cherché, en collaboration avec M. Cross, a produire avec la viscose des filaments utilisables pour la construction des lampes électriques, et la tentative a été couronnée de succès.

Poursuivant leurs recherches, ces Messieurs ont tenté de résoudre complètement le problème de la production de fils de tout calibre, ils ont à cet effet installé à Kew une usine d'essai pourvue de tout le matériel nécessaire pour la fabrication nouvelle et pour l'étude des fils produits.

Cette fois encore, après de patients travaux conduits avec toute la rigueur des méthodes scientifiques, le résultat a été complètement atteint.

La viscose peut être filée aussi fin qu'on le désire et avec une régularité absolue. Le matériel qui sert à cette fabrication et que nous avons vu en œuvre dans l'usine de Kew est des plus simples, et réalise la filature par des moyens nouveaux ; la main-d'œuvre nécessaire au travail est réduite au minimum, car les ruptures de fil sont excessivement rares, en sorte qu'un seul ouvrier peut surveiller un très grand nombre de filières.

La ténuité du fil peut être si grande qu'il est possible de produire un fil mouliné de très petit calibre composé de deux cents brins et plus. Une telle ténuité du fil n'est pas pratiquement nécessaire, elle serait même nuisible, car de semblables fils, par le travail de la teinture et du tissage, ne fourniraient que des étoffes pelucheuses.

La ténacité de la viscose filée est très voisine de celle de la soie, son élasticité est grande et son allongement avant rupture peut atteindre 20 à 30 p. 100.

Ces qualités sont celles exigées pour une bonne matière textile.

Les fils se teignent bien, supportent l'ébullition dans les lessives alcalines, résistent à l'action du chlore et sont douées d'un bel éclat brillant.

Le but que MM. Stearn et Cross se sont proposé n'est pas de faire un substitut de l'une quelconque des substances textiles actuellement employées par l'industrie, mais bien de produire un fil *sui generis*, un fil de cellulose ayant des propriétés spéciales et susceptible d'être employé par

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'industrie du tissage, pour l'obtention de genres nouveaux ou la production d'étoffes à bas prix.

Il n'est pas, en effet, superflu d'ajouter que ces fils se présenteront sur le marché avec un très réel avantage, car leur prix devra être égal ou inférieur à celui des textiles les meilleur marché; on conçoit qu'il puisse en être ainsi, puisque leur production n'exige comme matière première que la pâte de bois, c'est-à-dire la cellulose sous sa valeur marchande la plus faible; de la soude et du sulfure de carbone, produits d'un très bas prix et non soumis à de grandes fluctuations; comme dissolvant de l'eau, et qu'enfin la main-d'œuvre est réduite au minimum. Un mode tout nouveau de production de fil vient d'être réalisé, il fournit non plus des fils continus, mais des fils de petite longueur, analogues aux fils de coton, d'une ténuité extraordinaire et d'un beau brillant.

Cette nouvelle façon de filer la viscose pourra produire une matière première analogue au coton brut et subir les mêmes transformations : peignage, filature, moulinage, etc., que lui. Cette découverte pourra être d'une importance considérable.

Le procédé de MM. Stearn et Cross est, comme le procédé de Chardonnet, un procédé de filature indirecte de la cellulose, puisqu'il tire parti de l'existence éphémère du xanthate de cellulose pour amener la substance sous la forme qu'elle doit ultérieurement conserver; il permet d'obtenir des fils de tous diamètres, depuis celui des cordes de violoncelle jusqu'à celui des plus fins fils de soie, aussi ne semble-t-il pas téméraire de penser qu'un brillant avenir lui est réservé.

Production des pellicules de viscose et des dérivés de la cellulose. — C'est à Manchester que se trouve centralisée l'étude de ces applications spéciales et qu'existe l'usine où elles sont réalisées.

Si au lieu de laisser la viscose se gélatiner et se fixer spontanément on verse la solution sur une surface plane, sur une plaque de verre, par exemple, et qu'on l'évapore en la chauffant vers 80 degrés, la cellulose devient insoluble en adhérant fortement au verre. Si, à ce moment, on immerge la plaque dans l'eau, la cellulose se détache facilement, perd rapidement tous les produits secondaires dont elle est imprégnée, et se présente sous la forme d'une pellicule continue, transparente, et d'une grande ténacité. Cette pellicule doit être séchée sous tension. Elle est imperméable aux graisses.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Sous cette forme, la cellulose est susceptible de servir à de nombreuses applications industrielles.

Parmi celles qui ont déjà été tentées, nous citerons la fabrication des fleurs et des feuillages artificiels.

L'absence de structure, la force, la plasticité, le toucher des pellicules, leur affinité pour les matières colorantes, leur facilité d'emmagasiner les pigments sans perdre sensiblement les propriétés qui viennent d'être énumérées, les recommandent comme une matière presque idéale pour cette importante industrie française. Une seule condition reste à réaliser, c'est la souplesse que réclame impérieusement cette fabrication; nul doute que ce *desideratum* se trouve bientôt atteint.

Étoffes couchées. — De la pellicule détachée, faite sur verre, à la pellicule adhérente, déposée sur une étoffe, la transition est toute naturelle. On obtient par ce procédé des étoffes couchées, susceptibles d'être teintes et gaufrées, imitant le cuir, qui peuvent être utilisées pour la reliure, l'ameublement, etc. C'est la maison Williamson et Son, de Lancaster, qui, la première, a étudié et résolu, au point de vue pratique, cette importante et difficile question.

L'industrie des papiers couchés peut remplacer avec avantage la gélatine par la viscose; en effet, la gélatine ne parvient à fixer que six à sept fois son poids de pigment (blanc fixe, blanc de satin, etc.), tandis que la cellulose est susceptible d'en fixer jusqu'à vingt fois son poids. Cette application a été réalisée avec un succès complet en Amérique.

Osmose. — L'industrie utilise, comme on le sait, le papier parchemin pour l'osmose; la cellulose, sous sa forme pelliculaire, peut se substituer avec grand avantage au papier parchemin pour la diffusion. On peut l'employer soit sous forme de pellicules, soit sous forme de diaphragmes composés en recouvrant du papier ou un tissu avec de la solution épaisse de viscose et fixant la cellulose par une des méthodes décrites.

Le passage des cristalloïdes à travers la cellulose, surtout sous ses formes hydratées, semble être d'une rapidité exceptionnelle. M. E. Thomas, à l'aide d'un tour de main des plus ingénieux, est arrivé à produire des sacs de toutes formes et de toutes dimensions qui se prêtent remarquablement à l'osmose et dont l'emploi dans les laboratoires peut rendre de très réels services.

Ethers cellulosiques. — Nous avons dit plus haut que les recherches de MM. Cross et Bevan avaient confirmé l'opinion que la cellulose est un alcool, elles ont de plus établi que dans la cellulose régénérée, soit de sa solution

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans les dissolutions de chlorure de zinc ou de cuivre ammoniacal, soit de ses solutions xanthiques, les hydroxyles étaient doués d'une bien plus grande réactivité que dans la cellulose naturelle. Cette propriété a été mise à profit pour la production facile des éthers cellulosiques.

Les acétates de cellulose ont été étudiés et décrits par Berthelot et Schutzenberger, mais leur préparation difficile et coûteuse ne fournissait que des mélanges impropres à des applications déterminées.

En partant de la cellulose régénérée, M. Cross a institué une méthode générale de production des éthers cellulosiques des acides gras qui conduit avec sûreté et économie au résultat cherché.

La cellulose régénérée se dissout directement à 110-120° dans l'anhydride acétique et fournit une solution d'une viscosité extraordinaire, si intense que la limite de concentration n'est pas supérieure à 10 p. 100 d'acétate (5 p. 100 de cellulose) ; au delà, la réaction est pour ainsi dire arrêtée.

On arrive à un résultat bien préférable et plus économique en substituant à l'anhydride acétique le chlorure d'acétyle et certains acétates, tels que les acétates de zinc ou de magnésie.

L'hydrate de cellulose, ou cellulose régénérée, est intimement mélangé avec une solution concentrée d'acétate de magnésie dans la proportion de deux molécules d'acétate de magnésie pour une molécule de cellulose. Ce mélange, après incorporation complète des substances, séché puis déshydraté à une température de 110°, est ensuite additionné d'une proportion déterminée de chlorure d'acétyle (deux molécules de chlorure d'acétyle pour une molécule de chlorure de magnésie employé). L'addition du chlorure d'acétyle doit être faite progressivement et avec précaution, en évitant toute élévation de température au-dessus de 30°. On continue l'agitation du mélange jusqu'à ce que la réaction soit terminée.

Le produit est ensuite traité par l'eau pour enlever les sels de magnésie, puis séché, traité par un dissolvant pour séparer l'acétate de cellulose de la petite quantité de cellulose non entrée en combinaison. Cette solution, clarifiée puis filtrée, est ensuite soumise à l'évaporation et laisse l'éther à l'état de pureté.

Le produit obtenu — tétracétate de cellulose — a une très grande ressemblance avec la nitrocellulose, mais il s'en distingue en ce qu'il n'est pas explosif, ni même facilement combustible. Il se dissout dans le chloroforme, l'épichlorhydrine, le benzoate d'éthyle, l'acide acétique cristallisable, la nitrobenzine, etc.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ces solutions fournissent des pellicules d'une parfaite transparence et d'une absolue continuité, même lorsqu'elles sont assez minces pour produire les couleurs irisées d'interférence. Elles sont absolument imperméables à l'eau et offrent une résistance très grande aux réactifs. C'est ainsi que les solutions alcalines aqueuses, qui décomposent complètement les celluloses nitrées à froid, sont sans action sur le tétracétate de cellulose, même à l'ébullition. Pour saponifier ces pellicules minces, il faut une ébullition prolongée de plusieurs heures avec une solution alcoolique de soude; mais même alors aucune désagrégation n'a lieu, et la pellicule conserve, non seulement sa forme, mais encore sa transparence.

Le tétracétate de cellulose résiste aux températures élevées; à 150°, il commence à fondre sans donner aucun signe de décomposition.

On peut, par un procédé analogue, produire le tétrabutyrate de cellulose ou des éthers mixtes acétique et butyrique. Ces composés ont la plus grande ressemblance avec les acétates, mais ils jouissent d'une plus grande solubilité dans les dissolvants.

Eu égard à leurs remarquables propriétés, les éthers d'acides gras de la cellulose semblent appelés à jouer un rôle très important dans l'industrie. Ils pourront fournir des pellicules photographiques, pratiquement ininflammables, remplacer le celluloïd, servir de base à d'excellents vernis, offrir à la chirurgie un succédané du collodion pour la fixation des bandages, etc. Leur imperméabilité à l'eau et aux gaz leur assigne un emploi pour l'imperméabilisation des vêtements et des étoffes pour ballons; en vertu de leur pouvoir isolant extraordinaire, ils rendront les plus grands services aux industries électriques, etc.

La fabrication de ces éthers se fait dans l'usine de Manchester, avec la collaboration et sous la surveillance de M. le Dr Weber qui a apporté de notables perfectionnements aux procédés originaux.

L'ingénieuse méthode de MM. Cross et Weber, remplaçant une partie du chlorure d'acétyle par des acétates, procure une économie considérable dans la fabrication, aussi l'usine de Manchester est-elle, dès à présent, à même de fournir les éthers cellulosiques à bas prix et avec une régularité de composition parfaite, deux conditions indispensables pour la réussite d'applications industrielles.

Tel est, Messieurs, l'exposé fidèle, mais cependant forcément incomplet de l'état actuel des découvertes de MM. Cross, Bevan, Beadle, Stearn et Weber. Votre Comité des Arts économiques, considérant l'importance de ces

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

travaux, vous propose de remercier MM. Cross, Bevan et Beadle de leur intéressante communication, ainsi que M. E. Thomas pour la façon si claire et si méthodique avec laquelle il les a exposés à la Société et de voter l'insertion du présent rapport au *Bulletin*.

Signé : Ch. Bardy, *Rapporteur*.

Lu et approuvé en séance, le 9 mars 1900.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS CHIMIQUES

RAPPORT présenté par **M. Ach. Livache**, au nom du *Comité des Arts chimiques*, sur le *Fibroleum*.

Dans une des dernières séances de la Société, M. Brigalant a présenté un nouveau produit qu'il fabrique avec des déchets de cuir et qu'il désigne sous le nom de Fibroleum. M. Brigalant, qui exploite d'importantes papeteries et cartonneries à Barentin et à Dieppe, a pensé qu'on pourrait utiliser les rognures de cuir, comme on utilise les vieux papiers, quand on les transforme à nouveau en papier ou en carton.

Lorsqu'on examine du cuir au microscope, on voit qu'il est composé de fibres relativement longues, fines et soudées entre elles par une substance jouant le rôle d'un véritable ciment. Si, par une opération mécanique, on cherche à séparer ces fibres, on éprouve de la difficulté, et on obtient surtout des faisceaux de fibres, de grosseur et de longueur très variables; mais si, au contraire, on fait intervenir une action chimique, si l'on emploie, par exemple, une solution alcaline, le ciment qui retient les fibres se dissout facilement, et celles-ci deviennent indépendantes les unes des autres. Il se passe exactement le même phénomène que dans le traitement de certaines matières cellulosiques destinées à fournir des fibres papetières, et l'on comprend aisément qu'il suffira de faire passer les fibres, ainsi isolées, sur la toile d'une machine ordinaire à fabriquer le papier, pour obtenir une feuille constituée par le feutrage des fibres retirées du cuir. C'est ce produit feutré qui constitue le Fibroleum.

Dans l'usine de Barentin, où M. Brigalant a installé cette fabrication qui n'a pas exigé moins de deux ans d'essais et de tâtonnements, les rognures de cuir, coupées en morceaux de faibles dimensions, sont empilées dans de vastes cuves pouvant en contenir 4 000 kilos par opération, et on les laisse macérer avec une solution alcaline de composition variable suivant le cuir employé ou le produit que l'on se propose d'obtenir. Il y a là un point très délicat, car il faut dissoudre le ciment réunissant les fibres, mais sans altérer ces fibres elles-mêmes, ce que produirait une solution trop concentrée ou une macération trop prolongée. Si, au contraire, l'action n'est pas suf-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fisante, on retrouve des paquets de fibres encore agglutinées, qui viendront former ensuite des boutons analogues à ceux qu'on voit se produire dans une mauvaise fabrication de papier. L'opération dure de huit à quinze jours, et est exécutée à la température ordinaire, soit en laissant le même liquide en contact, soit en faisant agir des solutions successives à des degrés différents de concentration.

Lorsque l'on juge l'opération terminée, on évacue la solution alcaline qui pourra servir dans de nouvelles macérations, on lave à l'eau froide et on envoie la matière dans un appareil défibreur spécial. Au début, on avait essayé d'employer la pile défileuse ordinairement employée en papeterie, mais elle hachait la matière et donnait un produit défectueux; on a dû imaginer un appareil, formé de deux cylindres à fortes cannelures, produisant, à la fois, avec une très grande force, un double effet d'écrasement et d'étirage. Ces cylindres, tournant dans une cuve en ciment, défibrent les rognures en suspension dans de l'eau qui, arrivant d'une matière continue, produit un lavage complet; un tambour à augets intérieurs, revêtu à sa surface d'une toile métallique fine, sert à l'évacuation de l'eau. La pression des cylindres et la durée de l'opération varient naturellement avec les différentes sortes de cuir traité.

On obtient ainsi une pulpe, très douce au toucher, que l'on envoie dans une pile raffineuse, ne différant de celles employées en papeterie que par l'entre-croisement des lames et les cannelures de la patine; on y traite des charges de 300 kilos qui y restent douze heures. C'est dans cette raffineuse que l'on ajoute, au besoin, une matière colorante, ou, dans des cas particuliers, une certaine quantité de fibres papetières de chanvre, de jute, de paille, etc.

A ce moment, on constate qu'on a une pâte composée de fibres très minces, longues, parfaitement isolées, et il suffit de les envoyer sur la machine à papier ordinaire pour qu'elles donnent, en se feutrant, une feuille présentant déjà, à l'état humide, une certaine résistance, quoiqu'elle ne mesure pas plus d'un dixième de millimètre d'épaisseur, et ne pèse que 25 à 30 grammes par mètre carré.

En quittant la toile, cette feuille, mesurant 2 mètres de largeur, s'enroule sur un cylindre de $0^m,70$ de diamètre, et l'on obtient ainsi une superposition de feuilles humides qui resteront fortement adhérentes les unes aux autres, comme si un certain nombre de fibres des surfaces en contact se feutraient entre elles. L'épaisseur voulue est-elle obtenue, il suffit de faire agir un couteau pour séparer le paquet de feuilles suivant une génératrice

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du cylindre; à l'aide de tours de main particuliers, on enlève le paquet, et on l'amène sur une table métallique, où on le divise en quatre feuilles d'un mètre carré. On fabrique ainsi des feuilles qui, à l'état humide, peuvent avoir une épaisseur variant de 1 à 10 centimètres, et, par suite, sont constituées par la superposition de 100 à 1 000 feuilles simples, puisque chaque feuille simple ne mesure pas plus d'un dixième de millimètre d'épaisseur. Signalons, en passant, une disposition mécanique très ingénieuse, lorsqu'il s'agit surtout d'obtenir de fortes épaisseurs, et qui permet, à mesure que l'épaisseur des couches superposées augmente, de faire varier, d'une part, l'angle sous lequel la feuille arrive sur le cylindre et, d'autre part, la pression de la toile contre le cylindre, ce qui empêche toute rupture ou tout décollement.

Il ne reste plus alors qu'à passer ces feuilles, placées entre des feutres, sous la presse hydraulique qui abaisse leur teneur en eau de 75 à 50 p. 100, à les envoyer dans un séchoir à air chaud, dont la température et la vitesse de l'air doivent être très soigneusement surveillées, en vue d'abaisser finalement la teneur en eau à 8 p. 100, et enfin, à passer à la calandre les feuilles qui, sous l'influence de la dessiccation, se gondolent comme le cuir naturel placé dans les mêmes conditions. On obtient alors des feuilles bien homogènes, résistantes et présentant l'aspect et la flexibilité du cuir.

Quelles peuvent être les applications de ce Fibroleum? M. Brigalant a déjà employé ce produit, après l'avoir gaufré, pour faire des tentures et recouvrir des meubles; nous avons pu voir, par exemple, des chaises ainsi recouvertes qui étaient d'un usage courant depuis déjà six mois, et qui ne portaient aucune trace d'usure ou de cassure sur les bords, là où la feuille de fibroleum est repliée et fatigue le plus.

Mais le commerce demande surtout de notables quantités de ce produit pour la chaussure.

M. Brigalant déclare tout d'abord que le fibroleum n'est pas destiné à remplacer le bon cuir naturel, mais que ce produit est tout indiqué pour se substituer avantageusement aux produits inférieurs qui entrent aujourd'hui dans la confection des chaussures à bon marché. Une feuille de fibroleum, en effet, ne se déchire pas sous l'influence de flexions répétées, elle présente une résistance énorme à la traction, et les fibres qui la composent montrent des qualités identiques à celles qu'elles avaient dans le cuir dont elles proviennent.

L'emploi du fibroleum semble tout indiqué pour les contreforts de bottines. Il est indiqué également pour la fabrication des talons qui, lorsqu'on

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

emploie le cuir naturel, sont composés de feuilles superposées et collées en nombre suffisant pour atteindre la hauteur voulue; au contraire, avec le fibroleum, on peut faire des feuilles qui, après dessiccation, ont précisément l'épaisseur voulue et dans lesquelles on découpe les talons à l'emporte-pièce. Pour un talon d'une épaisseur de 3 centimètres par exemple, on prépare un bloc ne comptant pas moins de 800 feuilles superposées, qui, à l'état humide, donnaient une épaisseur de 8 centimètres; un talon découpé dans ce bloc présente une résistance remarquable, surtout si on le garnit à sa base d'une plaque de cuir naturel de qualité supérieure, imitant ainsi ce qui se fait pour les talons de cuir.

Là où l'emploi du fibroleum ne donne pas encore tout ce qu'on peut en espérer, c'est dans la fabrication de la partie de la chaussure qui peut être exposée à un contact prolongé avec l'eau, la semelle. Évidemment, le fibroleum est déjà bien supérieur aux produits à base de carton qui se comportent immédiatement, en présence de l'eau, comme une éponge et perdent toute solidité, mais, néanmoins, il absorbe l'eau plus rapidement que le cuir naturel, malgré des essais de collage au savon de résine analogue au collage qu'on fait subir au papier.

On objecte, à la vérité, que le nombre de couches superposées et la pression à laquelle ont été soumises ces couches diminuent notablement la pénétration de l'eau; l'expérience suivante montre que, si ces considérations ont une réelle valeur, elles n'arrêtent cependant pas suffisamment l'absorption de l'eau. Nous avons pris deux morceaux de surfaces identiques, mesurant 2 millimètres d'épaisseur, l'un de cuir naturel et l'autre de fibroleum, et nous les avons tenus immergés dans l'eau, nous bornant à essuyer la surface avec un linge quand nous les pesions à différents intervalles; les résultats furent les suivants :

	Augmentation de poids due à l'eau absorbée.	
Durée de l'immersion.	Cuir naturel.	Fibroleum.
	P. 100.	P. 100.
1/2 heure	2,2	6,7
1 heure	3,2	8,7
2 heures	4,8	14,1
3 —	6,0	17,7
1 jour	12,9	32,8
3 jours	15,2	36,2
4 —	22,8	39
6 —	32,9	41,4
9 —	37,9	43,1
10 —	38,1	43,4

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On voit donc que, au début, le fibroleum absorbe l'eau trois fois plus vite que le cuir et arrive beaucoup plus rapidement à la teneur maximum qu'il peut absorber, mais ce qu'il y a lieu de noter c'est que, même à la fin de l'expérience, les couches ne se séparent pas, que la résistance à la traction est conservée et que, après dessiccation, le fibroleum a repris sa dureté et sa flexibilité primitives. Il est à souhaiter que M. Brigalant cherche les moyens de coller le fibroleum par l'emploi d'une colle résistant à l'eau et suffisamment épaisse pour boucher les pores ; ce desideratum ne semble pas impossible à réaliser et le fibroleum pourrait alors recevoir les applications les plus diverses.

Actuellement, M. Brigalant prépare 125 à 150 grosses de contreforts de bottines par jour; il ne fabrique encore qu'une petite quantité de talons et de semelles, mais en présence des demandes qui proviennent tant de France que de l'étranger, il est en train d'installer l'outillage nécessaire pour produire 1 000 grosses de contreforts et 5 000 douzaines de talons par jour; il se prépare également à donner un développement important à la fabrication du fibroleum gaufré pour tentures ou dessus de sièges.

Quant au prix de revient du fibroleum, il est fort peu élevé et bien inférieur à celui des cuirs factices si défectueux qu'il est destiné à remplacer. Pour les contreforts, par exemple, qui, en cuir naturel, reviennent à 30 francs la grosse, il ne faudra compter que 5 francs la grosse en fibroleum, alors que la même quantité coûte 15 francs en cuir factice; pour les talons, le prix est cinq fois moindre en fibroleum qu'en cuir naturel, et légèrement inférieur à celui des talons en cuir factice.

En résumé, nous pensons que cette industrie très intéressante est destinée à prendre une grande extension et que M. Brigalant rendra un véritable service en fabriquant des produits bien supérieurs à ceux qui servent actuellement à remplacer le cuir dans les articles à bon marché, d'autant plus que le résultat sera obtenu avec des résidus qui ne sont guère utilisés actuellement que dans la fabrication des engrais. Votre Comité des arts chimiques a donc l'honneur de vous proposer de remercier M. Brigalant de la présentation de ce nouveau produit, et vous prie d'ordonner l'insertion au *Bulletin* du présent rapport.

Signé : A. Livache, *rapporteur.*

Lu et approuvé en séance le 9 mars 1900.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Rapport présenté par **M. Ach. Livache**, au nom du *Comité des Arts chimiques*, sur les *Enduits métalliques et les peintures vernissées* de M. Delbeke.

M. Delbeke, industriel à Dunkerque, a soumis à l'examen de la Société d'Encouragement des échantillons d'enduits métalliques pour la marine.

Ces enduits métalliques ont pour objet d'empêcher l'adhérence à la coque des navires des végétations sous-marines et des coquillages qui retardent la marche et obligent à des grattages coûteux ; dans le cas des navires en fer, ces enduits s'opposent également à l'oxydation.

Le moyen le plus efficace pour protéger la coque des navires consiste à ajouter aux enduits ordinaires du vert de Schweinfurt (sel double d'arsénite et d'acétate de cuivre) ; cependant, l'emploi de ce sel toxique présente un danger pour les hommes chargés du grattage de la peinture de la carène, lors du passage au bassin de radoub, et peut même causer des ulcérations graves, comme on l'a observé tout récemment, lors du grattage de la carène du navire cuirassé *le Gaulois*.

M. Delbeke a pensé que l'on aurait des résultats satisfaisants en employant le cuivre métallique dont l'action toxique sur certains végétaux ou coquillages a été établie, et, à cet effet, il fait usage de cuivre électrolytique, se présentant sous la forme d'une poudre rouge très fine, que l'on ajoute à un enduit ordinaire à base de brai. Le produit ainsi obtenu, destiné aux navires en bois, a pour composition :

Huile de houille distillant principalement à 215°.	1 partie.
Brai gras.	1 —
Cuivre électrolytique	2 —

Une couche, appliquée sur la carène, sèche en quelques heures, et, comme 1 kilogramme de cet enduit, contenant 500 grammes de cuivre pulvérulent, peut couvrir 5 à 6 mètres carrés, on voit qu'on a un véritable blindage, suffisamment continu si la couche de peinture est bien appliquée, très mince, puisqu'il ne contient que 80 à 100 grammes de cuivre par mètre carré, mais très adhérent, grâce à la présence du brai.

Lorsqu'on se propose d'employer cet enduit sur des navires en fer, on doit mettre d'abord une couche isolante, car si l'on appliquait directement le cuivre sur le fer, on formerait un couple électrique dont l'effet serait

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

inverse de celui qu'on se propose. Cette couche isolante, séchant presque instantanément et d'une adhérence parfaite, a pour composition :

Alcool dénaturé.	2 parties.
Produit isolant (factice à base de gomme laque).	1 —
Sulfure d'antimoine, renfermant une petite quantité de sulfures de plomb et de cuivre.	3 —

Après dessiccation de cette couche de fond, il suffit d'appliquer une couche dite de surface, analogue à l'enduit employé pour les navires en bois :

Huile légère de houille distillant entre 175 et 205°. . . .	1 partie.
Brai gras.	1 —
Cuivre électrolytique	3 —

M. Delbeke présente également deux échantillons de peintures vernissées.

Le premier, destiné à recouvrir les cheminées et les corps chauds en général, a pour composition :

Essence de pétrole distillant entre 120 et 135°.	2,5 parties.
Résine et huile siccative.	3 —
Mélange d'oxyde d'antimoine et de terre argileuse. . . .	4 —

Appliquée sur une tôle, cette peinture forme une couche qui ne se fendille pas sous l'action de la chaleur et qui reste parfaitement adhérente, même dans le cas où la température s'élève au point de carboniser les matières organiques qui entrent dans sa composition.

Le second échantillon de peinture vernissée, désigné sous le nom de « la Siccative », est un de ces produits qui prennent aujourd'hui une si grande extension et que l'on peut regarder comme un mélange de couleur à l'huile, et de vernis. « La Siccative », de couleur blanche, a pour composition :

Essence de pétrole distillant entre 120 et 135°.	1 partie.
Résine Damma et huile siccative.	1 —
Matière colorante (oxyde de zinc), ...	1 —

Appliquée sur une surface, elle sèche en moins d'une heure et possède un brillant et un glacé remarquables ; ce qu'on peut lui reprocher, c'est un manque de souplesse dû à une proportion trop faible d'huile et au remplacement de l'essence de térébenthine ordinairement employée par de l'essence de pétrole. Les avantages d'une dessiccation plus rapide, d'un brillant plus vif et d'un prix moins élevé sont compensés par la dureté de la couche qui

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

suit moins bien les déformations ou les variations de la surface de l'objet qu'elle doit protéger.

En résumé, nous croyons devoir appeler particulièrement l'attention sur les enduits métalliques. Si, dans les divers cas où ils ont été appliqués, ils n'ont pas toujours donné des résultats parfaits, c'est qu'on n'avait peut-être pas tenu suffisamment compte, eu égard à leur composition, des conditions locales, telles que la température de l'eau dans laquelle les navires devaient faire un séjour prolongé ou la vigueur de la végétation et des coquillages dans certaines régions. Par contre, ils semblent avoir été employés avec succès chaque fois que l'on s'est trouvé en dehors de ces conditions spéciales, et les rapports d'ingénieurs des ponts et chaussées chargés du service maritime de plusieurs de nos ports en font le plus grand éloge. Dans ces conditions, votre Comité des Arts chimiques a l'honneur de vous proposer de remercier M. Delbeke d'avoir soumis ces produits à l'examen de la Société et vous prie d'ordonner l'insertion au *Bulletin* du présent rapport.

Signé : A. LIVACHE, *rapporteur.*

Lu et approuvé en séance, le 9 mars 1900.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS MÉCANIQUES

RAPPORT fait par **M. Édouard Simon**, au nom du *Comité des Arts mécaniques*, sur l'ouvrage intitulé : *Essai des matières textiles*, par **M. J. Persoz**, directeur de la condition des soies et laines de Paris.

MESSIEURS,

L'ouvrage dont j'ai à vous rendre compte fait partie de l'*Encyclopédie scientifique des aide-mémoire*, publiée sous la direction de M. Léauté, membre de l'Institut; à ce titre, il vous a été présenté, dans une séance antérieure, parmi les publications offertes à la bibliothèque de notre Société, mais il mérite mieux qu'une simple mention au procès-verbal, nous nous efforcerons de le démontrer au cours de ce rapport.

M. Schützenberger, en 1878, faisait de l'ouvrage du même auteur intitulé : *le Conditionnement*, un éloge également applicable à l'*Essai*, qui nous occupe : « Le livre de M. Persoz, — disait notre regretté collègue, — remplit une des meilleures conditions de succès pour tout ouvrage technologique; il est écrit dans l'atelier même où se font les opérations décrites par celui qui les dirige et qui les suit journellement (1).

L'*Essai des matières textiles* comporte cinq chapitres principaux correspondant au *conditionnement*, au *décreusage des soies* et au *lavage des laines*, au *titrage* ou *numérotage des fils*, aux *essais de torsion des fils*, aux *essais dynamométriques des fils et des tissus*.

Conditionner une masse fibreuse ou un lot de fils, c'est en constater l'état hygrométrique. L'opération s'effectue par la dessiccation complète d'un certain nombre d'échantillons prélevés en divers points des ballots soumis au conditionnement. Le poids de ces prises permet de déduire celui de la partie entière, auquel il convient d'ajouter, pour avoir le poids *loyal et*

(1) *Bulletin de la Société d'Encouragement*, mars 1879, p. 115.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

marchand, la proportion d'humidité normale, le *taux de reprise légale*, qui varie nécessairement suivant les textiles.

La dessiccation qui, à l'origine, s'obtenait d'une façon empirique, se réalise aujourd'hui au moyen d'étuves spéciales et de manière à ne jamais altérer la fibre par une élévation de température exagérée. M. Persoz a résumé, dans le premier chapitre, les origines du conditionnement et décrit les appareils perfectionnés de dessiccation, dont la diversité résulte principalement du mode de chauffage ; il indique les précautions particulières à prendre selon qu'il s'agit de soie, de laines en masse, de rubans peignés, de laines filées, etc. ; puis il passe en revue les problèmes nombreux que doit résoudre journellement le personnel des Conditions publiques pour fournir à la clientèle tous les renseignements utiles à la loyauté des transactions.

A ce sujet, il convient de rappeler que les établissements dont il s'agit, tantôt dépendent exclusivement des Chambres de commerce, tantôt sont sous le contrôle des municipalités et, dans certains cas, ne relèvent que du Conseil d'administration d'une Société d'initiative privée.

Le résultat de cette variété d'origines a été de créer des organismes appropriés aux divers centres industriels où ils ont pris naissance, de ne pas soumettre les tarifs à des règles uniformes qui auraient entravé, dans nombre de circonstances, l'usage du conditionnement, de stimuler les recherches, de provoquer l'émulation entre les établissements similaires.

Aussi n'est-ce pas sans étonnement qu'il nous a été donné de lire une récente proposition de loi, due à l'initiative parlementaire, où le monopole du conditionnement au profit exclusif des Chambres de commerce est recommandé à la fois par l'auteur, M. le député Dron, et par le rapporteur du projet, M. Cruppi.

Les traditions libérales de la Société d'Encouragement nous faisaient un devoir de signaler ce véritable anachronisme qui, entre autres conséquences fâcheuses, placerait tous les établissements de conditionnement sous le contrôle de l'État, nécessiterait la création d'une nouvelle inspection administrative, dont il n'est nul besoin, car les intérêts opposés du vendeur et de l'acheteur assurent ici le contrôle le plus efficace.

Le *décreusage des soies*, comme le *lavage des laines*, a pour but de rechercher, non seulement la proportion d'impuretés naturelles incorporées aux fibres et variables avec les provenances, mais de déceler les fraudes qui, pour la soie écrue, par exemple, peut porter la perte de 17 à 40 p. 100. Là

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

encore, M. Persoz indique les précautions à prendre pour assurer le résultat vrai de l'opération, la méthode de correction de l'eau, la proportion de savon à employer, les soins exigés par le rinçage, les pertes normales des soies décreusées et des laines lavées.

Le troisième chapitre consacré au *titrage* et au *numérotage* expose les multiples systèmes adoptés pour indiquer le rapport de la grosseur au poids d'un fil déterminé ; les nombreux calculs qui s'imposent à l'industriel pour établir un prix de revient ou seulement un ourdissage composé de fils de diverses provenances constituent le meilleur plaidoyer en faveur de l'unification du numérotage des fils, que quatre Congrès internationaux ont réclamée depuis un quart de siècle et dont l'adoption se heurte jusqu'ici à l'opposition du commerce anglais. Espérons que le Congrès projeté en 1900 sera moins stérile et que les industriels du Royaume-Uni, soucieux de ne pas s'isoler plus longtemps en présence du développement continu de la filature dans les divers pays, accepteront enfin une réforme profitable à l'universalité des transactions.

Remarquons, en passant, qu'à côté du bureau de titrage des soies annexé à la Condition de Lyon, il existe dans cette ville de nombreux bureaux d'essai privés, dont l'organisation est satisfaisante et fournit un argument de plus contre la thèse des Conditions monopolisées, à laquelle nous faisions allusion plus haut.

Dans le quatrième chapitre, où l'auteur décrit un certain nombre d'instruments employés pour déterminer la torsion des fils, M. Persoz nous permettra de regretter l'omission de l'appareil dit *phroso-dynamique*, de Michel Alcan, qui précisément eût formé transition entre cette partie et le dernier chapitre. Cet appareil sert, en effet, à mesurer soit la torsion, soit la résistance, la ténacité d'une fibre ou d'un fil, sans que l'expérimentateur ait à recourir à une succession d'instruments (1).

M. Persoz, de son côté, a imaginé récemment un mode d'essai fort original: Au lieu de mesurer la ténacité des papiers, tissus, verres, etc., par traction soit sur la longueur, soit sur la largeur, il réalise mécaniquement l'épreuve que pratiquent les drapiers, lorsque, tenant solidement tendu entre les mains un morceau d'étoffe, ils y appuient les pouces pour essayer de le rompre et en apprécient de la sorte la plus ou moins grande solidité.

L'appareil construit sur ces données est d'un maniement facile et four-

(1) Voir la description de l'appareil phrosodynamique au *Bulletin* de 1855, p. 225.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nit des indications fort intéressantes à comparer avec les résultats des essais habituels.

Ce résumé, trop sommaire, de l'*Essai des matières textiles* vous donne un aperçu incomplet de la somme de documents que l'auteur a su grouper de façon aussi claire que méthodique ; c'est un guide précieux pour toutes les personnes qui s'occupent spécialement des transformations et du commerce des matières textiles.

En conséquence, nous vous demandons, Messieurs, au nom du Comité des Arts mécaniques, de remercier M. Jules Persoz de sa très intéressante communication et de voter l'insertion, au *Bulletin*, du présent rapport.

Signé : Édouard Simon, *rapporteur.*

Lu et approuvé en séance, le 9 mars 1900.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MARINE

LES MARINES DE GUERRE MODERNES

Par M. de Chasseloup-Laubat (1).

I. — PRÉFACE

Dans l'avant-propos de l'étude que nous avons déjà faite sur les grands paquebots modernes dans le *Bulletin de la Société d'Encouragement paur l'industrie nationale*, nous avons fait ressortir la difficulté et la complexité de ce genre de travail. Nous avons montré que la construction des grands bâtiments de commerce comprenait l'application des connaissances les plus variées : cinématique, statique, dynamique, thermodynamique, hydraulique, électricité, générateurs et machines à vapeur, résistance des matériaux, en un mot, la plupart des sciences appliquées. Nous avons montré également que l'exploitation de ces véritables villes flottantes supposait, au point de vue économique et financier, des connaissances spéciales sans lesquelles la science technique de l'ingénieur s'exerce en pure perte. Nous avons enfin montré que pour tirer le rendement maximum des énormes capitaux qu'exigent aujourd'hui les lignes de transports maritimes, il fallait réduire au minimum les pertes de temps, et par conséquent d'argent, que produisent le chargement et le déchargement des navires ; que, par suite, les gouvernements devaient non pas disséminer leurs ressources le long de leur littoral mais au contraire concentrer les capitaux disponibles et les forces vives commerciales des nations sur quelques points judicieusement choisis, parfaitement outillés, même au prix de sacrifices considérables, et reliés aux centres importants du pays par des réseaux de chemins de fer, et si possible de canaux soigneusement étudiés, solidement établis et intelligemment exploités.

Des considérations générales analogues doivent précéder les monographies que nous avons faites des principales machines de combat de notre époque : toutefois, il convient de remarquer qu'aujourd'hui il est beaucoup plus difficile et compliqué de tracer un navire de combat qu'un paquebot.

Dans celui-ci n'interviennent que des considérations de capacité de transport et des questions nautiques et mécaniques. Le navire de commerce doit pouvoir embarquer un certain nombre de passagers et une certaine quantité de fret qu'il a pour mission unique de transporter à travers les océans avec le plus

(1) Conférence du 21 janvier 1899.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de sécurité possible et avec une vitesse moyenne déterminée. Il n'est construit que pour résister aux éléments et à des accidents de navigation tels qu'échouage et abordage. Le service qu'il doit assurer est régulier. Sauf dans les grands mauvais temps où les affolements de l'hélice et les coups de mer sur l'avant obligent parfois à modérer l'allure, les machines fonctionnent toujours à un régime constant et en effectuant le même travail.

Dans le navire de guerre, au contraire, interviennent non seulement les considérations de capacité de transport, non seulement les questions nautiques et mécaniques, mais encore de multiples *desiderata* militaires.

Comme le navire de commerce, le navire de guerre doit embarquer son équipage de navigation : mécaniciens, chauffeurs, soutiers, officiers et matelots de veille et de pont. S'il ne prend pas, il est vrai, de passagers, il lui faut loger à son bord un équipage de combat destiné à manœuvrer les nombreux engins de destruction qu'il renferme.

Comme le navire de commerce, le navire de guerre doit contenir de grandes quantités de charbon. S'il ne remplit certainement pas ses cales de marchandises, il lui faut ranger en ordre dans ses soutes des quantités considérables de munitions destinées au combat.

Comme le navire de commerce, le navire de guerre doit pouvoir résister aux éléments et à des accidents de navigation tels qu'échouage et abordage.

Comme le navire de commerce, le navire de guerre doit être capable de se rendre d'un point à un autre avec le plus de sécurité possible, avec une vitesse moyenne déterminée.

Ainsi le navire de combat comprend *a priori* la solution de tous les problèmes que comporte le navire de commerce. Mais, en outre, le premier oblige à étudier et à résoudre des questions dont on n'a jamais à se préoccuper lorsqu'il s'agit du second. C'est qu'en définitive, le navire de commerce quel qu'il soit, est toujours établi en vue d'un but unique : le paquebot transporte à grande vitesse un nombre élevé de passagers et une petite quantité de marchandises ; le cargo-boat transporte à faible vitesse un nombre minime de passagers et une grande quantité de marchandises.

Le navire de guerre, au contraire, est toujours forcé de satisfaire à de multiples *desiderata* : franchir de grands espaces à faible ou moyenne vitesse à l'instar des cargo-boats ; soutenir pendant quelques heures des allures forcées grâce auxquelles il peut parfois rattraper de bons paquebots ; maintenir sa marche, et utiliser ses multiples engins de destruction dans le mauvais temps ; résister aux lames et aux accidents de navigation ; supporter les coups de la grosse artillerie, de la moyenne artillerie, de la torpille et de l'éperon de l'ennemi ; flotter et naviguer non seulement intact, mais encore percé de coups.

Par conséquent, sur le navire de guerre, les machines sont condamnées à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

être soumises à des allures très variables. La navigabilité, la stabilité et l'immobilité de plate-forme sont ou devraient être forcément étudiées et établies non seulement avec des œuvres-mortes intactes, mais encore avec des œuvres-mortes détruites, avec certains compartiments du cofferdam ou de la coque complètement inondés.

Les difficultés de l'étude du bâtiment de combat apparaissent au simple énoncé du programme à satisfaire. Elles ne sauraient néanmoins être bien comprises qu'en se rappelant les antinomies et les oppositions entre les conséquences des diverses conditions à remplir.

Ainsi, un grand commandement des pièces, surtout à l'avant, est le plus souvent nécessaire pour pouvoir tirer par gros temps; or, l'établissement de poids considérables à une grande hauteur, surtout à l'avant, est une détestable condition de navigabilité. Les batteries ou casemates pour l'artillerie moyenne avec murailles droites donnent un navire plus marin que les tourelles avec murailles rentrantes, soit par forme continue, soit par brusque ressaut; par contre, le second système permet d'obtenir des champs de tir plus étendus, et par suite, une utilisation bien supérieure des pièces. Une stabilité initiale faible sur un navire à franc-bord élevé donne une immobilité de plate-forme satisfaisante; mais une fois les œuvres-mortes avariées ou détruites, le danger de chavirement est imminent. Une stabilité initiale forte occasionne des roulis très durs et une immobilité de plate-forme défectueuse dont résultent les plus grandes difficultés pour utiliser l'artillerie avec de la houle ou du gros temps; mais l'on risque moins de chavirer après démolition partielle ou totale des œuvres-mortes. Lorsque l'on adopte les blindages épais et ne recouvrant qu'une faible partie de la surface latérale, le navire est garanti contre les grosses pièces de canon; mais il risque d'être désemparé par l'artillerie moyenne à tir rapide, et une catastrophe est possible avec le cuirassement intact. Lorsque pour un même poids affecté à la protection l'on recourt aux blindages minces et répartis sur une forte proportion de la surface latérale, le bâtiment est garanti contre l'artillerie moyenne à tir rapide, mais non contre les projectiles de rupture des grosses pièces.

A ces diverses difficultés techniques viennent encore s'ajouter de nombreuses considérations d'ordre général. Ce n'est plus, comme dans le cas du navire de commerce, la question économique qui intervient seule avec ses *desiderata* logiques et simples; c'est la stratégie; c'est surtout la politique générale avec son cortège de complexités, de compromis, de tâtonnements et de contradictions. Les conditions de la guerre changent suivant les idées stratégiques du chef et avec les données hydrographiques du théâtre d'opérations. Où veut-on lutter? Près de ses propres ports? Au large? Le long des côtes ennemies? Les eaux sont-elles profondes et les rivages accores? Ou, au contraire, des rives plates

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

s'enfoncent-elles suivant une insensible pente sous des flots sans profondeur? Veut-on risquer de grandes et décisives batailles? Préfère-t-on s'en tenir à la défense des ports et à des raids contre le commerce ennemi? Quelle est la distribution des arsenaux et des points d'appui sur les théâtres d'opération?

En un mot, tandis que le navire de commerce doit remplir les quelques conditions d'un programme nettement proposé, le bâtiment de combat doit satisfaire à de multiples *desiderata* souvent contradictoires.

De là, la facilité relative de l'étude du navire de commerce, cargo-boat ou paquebot. De là, les difficultés presque insurmontables de l'étude du navire de guerre, cuirassé ou croiseur blindé.

Un navire de commerce bien établi constitue la solution logique d'un problème simple.

Le navire de guerre le plus réussi n'est jamais que l'une des nombreuses solutions approximatives d'un problème infiniment complexe.

Nous disons l'une des nombreuses solutions approximatives, car le problème du navire de guerre est, en effet, aussi indéterminé qu'insoluble.

Les nombreux types de navires de combat ont des qualités et des défauts différents; les meilleurs bâtiments de guerre sont non seulement très imparfaits considérés en eux-mêmes, mais ils sont de plus très sensiblement inférieurs par certains côtés à d'autres navires, considérés à juste titre comme moins réussis dans leur ensemble. En définitive, le bâtiment de combat n'est qu'un compromis : le meilleur n'est que le moins mauvais.

*
* *

Depuis les origines les plus reculées de la navigation jusqu'au commencement de la marine cuirassée, l'histoire du bâtiment de combat comporte, comme d'ailleurs l'histoire du navire de commerce, trois périodes bien distinctes.

La première commence avec les plus anciennes civilisations et dure jusqu'au XV^e^ siècle. C'est la période de l'aviron.

Sauf certains cas très rares, tels que le forcement d'un passage ou d'un blocus, les escadres combattent toujours sous rames; la voile ne sert que pour se rendre d'un point à un autre, ou encore pour chasser ou fuir à toute vitesse.

Les flottes ne luttent que par le choc ou par l'abordage, car les armes de jet ont une puissance balistique trop faible pour entamer les œuvres mortes. L'homme est à la fois le moteur, le marin et le combattant; sa force musculaire enlève sa légère galère et la précipite sur l'ennemi, soit pour le couler d'un coup d'éperon, soit pour l'atteindre, le harponner et le réduire à merci par un abordage où de furieuses et meurtrières luttes corps à corps donnent un résultat prompt et décisif. Il en résulte que les galères combattent en pointe, c'est-à-dire en présentant l'avant : toutes les combinaisons tactiques des navarques, des suf-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fêtes et des consuls, ont pour but unique de concentrer le plus grand nombre de rostres sur un point déterminé de la ligne ennemie. Les formations de combat sont très compactes.

Sur la galère antique, les mêmes bras peuvent tour à tour tirer et pousser l'aviron, hisser les voiles et frapper avec la pique, l'épée et la hache : aussi, dans les flottes les mieux organisées de l'antiquité — les flottes de Miltiade et de Périclès, par exemple — emploie-t-on des rameurs libres qui, au moment décisif du combat, peuvent rendre aux marins et aux soldats l'aide que ceux-ci leur prêtent dans les poursuites à outrance ou les fuites éperdues. La décadence des marines anciennes commence au moment où le rameur, recruté parmi les esclaves et les prisonniers, est enchaîné à son banc; alors, la chiourme qui fait naturellement cause commune avec l'ennemi dès qu'elle en trouve l'occasion, constitue un grave danger permanent.

Que le rameur soit libre ou non, le navire de combat est chargé d'êtres humains; une galère déplaçant une centaine de tonnes exige un équipage d'à peu près deux cents hommes; il y a environ deux hommes par tonne de déplacement. Les soldats, les marins et les rameurs empilés les uns sur les autres ne peuvent rester longtemps à bord, surtout quand la mer est mauvaise et lorsque la température s'élève ou s'abaisse outre mesure. En outre, les approvisionnements d'eau et de vivres sont très réduits. Enfin, la galère antique affronte mal le mauvais temps. Il en résulte que les flottes ne peuvent guère s'éloigner de leurs ports d'abri et de leurs bases d'opérations.

Au point de vue technique, le problème qui se pose au constructeur est plus intéressant que ne semblent tout d'abord le faire pressentir les faibles dimensions des unités de combat. En effet, les rames, même équilibrées, ont des dimensions maxima que la pratique impose; le nombre d'hommes qui peuvent utilement agir sur une seule rame est forcément peu élevé; le rapport de la longueur au bau et au creux ne peut dépasser un certain chiffre sans compromettre la navigabilité; par conséquent, la force motrice dont dispose le navire est très limitée. Le constructeur le sait parfaitement. Aussi ses efforts tendent-ils vers la meilleure utilisation de cette faible force motrice très limitée. Il étudie donc des formes offrant la résistance minimum à l'avancement et les modes de construction présentant une solidité maximum pour un poids déterminé; et d'après ce que l'on en sait, la galère antique était très remarquable à ce point de vue.

Pendant toute cette période, la marine à rames se développe principalement le long des rives de la Méditerranée.

C'est que dans ces régions où naquirent et grandirent les civilisations dont nous vivons encore, la nature semble avoir tout disposé pour faciliter la rude tâche des premiers marins. Un doux climat rend possible la vie sur des embarcations n'offrant qu'un médiocre abri. Grâce à la pureté de l'atmosphère, le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

marin peut se diriger sans instruments : le jour, il aperçoit à des distances immenses ces hauts promontoires qui, du Caucase à Gibraltar, bordent les rivages comme des balises géantes ; et dans l'admirable sérénité des nuits diaphanes, il contemple les constellations amies qui le guident de leurs scintillements. Les longues périodes de calme et de brises légères y sont fréquentes, les fortes tempêtes relativement courtes et rares. Nombreux sont les ports présentant un abri aux embarcations de faible tonnage.

En outre, les bassins côtiers ont peu d'étendue ; les montagnes escarpées qui les enserrent n'ont guère de viabilité et tombent souvent à pic dans les flots. Les vallées les plus fertiles, séparées les unes des autres par des accidents de terrain difficilement franchissables, ont comme débouché naturel la mer ; la plupart des grandes villes sont des ports.

L'escadre victorieuse assure à sa cité le monopole commercial qui enrichit des ruines de l'ennemi. Les navires à faible tirant d'eau et montés par des équipages forcément très nombreux peuvent facilement, en quelques heures, débarquer un nombre d'hommes considérable, une véritable armée, à proximité des nœuds vitaux de l'adversaire. Si l'attaque ne réussit pas malgré sa surprise, le siège prolongé tourne fatalement à l'avantage de l'assaillant : les approvisionnements de la ville assiégée finissent par s'épuiser ; les armées de secours éprouvent des difficultés inouïes à se former, à se concentrer et à se nourrir sur le pays découpé de hauteurs abruptes ; l'assiégeant, au contraire, peut constamment transporter sur les bâtiments de charge qu'escortent ses galères, des vivres, des hommes et des machines de guerre.

La suprématie maritime donne à la fois la supériorité commerciale et la force militaire.

La possession de la mer, — de cette mer qui est à la fois la meilleure route des échanges et des invasions, — exerce par elle-même une influence prépondérante sur la politique des États méditerranéens.

Ainsi, c'est le choc des galères qui décide le plus souvent des destinées des nations : les flottes de combat comprennent parfois des centaines de bâtiments ; leurs équipages s'élèvent à plusieurs dizaines de milliers d'hommes constituant pour ainsi dire toute la force vive militaire des populations. Aux époques de la Grèce, de Carthage et de Rome, et au moyen âge, les flots bleus et souriants de la mer Intérieure ont assisté à des tueries, à des noyades et à des exterminations que l'on n'a pas revues depuis et que l'on ne reverra probablement plus.

Dans le nord de l'Europe, la suprématie maritime a une importance moins vitale : les mers sont dures et difficiles ; les pays qui les bordent sont constitués par de grands bassins fluviaux généralement plats et peu accidentés ; les nœuds vitaux des contrées sont moins souvent situés le long des côtes qu'aux confluents des nombreux cours d'eau navigables et qu'aux croisements des routes terrestres naturelles des vallées et des cols.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La possession de la mer est donc moins fructueuse, et par suite moins ardemment convoitée et disputée dans le nord que dans le midi de l'Europe. Pourtant, elle a une grande importance : elle permet aux Northmen montés sur leurs Drakars de harceler l'empire de Charlemagne et de venir jeter la terreur sur les côtes et le long des fleuves de l'Europe; elle explique la puissance économique de la Hanse et des Flandres. Les marins de ces régions étaient, à la vérité, des hommes d'une trempe extraordinaire et que nul danger ne faisait reculer ni hésiter. Leurs petits navires étaient d'ailleurs des merveilles de solidité, de tenue par gros temps et même de vitesse : en 1893, on construisit en Norvège une reproduction rigoureusement exacte et aux mêmes dimensions du bâtiment Wiking retrouvé dans le pays; cette embarcation se rendit de Norvège aux États-Unis par ses propres moyens, sans escorte, en passant au nord de l'Écosse; puis elle remonta les Grands Lacs et arriva triomphalement à l'Exposition de Chicago.

La prépondérance des marines à rames de la Méditerranée dure jusqu'au XV^e^ siècle.

A cette époque, les Turcs, déjà maîtres de l'importante position stratégique que constituent les hauts plateaux de l'Asie antérieure, s'emparent de Constantinople et de l'Égypte : les routes qui, depuis les premières annales des plus anciennes civilisations joignaient l'Europe à l'Orient, sont ainsi coupées par un peuple intraitable; tout transit devient très difficile, voire même impossible, aussi bien par l'isthme de Suez que par les routes qui partent du golfe d'Alexandrette pour aboutir au Haut Euphrate.

En même temps, se produisent l'application de la boussole, le développement des connaissances astronomiques et l'utilisation de la force expansive de la poudre à canon.

Le navire peut désormais se diriger après que le pilote a perdu de vue les côtes; au milieu des grandes solitudes marines, au plus épais des brumes de l'Océan, le navigateur sait retrouver sa route. Vasco de Gama double le cap des Tempêtes et atteint les Indes en faisant le tour de l'Afrique; Christophe Colomb, parti de Palos, pousse droit vers l'Ouest, et, croyant atteindre le Japon, découvre le Nouveau Monde avec ses immenses richesses agricoles et minières encore inexploitées.

La puissance balistique du canon, bien que faible, est déjà assez forte pour percer les bordages des bâtiments alors en service; dans les batailles navales, l'action du feu l'emporte peu à peu sur l'effet du choc.

Sous l'ensemble de ces différentes causes, l'Europe fait pour ainsi dire volte-face. Sur mer, la prépondérance militaire, suivant la prépondérance commerciale, passe de Venise et de Gênes à l'Espagne et à la Hollande, de la Méditerranée à l'Atlantique, c'est-à-dire des mers resserrées où règnent les longs calmes et les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

brises légères aux rudes océans que soulèvent les fortes houles et qu'agitent les tempêtes durant des semaines entières.

Le constructeur est forcé d'augmenter le déplacement afin que le navire de guerre puisse satisfaire à de nouveaux *desiderata :* tenir le large par mauvais temps prolongé ; porter une puissante artillerie ; résister autant que possible aux boulets de l'ennemi.

C'est la deuxième période, c'est l'époque de la voile, l'âge d'or de la marine.

L'homme n'est plus, comme sur les galères, à la fois le moteur, le marin, et le combattant. Il se borne à manœuvrer les voiles — les ailes de son navire — afin de capter et d'utiliser la force variable et changeante des vents que la nature met gratuitement et indéfiniment à sa disposition. Il maîtrise si bien cette force que le bâtiment, en louvoyant, atteint par une route en zigzag le point de l'horizon d'où souffle la brise. Une fois la bataille engagée, c'est le feu du canon qui est le facteur prépondérant de la victoire ; la lutte corps à corps des abordages n'est plus qu'une rare exception ; quant au choc, qui force l'agresseur à présenter l'avant à la bordée ennemie et à recevoir de terribles feux d'enfilade, il n'en est plus question.

La tactique navale subit une révolution profonde : il ne s'agit plus de concentrer le plus grand nombre possible d'éperons sur un point déterminé, mais bien de faire converger le feu du plus grand nombre possible de pièces d'artillerie sur un point déterminé : les longues formations en ligne de file remplacent les formations compactes. L'instruction du canonnier est la principale préoccupation de tous les grands amiraux.

Les progrès de l'architecture navale tendent sans cesse à faire augmenter les déplacements jusqu'au moment où l'on arrive à des dimensions de coque correspondant à la limite pratique de fabrication et de manœuvre du gréement : mâts, espars et vergues.

Il faut, en effet, avoir une certaine surface de voilure, c'est-à-dire une certaine force motrice, pour un maître-bau déterminé, c'est-à-dire pour une résistance déterminée à l'avancement — en admettant, bien entendu, ce qui était généralement le cas, que les formes des extrémités fussent suffisamment fines pour les vitesses moyennes probables du bâtiment ; — il faut également, afin de tenir convenablement la mer, ne pas dépasser un rapport maximum entre la longueur d'une part, et d'autre part le bau et le creux. Les dimensions des espars sont limitées par la possibilité de les manœuvrer. Il n'y a pas avantage à augmenter indéfiniment le nombre des mâts afin de ne pas perdre une fraction trop forte de la surface utilisable de la voilure dans les allures très largues ou au vent arrière. Il y a donc, pour le navire de guerre de cette époque un maximum de déplacement tiré de l'étude du navire de guerre lui-même. Le constructeur finit par se limiter à un bâtiment déplaçant deux ou trois mille tonnes,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

armé de quatre-vingts à cent vingt canons, monté par un équipage de sept cents à onze cents hommes, soit environ un homme pour deux ou trois tonnes.

Cette époque est, répétons-le, l'âge d'or de la marine.

Les escadres ont une liberté et un rayon d'action illimités.

La lenteur relative du tir du canon fait qu'un approvisionnement médiocre de coups par pièce suffit pour une campagne entière. Un navire peut très bien embarquer pour plusieurs mois d'eau et surtout de vivres : avec quelques aiguades naturelles en différents points du globe, le bâtiment de guerre a une entière liberté d'action sur l'ensemble des océans. Son entretien courant est facile. Son gréement, simple et robuste, peut être constamment maintenu en bon état par les moyens du bord. Sa carène revêtue de cuivre reste longtemps propre ; quand elle commence à se salir d'algues et de mollusques, sa solidité lui permet un échouage convenable pendant lequel l'équipage polira de nouveau, en quelques marées, les lames du doublage. L'appui de sa voilure et les proportions de sa coque lui permettent d'affronter les plus mauvais temps sans trop fatiguer. L'emploi exclusif du bois rend les œuvres-mortes saines et agréables à habiter, que la température s'élève ou s'abaisse. Le terrible danger de la navigation moderne — l'abordage en haute mer — n'existe guère, car le plus souvent, les brumes sont accompagnées de calmes plats, comme si la nature prévoyante avait voulu interdire tout mouvement au bâtiment momentanément aveuglé.

Les équipages des escadres sont assez nombreux pour constituer des corps de débarquement sérieux. D'ailleurs, des transports bien organisés peuvent facilement être adjoints aux navires de combat. A condition de ne pas embarquer trop de soldats pour un tonnage déterminé, le corps expéditionnaire est absolument libre de ses mouvements. La seule question embarrassante est celle de la cavalerie, car les chevaux, outre qu'ils sont plus encombrants que les hommes, supportent moins facilement les longues traversées : pour diminuer les conséquences pernicieuses d'un entassement prolongé, il faut des soins hygiéniques et surtout de l'exercice physique faciles à faire prendre par des hommes disciplinés, mais impossibles à imposer à des animaux.

Sans doute, les effectifs des troupes transportées n'atteignent pas ceux des armées grecques, carthaginoises, romaines et turques. Sans doute, les conséquences des incursions de ces corps expéditionnaires sont moins graves que dans l'antiquité. Les corps de débarquement sont plus faibles par rapport aux populations. Les États européens qui se disputent la suprématie sont constitués par des bassins fluviaux étendus dont les nœuds vitaux ne sont pas tous sur le littoral. Les cités importantes ne sont pas exclusivement des ports. Les capitales sont souvent situées aux points de croisement des grandes routes terrestres et fluviales, et à une grande distance des côtes. Les villes populeuses construites le long des cours d'eau navigables sont généralement à l'abri des coups

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des escadres : le tirant d'eau considérable des unités de combat en haute mer et la difficulté de la navigation à voile sur un espace étroit interdisent aux flottes l'accès de la plupart des fleuves et les empêchent de renouveler les exploits des Northmen venus assiéger Paris sur leurs Drakars.

Pourtant, les coups que portent les flottes et les armées de débarquement sont aussi redoutables que dans l'antiquité. S'ils sont moins puissants, ils sont plus répétés et s'exercent sur un champ d'action plus vaste.

Dans un conflit entre puissances maritimes, la possession de la mer tue plus lentement, mais plus sûrement que dans l'antiquité.

Les routes terrestres et fluviales, encore peu développées, laissent toujours la prépondérance économique aux routes des océans.

La possession de la mer assure les profits du monopole des échanges du globe. Elle permet, en outre, de concentrer successivement toutes les forces vives militaires sur les différentes colonies ennemies encore au berceau, de les assiéger, de les réduire les unes après les autres, car tous les organismes militaires incomplets et limités succombent fatalement lorsqu'ils sont soumis à un investissement suffisamment prolongé.

Des flottes parties d'Europe menacent à la fois les deux Amériques, les Antilles, le Cap, les Indes et l'Extrême-Orient. Les escadres se poursuivent à travers les calmes de la Méditerranée, les alizés et les brises de l'Atlantique, les moussons de l'océan Indien, et les typhons de la mer de Chine. Les bases d'opérations sont successivement Toulon, Malte, Gibraltar, Brest, Plymouth, les Bermudes, New-York, la Nouvelle-Orléans, la Havane, Rio-Janeiro, les îles du Cap-Vert, le Cap, Maurice, Bourbon, Trincomali, Pondichéry, les îles de la Sonde, les côtes de Chine.

On combat tour à tour près des cercles polaires et sous l'équateur, dans le voisinage des banquises, et sous les rayons perpendiculaires du soleil de feu de l'équateur.

Les escadres de guerre et les flottes de transport ont alors les trois quarts de la surface du globe comme champ de bataille et comme théâtre d'opérations.

Dans les guerres maritimes, l'échiquier stratégique, c'est le monde; l'enjeu, c'est encore le monde.

*
* *

Dès que Vasco de Gama et Christophe Colomb montrent les routes à suivre sur les Océans, les États de l'Europe Occidentale se jettent à la fois sur les Amériques et les Indes. Les nations convoitent aussi bien les mines et les terres vierges du Nouveau-Monde que les bénéfices des échanges avec les foules humaines de l'Hindoustan et de la Chine. L'esprit de conquête et l'âpre amour du gain arment les vaisseaux qui donneront la possession des chemins condui-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sant aux lointaines contrées, sources inépuisables des fabuleuses richesses. La lutte pour la suprématie maritime et commerciale, la lutte pour la vie s'engage longue, acharnée, sanglante, terrible.

Le Portugal a d'abord un moment l'avantage avec des hommes comme Vasco de Gama et Albuquerque qui valent à eux seuls une flotte et une armée. Mais bientôt les désastres militaires des expéditions au Maroc lui portent des coups qu'il se montre incapable de réparer. Son territoire métropolitain est trop exigu; ses frontières trop faibles; sa population trop peu nombreuse; son peuple trop abâtardi par d'imprudents croisements avec la race noire. Il s'effondre, en laissant pourtant dans l'Amérique du Sud un nouveau Portugal, le Brésil, dans une région d'une admirable richesse naturelle.

L'Espagne prend l'hégémonie politique. Les exploits de Colomb, de Cortez et de Pizarre lui donnent la majeure partie du Nouveau Monde et font du roi d'Espagne le premier des potentats. Pourtant, la décadence commence immédiatement sous l'action combinée de multiples causes diverses; le mauvais régime économique imposé aux colonies et au commerce; les dépenses et les échecs de la longue et terrible guerre contre les héroïques gueux de mer; la destruction de l'invincible Armada; enfin, et surtout, le drainage continu des éléments énergiques de la population au profit des Amériques et au détriment de la vieille terre d'Espagne.

La suprématie navale passe aux Pays-Bas. La Hollande vient à peine de terminer la magnifique lutte par laquelle elle gagne la liberté au prix de sacrifices inouïs; comme emportée par son effort, elle monte d'un seul élan au faîte de la prospérité et de la grandeur. Elle tombe à son tour par les mêmes causes matérielles que le Portugal : territoire exigu, frontières terrestres franchissables, population peu nombreuse. Si la chute est plus glorieuse, si le royaume néerlandais fait encore bonne figure dans le monde parmi les États de second ordre, c'est qu'il garde des éléments importants de force et de richesse : une population énergique et laborieuse; des côtes difficiles d'accès; la mer à un niveau supérieur à celui de ces riches polders que le travail persévérant a su arracher aux eaux, et que le patriotisme désespéré a préféré rendre momentanément aux eaux plutôt que de les laisser fouler aux pieds par l'envahisseur.

La France hérite pendant quelque temps de la suprématie navale. Elle la perd bientôt pour ne la reprendre que quelques instants lors de la guerre d'Amérique. Ce n'est ni le talent, ni le courage, ni la population, ni l'argent qui lui ont manqué; c'est l'esprit de suite dans sa politique extérieure qui, voulant constamment combattre à la fois et au Rhin et sur la mer, a perdu à la fois et le Rhin et la mer; c'est la stabilité dans sa politique intérieure qui depuis plus d'un siècle trébuche entre l'anarchie et la tyrannie, accumule les brusques révolutions stériles et se montre incapable de préparer et diriger la lente évolution

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des réformes utiles grâces auxquelles une nation, en continuant patiemment les travaux de ceux qui reposent sous les dalles de la tombe, assure l'avenir de ceux qui dorment au berceau.

Enfin, vient l'Angleterre qui finit par prendre et garder jusqu'à nos jours l'empire des mers. Elle le doit beaucoup moins aux qualités de sa race et à l'habileté de ses hommes d'État qu'à sa situation géographique. Elle peut, en effet, grâce à sa position insulaire, consacrer le plus clair de ses ressources exclusivement à ses flottes, tandis que les nations du continent sont forcées de diviser leurs forces entre leurs armées et leurs escadres. En outre, les tueries et les ravages des grandes guerres européennes que la politique britannique a si souvent fomentées et subventionnées ont eu, comme résultat nécessaire, l'émigration sur le territoire insulaire d'Albion de la majorité des capitaux liquides et des industries mécaniques qui, plus que la culture, ont un absolu besoin de sécurité matérielle et s'accommodent mal des perturbations économiques que cause la conscription.

Les guerres de la Révolution et de l'Empire portent sa puissance maritime à son apogée : Napoléon s'écroule après avoir perdu ses armées dans les montagnes brûlantes de l'Espagne et les steppes glacées de la Russie. La guerilla espagnole, l'armée et le patriotisme russes, enfin le réveil de l'Allemagne, c'est-à-dire les fautes politiques du grand capitaine, sont, quoi qu'on en ait pu dire, bien plus que les flottes anglaises, les causes de la destruction de l'Empire français. Mais c'est l'Angleterre qui en tire seule le profit : aux traités de Vienne, la Grande-Bretagne, maîtresse incontestée des océans, c'est-à-dire des routes commerciales importantes, est sans contredit le plus puissant des États.

***

Dès la fin du siècle dernier, alors que la marine à voiles de guerre atteignait son maximum de développement, de multiples causes d'ordres très différents allaient bientôt tendre à la faire décliner.

Papin, Jouffroy et Watt commencent à utiliser, par l'intermédiaire de la vapeur d'eau, une fraction du travail que rend disponible la combustion de la houille. Cette fraction est bien faible, sans doute, mais elle est suffisante pour que la machine à vapeur soit un instrument donnant, pour un poids déterminé, un travail disponible incomparablement plus grand que les moteurs animés, et en tout cas suffisant pour permettre au navire de guerre de se mouvoir en toute liberté, même par gros temps. Pendant un demi-siècle, les difficultés pratiques de construction et la routine empêchent l'adoption du navire de combat à vapeur. Mais le germe de mort de la marine à voiles est éclos. Son développement peut être retardé, mais non supprimé. Les magnifiques navires à trois ponts surmontés d'un nuage de toile sont fatalement condamnés à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

disparaître devant l'outil de combat dont la cheminée vomit des flots de fumée noire.

Au point de vue politique la guerre de l'Indépendance des États-Unis aura comme conséquence fatale l'émancipation de toutes les colonies importantes que les différents États d'Europe ont fondées dans les deux Amériques. Entre le Nouveau Monde et l'Ancien, les soldats de Washington et de Lafayette ont creusé une séparation que la marche inéluctable des événements ne pourra qu'agrandir sans cesse. Les idées d'indépendance des Américains pourront bien être momentanément comprimées : toute occasion favorable les fera apparaître de nouveau et balayer avec une irrésistible force la domination européenne.

Le Congrès de Philadelphie, où fut proclamé le Pacte Fédéral et l'existence des États-Unis, devait avoir comme conséquences forcées et Bolivar, et l'affranchissement de l'Amérique latine, et les insurrections des Antilles. Depuis le jour où les habitants de Boston ont jeté à la mer les cargaisons de thé sur lequel ils ne voulaient pas payer d'impôts, jusqu'à la destruction de l'escadre de Cervera à Santiago dans un immense incendie, les événements ont suivi la même marche implacable ; et il est peu probable que, de gré ou de force, le Canada puisse rester une partie intégrante de l'empire britannique.

Puis vient la Révolution Française. Elle produit dans l'ancien monde une perturbation profonde dont les conséquences ont une importance capitale : l'expédition d'Égypte ramène l'attention de l'Europe vers la Méditerranée orientale ; l'invasion du Portugal et de l'Espagne précipitent l'émancipation du Brésil, du Mexique et du Sud-Amérique.

Le renouveau de l'Allemagne crée une nouvelle puissance au centre de l'Europe et en tête de ce bassin du Danube qui débouche vers l'Orient.

Le développement de la puissance russe fait déjà présager le jour où l'Asie n'aura plus qu'un seul maître européen : le tsar blanc.

La décadence de la force militaire turque et le réveil des nationalités chrétiennes de la péninsule des Balkans à la suite de l'héroïque guerre de l'indépendance grecque donnent une importance nouvelle aux anciennes voies commerciales de l'Égypte et de l'Euphrate.

Les progrès constants des machines à vapeur marines permettent aux navires de commerce d'effectuer régulièrement leurs traversées à travers les calmes de l'Égée et de la mer Rouge.

Comme les lignes de rails exercent une influence incomparable sur le développement économique et militaire des contrées aux contours massifs et peu découpés par la mer, le développement des chemins de fer européens est à l'avantage de l'Europe centrale et de la Russie moins bien partagées comme développement des côtes.

Enfin, le percement de l'isthme de Suez et le commencement d'exécution du réseau ferré de Belgrade à Bassorah ramènent de nouveau le commerce entre l'Europe et l'Extrême-Orient dans les voies qu'il suivait il y a vingt siècles

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

*
* *

Pendant longtemps, ces transformations paraissent ignorées des marines de guerre. L'Angleterre craint de voir le commerce quitter les larges océans où elle règne seule et prendre des voies plus rapprochées des armées continentales. La routine des autres nations copie servilement la Grande-Bretagne.

Les officiers craignent l'influence du mécanicien sur un navire dont le moteur serait la machine et non point la voilure. Dans tous les états-majors, ils multiplient — les uns par calcul patriotique, les autres par instinct professionnel — les mauvaises raisons pour enrayer la marche du progrès.

Mais il est des événements contre lesquels la lutte est impossible; il est des courants que l'on ne remonte point.

Dupuy de Lôme construit le premier rapide vaisseau de guerre à vapeur : le *Napoléon*.

Malgré la substitution récente de l'obus au boulet plein dans le canon à bord, on croit avoir trouvé la forme définitive du navire de combat. Cette illusion meurt à peine éclose.

La guerre d'Orient survient. A Sinope, en quelques minutes, les projectiles creux des Russes saccagent les batteries et incendient les coques des navires turcs : l'escadre ottomane disparaît dans un désastre rapide, complet, effroyable. Les marins les plus rétrogrades sont bien obligés de reconnaître que seul, le navire en fer recouvert d'une armure solide et bien distribuée peut résister aux effets foudroyants des redoutables projectiles creux.

Ainsi naît le navire cuirassé moderne dont nous allons décrire ici les types les plus remarquables des différentes marines.

Par une coïncidence qui fait ressortir l'importance du fond de la mer Intérieure de l'ancien monde, les événements les plus importants de l'histoire maritime ont eu lieu à l'est du canal de Malte. Salamine où triompha la Grèce, la plus belle époque de la marine à rame antique; Lépante où la victoire de l'artillerie des grosses galiasses vénitiennes sur les galères turques marque le commencement de la fin de la marine à rame; Aboukir qui est, tant au point de vue de la tactique que des conséquences politiques, la plus remarquable bataille entre flottes à voiles; enfin Sinope, le point de départ des flottes modernes, Sinope où, aux lueurs de l'incendie de la flotte en bois ottomane, le marin a, pour la première fois, la vision du navire de combat indépendant de la brise, du navire rapide, robuste, incombustible, divisé en multiples compartiments étanches, protégé par une forte cuirasse, et disposant d'un armement offensif formidable : artillerie, torpille, éperon.

(*A suivre.*)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

COMMERCE

COMPARAISON DU TRAVAIL A LA MAIN ET DU TRAVAIL A LA MACHINE,

par **M. E. Levasseur,** *membre du Conseil* (*Suite*) (1).

VIII

LES CONDITIONS GÉNÉRALES ET LES EFFETS DE L'EMPLOI DES MACHINES

Les quelques renseignements que j'ai recueillis à propos de cette conférence et auxquels, si j'en avais eu le temps, j'en aurais pu ajouter d'autres, conduisent aux mêmes conclusions que l'enquête américaine. Ni ces renseignements, ni cette enquête n'ont, je le répète, la prétention d'embrasser dans leur entier le double problème du salaire et des machines qui sont l'un et l'autre des problèmes très complexes.

J'ai traité ailleurs celui du salaire (2).

(1) *Bulletin* de février, p. 214.

(2) Le problème du salaire est complexe, et les causes qui en règlent le taux ne peuvent pas être ramenées, suivant ma doctrine, à une cause unique. Je l'ai exposée dans mon *Précis d'économie politique*. Je donne ici le résumé qui se trouve à la fin d'une brochure que j'ai publiée sur *Le Salariat et le Salaire*.

« Le salaire est régi par des causes complexes, qui, agissant diversement sur l'offre et la demande, déterminent le taux particulier à chaque industrie et à chaque individu. Ces causes sont la *productivité*, qui est principalement la cause déterminante de la gradation des salaires selon le mérite du travailleur ; la *concurrence*, qui est modifiée au profit des salariés par le développement de l'industrie et à leur détriment par l'immigration, et que tempèrent, dans des sens opposés, l'association des entrepreneurs et celle des salariés ; le *coût de la vie* qui, tout en étant un résultat du salaire, sert d'appui à l'ouvrier pour résister à la baisse et pour maintenir ses moyens de dépense au niveau de ses habitudes d'existence ; le *capital employé dans l'industrie* à l'état de capital fixe ou de capital circulant, dont l'influence varie non seulement suivant la quantité, mais aussi suivent la rapidité de la circulation ; l'*activité de la production* et l'*état général de la richesse* du pays, qui permettent de payer plus ou moins le travail salarié ; la *somme des consommations* qui sollicitent la production.

« De là découle cette conclusion que, pour améliorer le salaire, il importe surtout *que l'ouvrier soit le plus capable, que l'industrie soit la plus active et la mieux outillée, que la richesse nationale soit la plus considérable qu'il est possible.* Les *progrès de l'art industriel* ont été la cause la plus certaine de l'accroissement incontestable du salaire durant la seconde moitié du XIX^e^ siècle. Le XX^e^ siècle sera témoin de nouveaux progrès : il constatera de semblables conséquences. Ce siècle verra probablement aussi se développer entre les travailleurs certaines rela-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour celui des machines je me contente de placer sous vos yeux un tableau dont je me sers dans mon enseignement et qui résume les principales conditions de l'emploi des machines et leurs principaux effets.

La Machine

EXIGE dans une proportion plus forte que le travail à la main :

- *Capital* considérable pour : l'outillage, les matières, les frais généraux.
- *Science* ou capacité de la part de : l'inventeur, l'entrepreneur, l'ouvrier,
- *Division du travail.*
- Souvent aussi *concentration de l'industrie.*

PROCURE ou peut, dans certains cas, procurer :

- *Célérité* de la production,
- *Abondance* des produits,
- *Délicatesse* et précision extrême de certains travaux,
- *Force* indéfinie pour certains travaux,
- *Uniformité* parfaite des produits,
- *Bon marché* des produits,
- *Moindre fatigue* musculaire pour l'ouvrier,
- *Accroissement du salaire,*
- *Hygiène de l'atelier.*

LES FORCES DE LA NATURE
disciplinées par l'homme et travaillant pour lui
donnent
FORCE, RICHESSE, BON MARCHÉ (1)

tions autres que le salariat simple : par exemple, diverses formes de *travail à façon* et de *marchandage*, de *sursalaire* et de *patronage*, dont plusieurs sont déjà en usage, diverses formes aussi *d'intervention de la loi*, dont on peut appréhender les empiétements dans le domaine des contrats privés ; la *participation aux bénéfices*, bien qu'il ait été rare jusqu'ici de rencontrer des patrons et des ouvriers aptes à la pratiquer ; l'*association coopérative de production*, dont la pratique exige des qualités dans les hommes et des conditions dans l'industrie plus difficiles encore à réunir. Mais la raison et l'expérience des faits nous enseignent que le salariat restera, parce qu'il est *la forme de coopération la plus simple et, dans la majorité des cas, la plus convenable et la plus avantageuse pour le salariant et pour le salarié.* »

(1) Voici comment, dans le *Précis d'économie* politique, nous résumons l'influence des machines :

« Si nous ajoutons que la machine donne au produit une certaine régularité, que le travail à la main n'atteint pas toujours, qu'elle oblige l'ouvrier à une activité et à une attention incessantes, qu'en faisant engager par l'entrepreneur un très gros capital, lequel constituerait une perte considérable s'il demeurait improductif en cas de chômage, elle le détermine à continuer le travail et, par conséquent, à entretenir ses ouvriers, même quand les commandes ne viennent pas ou quand la vente est sans bénéfice, nous pouvons embrasser les principaux avantages des machines et dire :

« 1° *Les machines économisent la main-d'œuvre et font le bon marché des produits ;*

« 2° *Elles épargnent à l'ouvrier les travaux les plus durs et rendent le travail manuel moins pénible ;*

« 3° *Elles rendent la production plus rapide et plus abondante et, partant, elles accroissent la richesse ;*

« 4° *Elles augmentent la puissance d'action de l'homme sur la nature en augmentant considé-*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ce que l'enquête américaine a surtout démontré, c'est la *division du travail;* l'*économie de la main-d'œuvre*, et, dans certains cas, l'*accroissement du salaire*. Je viens d'y ajouter quelques mots relatifs à l'*abondance*, à la *force* et la *délicatesse*, au *bon marché* des produits.

L'emploi des machines perfectionnées implique d'ordinaire la *concentration de l'industrie :* ce n'est que dans de grands établissements et avec un gros capital qu'on peut utiliser une machinerie puissante. J'ai montré, dans *L'Ouvrier américain*, avec quelle intensité se produisait le mouvement de concentration aux États-Unis (1). Je pourrais le montrer dans d'autres pays, notamment en Alle-

rablement sa force et en lui communiquant des qualités dont ses organes n'étaient pas capables ;

« 5° *Elles sont jusqu'à un certain point une garantie contre le chômage ;*

« 6° *Elles disciplinent le travail ;*

« 7° Enfin, ce qui trancherait le débat s'il y en avait encore sur l'opportunité de leur emploi, *lorsqu'elles existent, elles s'imposent* bientôt comme une nécessité, parce que la concurrence ne permet pas à un manufacturier de travailler longtemps avec des outils imparfaits quand d'autres produisent avec des machines économiques.

« Il est juste d'ajouter que tout n'est pas bénéfice dans l'accroissement de production dû à une machine. Pour obtenir un supplément de production, il faut employer une machine plus coûteuse, autrement dit *plus de capital*, ainsi que nous l'avons déjà montré. C'est à l'entrepreneur de bien faire son calcul. Si l'intérêt et l'amortissement du capital-machine employé pour obtenir un certain produit représente une somme supérieure à l'économie réalisée sur la main-d'œuvre, la machine ne rend très probablement pas de services. Si, au contraire, *l'accroissement de rémunération du capital est moindre que l'économie réalisée sur la main-d'œuvre il faut employer la machine.* De cette proposition, on déduit facilement ce corollaire :

« *Plus le taux des salaires est élevé dans un pays, plus on a intérêt à multiplier les machines.*

« C'est une des deux raisons qui expliquent pourquoi le règne des machines date de la seconde moitié du XVIIIe siècle et surtout, en France, du XIXe siècle.

« La seconde raison est dans le *progrès des sciences appliquées à l'industrie*, et, tout d'abord, dans l'emploi de la machine à vapeur. »

(1) La *concentration* n'est pas le sujet de cette conférence. Cependant elle est si étroitement liée à la machine que je crois utile, sans traiter directement la question, de citer en note deux exemples qui attestent les progrès qu'elle a faits depuis trente ans. Le premier est un passage extrait de mon ouvrage sur *L'Ouvrier américain ;* le second est un résumé de quelques données de la grande enquête allemande de 1895 :

I. — « La statistique montre avec évidence qu'il s'opère un mouvement de concentration dans presque toutes les branches de l'industrie américaine. Les chiffres contenus dans le chapitre précédent en fournissent des preuves.

« Pour le fer, 1 005 établissements ayant produit une valeur de 69 millions 1/2 de dollars en 1880 et 615 établissements ayant produit 431 millions en 1880, avec des prix très abaissés ; on peut ajouter que, sur 18 établissements qui, en 1890, ont fabriqué de l'acier Bessemer, 7 ont fourni 93,6 p. 100 de la production totale ; 5 (possédant 7 usines) sont situés en Pennsylvanie, 1 (avec 4 usines) dans l'Illinois, 1 au Colorado : double concentration dans les mêmes lieux et dans les mêmes mains.

« Pour la laine, en 1880, 2689 établissements produisant chacun en moyenne une valeur de 98 000 dollars ; en 1890, 2489 établissements avec une moyenne de 136 000 dollars ; on peut ajouter que les deux États qui tiennent le premier rang dans cette industrie, le Massachusetts et le New York, possédaient, en 1870, 16,4 et 12,7 p. 100 du total des cardes des États-Unis et en 1890, 22,4 et 17,1 p. 100 ; la concentration s'est faite au profit des régions les plus forte-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

magne, mais je craindrais de sortir de mon sujet en m'étendant sur cette question.

Je n'en sors pas en vous disant quelques mots de deux auteurs que l'on cite

ment équipées. Pour le coton, en 1870, 936 établissements qui étaient déjà le résultat d'une concentration (car le Census de 1840 en avait compté 1240) et une production moyenne par établissement de 196000 dollars; en 1890, 905 établissements avec une production moyenne de 293000 dollars. Comme le prix de la marchandise a diminué, le nombre des broches de filatures (dont chacune, d'ailleurs, fournit beaucoup plus de fil) donne une idée plus approchée de l'agrandissement des filatures que la valeur des produits; or, ce nombre a doublé pendant que le nombre des établissements diminuait. Dans la soie où le nombre des établissements a augmenté parce que cette industrie a beaucoup grandi depuis une vingtaine d'années, le capital moyen d'un établissement était de 72000 dollars en 1870 et de près de 110000 en 1890. En 1860, 213 fabriques de tapis produisaient une valeur de 7 à 8 millions de dollars; en 1890, il n'y avait que 173 fabriques produisant une valeur de 47,7 millions. Le nombre de moulins à farine était de 24338, produisant en moyenne 194 boisseaux par jour en 1880, et 18470 produisant 298 boisseaux en 1890. Dans l'espace de dix ans, de 1880 à 1890, le nombre des fabriques de produits chimiques a diminué de 5 p. 100, pendant qne la valeur de la production augmentait de 30 p. 100... La production des machines agricoles destinées à l'outillage des fermes, qui couvrent une étendue croissant avec les défrichements, semblerait devoir se disséminer. Il n'en est rien pourtant : le tableau ci-joint montre qu'en vingt ans le nombre des établissements a diminué de plus de moitié pendant que la production augmentait de 58 p. 100.

Années.	Établissements.	Ouvriers.	Valeur des produits. Millions de dollars.
1870.	2076	25249	52
1880.	1943	39580	68
1890.	910	30730	81

« Il y a quinze ans, dans un des rapports du Census de 1880, M. Carroll D. Wright signalait déjà en ces termes la transformation : « Quoique les États-Unis aient commencé à adopter le « système de la manufacture une quinzaine d'années après l'Angleterre, le développement y a « été plus rapide et plus varié que dans les autres pays. A mesure que les personnes engagées « dans l'industrie ont vu les étonnants résultats du travail ainsi systématisé, elles l'ont adopté « successivement, si bien que sur environ trois millions de personnes employées dans les indus- « tries mécaniques, on peut dire que les quatre cinquièmes travaillent en manufacture; c'est « durant les trente dernières années que la transformation s'est accomplie. »

II. — L'Empire allemand fournit, par ses deux recensements des professions (1882 et 1895), d'utiles renseignements sur la concentration. Le dernier, *Berufs- und Gewerbezählung vom 14 Juni 1895*, a donné lieu à la plus considérable publication qui ait été faite relativement à la statistique industrielle. Cette publication très intéressante, qui a commencé en février 1897 et qui a été terminée en novembre 1899, se compose de 18 volumes in-folio, depuis le volume 102 jusqu'au volume 119 de la *Statistik des Deutschen Reichs, Neue Folge*. Elle comprend quatre parties : *Berufsstatistik für das Reich im Ganzen*; *Die Berufliche und soziale Ghiederung des deutschen Volkes; Die Landwirthschaft im Deutschen Reich; Gewerbestatistik* (comprenant la statistique de l'Empire entier et celle des grandes villes en particulier). Le dernier volume *Gewerbe und Handel im Deutschen Reich*, publié en novembre 1899, renferme une comparaison des industries (nombre des établissements et personnel) en 1882 et en 1895. C'est dans ce volume que se trouvent les données statistiques que nous utilisons. Elles ont été déjà l'objet d'un grand nombre d'études économiques et statistiques en Allemagne (je citerai entre autres un article de M. J. Goldstein dans *Allgemeines Statistisches Archiv*, intitulé *Aus den Ergebnissten der Gewerblichen Betriebszählung vom 14 Juni 1895*, qui reproduit une partie des données relatives à la concentration, et un article de M. G. von Mayer dans le même numéro). Avec

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

souvent comme les principaux auteurs qui ont dénoncé les machines comme dommageables à la classe ouvrière, Sismondi et Karl Marx.

les chiffres de la statistique de 1882 et de celle de 1895, on peut établir une comparaison précise sur le mouvement de concentration des industries dans un pays qui est aujourd'hui en pleine activité de production.

En 1882, les établissements étaient au nombre de 3 609 801 (3 005 457 établissements principaux et 604 344 établissements accessoires) employant 7 341 000 personnes ; en 1895, ils étaient au nombre de 3 658 077 (3 144 977 établissements principaux et 513 100 établissements accessoires) employant 10 269 000 personnes. Le personnel a gagné 2 928 000 travailleurs : quoique la puissance en machines ait augmenté, diront les adversaires de la machine, parce que la puissance a augmenté, diront les partisans. Cette puissance représente aujourd'hui la force d'environ 82 millions de manœuvres. Les établissements principaux ont augmenté de 4,6 p. 100 ; pendant que les établissements accessoires ont diminué de 15,1 p. 100 ; le nombre des personnes employées a augmenté de 39,9 p. 100 : donc les établissements ont en moyenne pris plus d'importance dans le laps de treize années pendant lesquelles l'industrie allemande a beaucoup grandi.

En 1882, il y avait 1 877 872 artisans qui travaillaient seuls ; en 1895, il n'y en avait plus que 1 714 351 : diminution de 163 521, soit de 8,7 p. 100. Au contraire le nombre des établissements principaux qui employaient un personnel, a augmenté (de 1 303 041) et ce personnel s'est accru de 3 092 001 unités (5 462 917 personnes en 1882, et 8 554 918 en 1895). Si nous regardons seulement l'industrie proprement dite (Industrie, Bergbau, Baugewerbe) dans le jardinage, le commerce et les transports, nous voyons que les artisans isolés figuraient dans le personnel a raison de 24,1 p. 100 en 1882, et de 15,5 en 1895 et les autres établissements à raison de 75,9 et de 84,5.

Malgré la diminution, les artisans isolés sont encore très nombreux (1 714 351). Les petits établissements n'occupant pas plus de 5 personnes sont très nombreux aussi et ils ont même augmenté : 2 457 950 personnes en 1882, et 3 056 318 en 1895. Il y a aussi augmentation dans les établissements moyens (1 391 720 personnes en 1882 et 2 454 257 en 1895), mais c'est surtout dans les grands établissements, ceux qui occupent plus de 50 personnes, que l'accroissement est considérable : 1 613 247 personnes en 1882, et 3 044 343 en 1895.

On prend une idée plus précise encore de la transformation en examinant le détail.

En divisant les industries en trois grands groupes, on constate que l'accroissement pour 100 s'est produit dans la proportion suivante de 1882 à 1895 :

	Augmentation p. 100 dans le nombre des établissements.	Augmentation p. 100 dans le nombre des personnes employées.
Petits établissements (n'occupant pas plus de 5 personnes). .	1,8	10
Moyens établissements (occupant de 6 à 50 personnes). . .	69,7	76,3
Grands établissements (occupant plus de 50 personnes). . .	90	8,87

En pénétrant davantage dans le détail, on voit que les artisans isolés ont diminué de 8,7 p. 100, que le personnel a augmenté dans les proportions suivantes : pour ces établissements employant de 1 à 5 personnes, augmentation de 24,3 p. 100 ; pour les établissements de 6 à 10 personnes, augmentation de 66,6 ; pour ceux de 51 à 500, augmentation de 93,9 ; pour ceux de 201 à 1 000, augmentation de 75,8 ; pour ceux de plus de 1 000 augmentation, de 110,5 p. 100. A une seule exception près, l'augmentation a été d'autant plus forte que les établissements étaient plus importants.

Dans le groupe des mines, carrières, forges et salines, si l'on met à part les tourbières (exploitations isolées au nombre de 349 qui n'ont pas diminué), on voit que les établissements occupant de 5 à 200 personnes ont diminué en nombre et en personnel, que les autres sont

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Sismondi, ému par le spectacle de la misère qui sévissait dans les districts manufacturiers de l'Angleterre sous le règne de George IV, se fit l'avocat des

en progrès ; ainsi, tandis que le personnel des établissements ayant au plus 5 employés tombait de 42 p. 100, celui des établissements ayant plus de 1 000 employés montait à 66,7 p. 100; 95,3 p. 100 du personnel de ce groupe se trouvaient en 1895 dans les grands établissements.

Même transformation dans les industries de la pierre et de la terre. Les établissements qui n'occupaient pas plus de 5 personnes ont perdu 25,7 et 19,6 p. 100 de leur effectif; ceux qui en occupaient plus de 50 ont gagné 104 à 122 p. 100.

Dans le groupe des métaux, les travailleurs isolés ont perdu 14,4 p. 100; les établissements ayant 5 personnes au plus sont restés à peu près au même point (2,9 p. 100 d'augmentation) ; les autres ont fait des progrès d'autant plus grands (de 81,5 p. 100 à 108,7 p. 100) qu'ils étaient plus importants. Il n'y avait qu'un établissement en 1882 qui occupât plus de 1 000 ouvriers; il y en a une douzaine en 1895.

Dans l'industrie des machines, pendant que les établissements dont le personnel ne dépassait pas cinq restaient presque stationnaires (augmentation : 0,3 et 6.9 p. 100), ceux qui comptaient plus de 1 000 ouvriers ont augmenté de 295 p. 100. Les petits établissements employaient, en 1882, 34,6 p. 100 du personnel, ils n'en employaient plus que 24 p. 100 en 1895, tandis que la proportion n'avait pas varié pour les établissements moyens et qu'elle avait augmenté de 12,2 p. 100 au profit des grands.

Dans les industries chimiques, il y a eu partout augmentation du nombre des personnes; mais, pendant qu'elle est de 2,4 p. 100 pour les artisans isolés, de 2 p. 100 pour les ateliers employant 1 à 5 aides, elle s'élevait à 124,8 pour les établissements qui employaient de 200 à 1 000 ouvriers et de 286,6 pour ceux qui en employaient plus de 1 000.

Les petites fabriques de matières éclairantes, de savons, etc., ont perdu (perte de 42,8 p. 100 pour les artisans isolés, de 13,5 pour les fabriques n'occupant pas plus de 5 personnes), les grandes ont gagné (71 p. 100 pour les fabriques de 201 à 1 000 ouvriers, de 66,7 pour les fabriques de plus de 1 000).

Même balance dans les industries textiles : diminution de 43,7 de 35,2, de 5,9 p. 100 pour les artisans isolés et pour les fabriques de moins de 6 ou de moins de 11 personnes; augmentation de 83,1 p. 100 dans les manufactures de 201 à 1 000 personnes et de 125,3 dans les manufactures de plus de 1 000.

Dans l'industrie du papier et dans celle du cuir, on ne signale pas de diminution, mais les établissements de plus de 1 000 ouvriers ont une augmentation de 74,5 et de 305,8 p. 100, tandis que les ateliers occupant 5 personnes au plus atteignent au maximum 8,4 p. 100. Dans les industries du bois, diminution de 20 p. 100 pour les artisans isolés, et augmentation de 8,4 p. 100, seulement, pour les petits ateliers de 5 personnes au plus, augmentation de 127,1 et de 196,8 pour les grands établissements employant 51 à 1 000 ouvriers.

Les industries alimentaires présentent une diminution de 12 p. 100 pour les artisans isolés et une augmentation de 246,2 pour les établissements occupant plus 1 000 personnes.

Même mouvement dans les industries du vêtement : 6,5 p. 100 en moins, parmi les artisans isolés, 171 p. 100 en plus dans les établissements occupant plus de 200 personnes.

Dans le bâtiment tout a augmenté, mais avec quelle différence ! 16,2 p. 100 pour les artisans isolés, 14,7 dans les ateliers de 2 à 5 personnes; 307,5 p. 100 dans les entreprises occupant 51 à 200 personnes et 163,7 dans celles qui en occupent plus de 200.

Augmentation partout dans les industries polygraphiques : de 32,6 pour les artisans isolés, de 263,6 pour les ateliers de plus de 200 personnes.

Les industries artistiques sembleraient devoir faire exception. En effet, il y a pour les artisans isolés une augmentation de 31,4 p. 100. Cependant les petits ateliers de 5 personnes au plus ont perdu 25,3 p. 100 et les ateliers de 51 à 200 personnes en ont gagné 576.

Les professions relatives au commerce n'ont pas échappé à cette loi : augmentation de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pauvres et opposa ses *Nouveaux Principes d'économie politique* (qui sont moins des principes scientifiques que des tendances humanitaires) aux théories de Ricardo, théories, dit-il, « qui pouvaient bien accroître la richesse matérielle, mais qui diminuaient la masse des jouissances réservées à chaque individu et qui, si elles tendaient à rendre le riche plus riche, rendaient aussi le pauvre plus pauvre (1). »

En Angleterre, ajoute-t-il, « la masse de la nation semble oublier, aussi bien que les philosophes, que l'accroissement des richesses n'est pas le but de l'économie politique, mais le moyen dont elle dispose pour procurer le bonheur de tous ». C'est à ce point de vue qu'il envisage les machines auxquelles il a consacré deux chapitres (2) et sur lesquelles il est revenu dans plusieurs autres parties de l'ouvrage. Il comprend la relation qui existe entre l'accumulation des capitaux, la division du travail et les machines ; il ne proscrit pas les machines, mais il affirme qu'elles diminuent l'ouvrier en le réduisant lui-même à l'état de machine, qu'elles absorbent une partie du capital qui servait auparavant au salaire et éliminent l'ouvrier ; que, si la production augmente plus que le revenu, le débit devient impossible et le travail s'arrête ; que, par suite, la demande de travail, décroissant, réduit la classe ouvrière à un salaire misérable, que la baisse de prix qui met la marchandise plus à la portée de sa bourse est cependant sans effet ou a un mauvais effet si elle excite en lui des désirs qu'il ne peut pas satisfaire faute d'argent. Il cite, entre autres exemples, celui de l'imprimerie. « L'imprimerie, transportée en Europe à une époque où il n'y avait aucun zèle pour l'étude, aucune demande pour les livres, l'aurait plongée dans une barbarie plus grande encore que celle où elle croupissait ; car elle aurait fait disparaître absolument la race des copistes (3). » Comment Sismondi n'a-t-il pas réfléchi

19,5 p. 100 pour les personnes travaillant seules et augmentation de 723,6 dans les établissements occupant plus de 200 personnes. Dans les professions diverses, augmentation de 72,4 pour la première catégorie et de 391,5 pour la dernière. Dans les transports, diminution de 10,6 pour la première catégorie, augmentation de 138,8 pour la dernière. Dans le groupe de restaurateurs et hôteliers, diminution de 34 pour la première catégorie et augmentation de 429,8 pour la dernière.

La statistique allemande a consacré un chapitre (*Einige Riesenunternehmungen an der Jahrhundertwende*, t. 119, p. 158) aux entreprises gigantesques. Il se trouvait, en 1895, 296 établissements occupant chacun plus de 1 000 personnes, en tout plus d'un demi-million de personnes (562628). Les usines Krupp mines et usines, situées en divers lieux occupent 44 087 personnes, en font vivre plus de 100 000 (famille comprise) ; elles ont débuté en 1832 avec 10 ouvriers. La Société de construction de machines dite Vulcain, sise à Bredow, près Stettin, occupe 7 208 personnes. La fabrique badoise de soude et d'aniline à Ludwigshafen en occupe 6 341. Le tissage de Hermann Wunche's Erben, à Ebersbach en Saxe, employait 2 600 à 3 000 ouvriers dans ses ateliers et en outre 6 à 700 ouvriers travaillant à domicile. La brasserie Schultheiss à Berlin occupait 1837 personnes et produisait dans l'année environ 70 millions de bouteilles de bière.

(1) Avertissement de la seconde édition, p. iij.

(2) Ch. VII du livre IV et ch. VII du livre VII.

(3) Tome II, p. 319.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que, si les livres n'avaient pas été demandés, ils n'auraient pas porté préjudice aux copistes, et que, s'ils s'étaient répandus grâce au bon marché, ils auraient suscité le besoin de lire? C'est précisément ce qui s'est produit au XVI^e^ siècle.

Karl Marx est plus radicalement que Sismondi hostile aux machines, ou, suivant son expression dédaigneuse, au « machinisme ». Il lui a consacré un long chapitre (1) de son ouvrage *Das Capital*.

On sait que la théorie sur laquelle Karl Marx a fondé son système de répartition de la richesse est une hypothèse contraire à la fois à l'expérience et à la logique des faits. Suivant lui, la vraie valeur du produit se compose exclusivement de la valeur du travail des ouvriers qui l'ont confectionné, de la valeur des matières qui ont été consommées et de la valeur dont se trouve diminué l'outillage par l'usure; il n'accorde rien au capital comme intérêt ni à l'entrepreneur à titre de profit. Comme le prix de vente du produit est supérieur au total de ces trois éléments (et il l'est nécessairement, à moins que l'entrepreneur ne soit en perte), K. Marx considère la différence comme une « plus-value » que s'approprie indûment l'entrepreneur et dont il frustre l'ouvrier. Il déclare donc que l'ouvrier est lésé, puisque, avec son salaire, il ne peut pas racheter la totalité du produit qu'il a créé (2) et il affirme — sans fonder d'ailleurs son assertion sur aucune donnée statistique — que l'ouvrier travaille six heures pour lui (c'est-à-dire que six heures suffisent pour créer une valeur en produits égale à son salaire) et six heures pour procurer la plus-value à son patron.

Partant de cette hypothèse, K. Marx est conséquent avec lui-même lorsqu'il soutient que la machine, qui permet de produire autant en moins de temps, abrège le temps pendant lequel l'ouvrier travaille pour lui-même et allonge celui pendant lequel il travaille pour la plus-value du patron (3). Plus le patron arme l'ouvrier d'un outillage productif, plus il le vole s'il continue à le faire travailler le même temps avec le même salaire. Voilà le principe et le grief fondamental. K. Marx accumule par-dessus nombre de griefs complémentaires: abaissement du salaire, élimination des ouvriers habiles, substitution des femmes et des enfants aux hommes, prolongation de la journée, travail plus intense, infeodation plus étroite des salariés au capitaliste (4), chômage croissant, misère.

(1) Ch. XV. Machinisme et grande industrie.

(2) Cette théorie se trouve déjà dans Proudhon : « L'ouvrier ne reçoit pas le produit intégral de son travail. »

(3) « L'emploi capitaliste des machines ne tend qu'à diminuer le prix des marchandises, à raccourcir la partie de la journée où l'ouvrier travaille pour lui-même, afin d'allonger l'autre où il ne travaille que pour le capitaliste. C'est une méthode particulière pour fabriquer de la plus-value relative. » *Le Capital*, p. 161.

(4) « Par l'annexion du personnel de travail combiné d'une masse prépondérante d'enfants et de femmes, la machine réussit enfin à briser la résistance que le travailleur mâle opposait encore dans la manufacture au despotisme du capital. » *Le Capital*, p. 174.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« Donc parce que la machine, triomphe de l'homme sur les forces naturelles, devient entre les mains capitalistes l'instrument de l'asservissement de l'homme à ces mêmes forces; parce que, moyen infaillible pour raccourcir le travail quotidien, elle le prolonge entre les mains capitalistes; parce que, baguette magique pour augmenter la richesse du producteur, elle l'appauvrit entre les mains capitalistes, parce que... l'économiste bourgeois déclare imperturbablement que toutes ces contradictions criantes ne sont que fausses apparences et vaines chimères, et que dans la réalité, et pour cette raison dans la théorie, elles n'existent pas... »

« Certes, ils ne nient pas les inconvénients temporaires, mais quelle médaille n'a pas son revers! Et pour eux l'emploi capitaliste des machines en est le seul emploi possible. L'exploitation du travailleur par la machine, c'est la même chose que l'exploitation des machines par le travailleur (1). »

Un peu auparavant (p. 190) il avait dit :

« Les faits réels travestis par l'optimisme économiste, les voici:

« Les ouvriers que la machine remplace sont rejetés de l'atelier sur le marché de travail où ils viennent augmenter les forces déjà disponibles pour l'exploitation capitaliste. »

« Les ouvriers rejetés d'un genre d'industrie peuvent certainement chercher de l'emploi dans un autre...

« En dehors de leur ancienne occupation, ces hommes, rabougris par la division du travail, ne sont bons qu'à peu de chose et ne trouvent accès que dans des emplois inférieurs, mal payés, et à cause de leur simplicité même toujours surchargés de candidats. »

Un peu plus loin (p. 193), il ajoute :

« Tous les représentants sérieux de l'économie politique conviennent que l'introduction des machines est une calamité pour les ouvriers manufacturiers et les artisans avec lesquels elles entrent en concurrence; presque tous déplorent l'esclavage des ouvriers de fabrique.

« Et pourtant, quel est leur grand argument? C'est que les désastres qui accompagnent la période d'inauguration et de développement une fois consommés, les machines augmentent en dernier lieu le nombre des esclaves du travail, au lieu de le diminuer! Oui, le nectar dont l'économie politique s'enivre est ce théorème philanthropique: qu'après une période de transition et d'accroissement plus ou moins rapide, le régime de fabrique courbe sous son joug de fer plus de travailleurs qu'à son début il n'en avait affamé par le chômage forcé. »

Cette phrase sonore renferme une accusation injuste et une assertion

(1) *Le Capital*, p. 191.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

inexacte. K. Marx veut-il qu'on travaille sans machine et que l'industrie retourne, pour employer des bras, à des procédés rudimentaires ou qu'on utilise toutes les inventions du génie humain qui facilitent la production? Il ne peut se refuser à admettre la seconde alternative: si donc il faut des machines et les meilleures, il n'est pas possible que la transformation se fasse sans transition ; ce qu'il faut c'est de rendre la transition aussi courte et aussi peu douloureuse que possible.

K. Marx, comme Sismondi, visait l'Angleterre et, quoiqu'il écrivît à une époque où le situation était bien meilleure (1) qu'au temps de Sismondi, il pouvait encore largement puiser des exemples attristants dans les rapports des inspecteurs des manufactures. Toutefois il se garde de condamner la machine ; ce qu'il veut, dit-il, c'est supprimer l'antagonisme (2) en enlevant la machine au capitaliste, pour la remettre aux mains de l'ouvrier. Ce qu'il ne peut pas montrer, c'est comment l'ouvrier se procurerait la machine si le capital n'en payait pas l'achat: il a fondé sa théorie sur une fiction.

IX

INFLUENCE DES MACHINES SUR LE SALAIRE

L'accroissement du salaire est une conséquence qui est contestée.

Souvent des publicistes qui ont l'oreille de la classe ouvrière nient qu'il y ait accroissement, et il y a des ouvriers et ouvrières qui s'inscrivent en faux au nom de leur expérience personnelle. Cet accroissement n'est pas en effet une conséquence nécessaire et universelle.

On observe des cas dans lesquels ce qu'on voit d'abord, c'est une diminution de salaire. Par exemple, le cas de l'ouvrier qui continue à travailler à la main en concurrence avec la machine, ou celui d'un ouvrier ordinaire remplaçant, à l'aide d'une machine perfectionnée, un ouvrier très habile qui était indispensable auparavant pour exécuter le même travail à la main.

Le premier cas est très pénible pour la population ouvrière, quand il atteint une nombreuse catégorie de personnes. On en a de douloureux exemples, parmi

(1) *Das Capital* a été publié en 1867.

(2) « C'est comme puissance ennemie de l'ouvrier que le capital l'emploie, et il le proclame hautement. Elle devient l'arme de guerre la plus irrésistible pour réprimer les grèves, ces révoltes périodiques du travail contre l'autocratie du capital. D'après *Gaskell*, la machine à vapeur fut, dès le début, un antagoniste de la « force de l'homme » et permit au capitaliste d'écraser les prétentions croissantes des ouvriers qui menaçaient d'une crise le système de fabrique à peine naissant. On pourrait écrire toute une histoire au sujet des inventions faites depuis 1830 pour défendre le capital contre les émeutes ouvrières. » *Le Capital*, p. 188.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lesquels on citait jadis celui de la Silésie et celui de la Flandre (1) lorsque le tissage à la mécanique y supplanta le tissage à la main; des milliers d'ouvriers languirent et moururent dans une misère qui s'aggravait d'année en année par la réduction constante de leur gain. A ce mal il n'y a pas de remède radical; c'est une transition qu'il faut, comme je viens de le dire, rendre le moins douloureuse et surtout le plus courte possible. La charité peut et doit soulager les souffrances des victimes; elle n'abrège pas la durée de la crise. Le remède le plus sûr consiste, d'une part, à tourner la jeune génération vers des opérations plus lucratives, d'autre part, à créer sur place des établissements armés des mécaniques nouvelles qui, étant capables de tenir tête sur le marché, absorbent peu à peu une partie des ouvriers sans travail et leur procurent un salaire égal ou même supérieur à leur ancien salaire. La machine dans ce cas est comparable à la lance d'Achille; elle guérit les blessures qu'elle a faites. Cependant, c'est contre elle que les ouvriers placés dans cette triste situation et incapables de comprendre les conditions générales du marché, tournent souvent leur colère; ils brisent l'instrument de leur rédemption.

Dans le second cas, un petit nombre de personnes seulement se trouvent atteintes à la fois; mais ce sont des ouvriers jouissant d'un fort salaire. Nous en avons vu un exemple pour les mouvements de montres; les horlogers étaient d'une capacité au-dessus de la moyenne; l'invention de machines d'une précision et d'une délicatesse exquise a permis de les remplacer par des ouvriers ordinaires ou du moins par des ouvriers n'ayant pas une capacité exceptionnelle.

M. Appert nous a fourni un autre exemple provenant de la fabrication des bouteilles. Avec l'ancien procédé il fallait un souffleur, ouvrier qui devait être doué de certaines qualités physiques rares et qui exerçait un métier très pénible; aussi était-il payé 10 francs par jour. Le nouveau procédé le remplace par des mouleurs qui, faisant un travail plus ordinaire, ne sont payés que 5 francs; mais en même temps le cueilleur, qui a plus à faire, est payé davantage (2).

Ces cas de diminution ne sont pas d'ailleurs les plus fréquents. Somme toute,

(1) La substitution dans les filatures de la Flandre du métier continu conduit par des femmes au métier renvideur que conduisaient des hommes, a produit de nos jours une crise du même genre.

(2)

PROCÉDÉ ANCIEN	Fr. c.	PROCÉDÉ NOUVEAU	Fr. c.
Prix de la façon par 100 bouteilles. . .	3,50	Prix de la façon par 100 bouteilles. . .	1,20
Prix à la journée de 10 heures :		Prix à la journée de 10 heures :	
Souffleur.	10,50	Cueilleur servant 2 mouleurs	6,80
Grand gamin.	6 »	2 mouleurs.	10 »
Cueilleur.	4,50		
	21,00		16,80
Produisant 600 bouteilles de 700 grammes. Soit 200 bouteilles par ouvrier.		Produisant 1 400 bouteilles de 700 grammes. Soit 400 bouteilles par ouvrier.	

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'avantage finit par rester au salaire considéré en général quand la transformation est accomplie et même souvent pendant la période de transformation. Il est logique qu'il en soit ainsi : le travail étant plus productif, l'ouvrier recueille une part de cette productivité (1), c'est ce que fait voir le *Paradoxe économique*.

Nous avons comparé les 5 paquets de la fileuse au rouet et les 55 000 paquets de l'ouvrier conduisant le métier renvideur. Supposez que la fileuse eût demandé une augmentation de 50 centimes par jour; le patron eût été dans l'impossibilité de la lui accorder, parce qu'il aurait grevé de 10 centimes le prix de revient du paquet. Supposez que le conducteur du métier renvideur demande la même augmentation; le prix de revient, qui ne se trouverait surchargé que d'une quantité infinitésimale par paquet, ne serait pas un obstacle. Toutefois le salaire n'augmente pas dans la même proportion que la quantité de richesse créée, parce que, si cette richesse est produite plus économiquement et plus abondamment, la concurrence fait baisser le prix de vente. C'est, en définitive, le consommateur qui gagne le plus; mais l'ouvrier gagne ordinairement aussi quelque chose.

Il n'y a pas de raison pour que son salaire augmente de toute la différence. Il n'est pas la cause de sa productivité accrue : c'est la machine qui en est la cause et il n'est pas l'inventeur de la machine. Il ne dépense pas plus d'heures ni de force physique, ni même, dans beaucoup de cas, plus d'habileté que pour le travail à la main. Le changement a été pour lui un allégement de peine. Son patron n'a pas plus de raison que lui de revendiquer à son profit l'accroissement de productivité, à moins qu'il ne soit l'inventeur de la machine, auquel cas il aura légitimement un privilège de monopole jusqu'à ce que son idée soit tombée dans le domaine public. C'est la concurrence qui se charge d'apprendre au patron que ce n'est pas à lui que doit revenir le bénéfice principal de la plus-value, mais à la consommation. C'est un côté de la question qu'il ne faut pas perdre de vue.

Voici une autre considération qu'il ne faut pas perdre de vue, c'est que l'emploi de la machine est dans une relation intime avec le taux du salaire. « Si l'on propose à un manufacturier une machine coûtant 50 000 francs qui remplace 4 ouvriers, ai-je dit dans l'*Ouvrier américain*, mais qu'il doit amortir en dix ans, le manufacturier établi dans son pays où le salaire est de 2 000 francs par an n'hésitera pas à l'acheter parce qu'elle lui procurera une économie de 3 000 francs, tandis que le manufacturier établi dans un pays où le salaire est de 1 000 francs ne la prendra pas parce qu'elle lui causerait une perte de 1 000 francs par an (2). »

(1) Si le filateur anglais a un salaire supérieur de 50 p. 100 à celui du filateur suisse, c'est, dit M. Victor Böhmert, qu'en Angleterre il faut moitié moins d'ouvriers pour conduire 1 000 broches qu'en Suisse. A Oldham, un fileur, avec 2 aides, conduit 2 métiers de 1 250 broches chacun; en Suisse, un fileur avec 3 aides conduit 2 métiers de 850 broches chacun. Voir *Handwörterbuch der Staatswissenschaften* de Conrad, V° Arbeitslohn.

(2) E. Levasseur. *L'Ouvrier américain*, t. I, p. 105.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Un fabricant ne doit pas introduire sans réflexion une machine nouvelle, plus productive, et probablement plus coûteuse que l'ancien outillage dans son atelier. Il faut auparavant qu'il calcule en premier lieu l'économie de salaire qu'il en obtiendra et qui sera naturellement d'autant plus grande que le taux des salaires est plus élevé, en second lieu l'étendue du débouché qu'il pourra obtenir pour écouler avantageusement la production plus considérable de la machine (1).

La statistique, chez les peuples civilisés, nous montre qu'en général le salaire a augmenté dans le même temps que les machines augmentaient en nombre et en puissance. Dans les derniers exemples relatifs au tissage que j'ai cités, nous avons vu le salaire passer de 1 fr. 50 à 5 francs à Reims, de 2 à 6 francs à Mulhouse; ce sont, il est vrai, des cas particuliers qui, s'ils étaient isolés, ne prouveraient rien.

Le XVIII^e^ siècle a vu naître la machine à vapeur. Mais en réalité, c'est au XIX^e^ siècle que la mécanique a pénétré dans l'industrie; c'est surtout dans la seconde moitié de ce siècle qu'elle en est devenue la maîtresse.

Le nombre des chevaux-vapeur des machines de toute espèce (y compris les locomotives et les bateaux à vapeur) était en France de 56422 en 1840, de 186363 en 1850; il s'élevait en 1897 à 6452364 (2). Le mode d'enregistrement ayant changé (3), les nombres ne sont pas comparables; néanmoins ils accusent une augmentation considérable.

Dans tous les pays civilisés, il y a eu un progrès du même genre. Un statisticien, M. Mulhall, estime approximativement que le nombre total des chevaux-vapeur avait augmenté, dans le monde, de 1650000 en 1840, à 50150000 en 1888 (4).

(1) La relation du salaire et de l'outillage a été étudiée à diverses reprises. En 1884, la Société d'Encouragement a décerné une médaille d'argent à un travail de M. Fusch, *Théorie des prix proportionnels de vente*, dans lequel la question a été abordée. En 1887, M. Cheysson a publié sous le titre de *Statistique géométrique, Méthode pour la solution des problèmes commerciaux et industriels*, une conférence faite au Congrès de l'enseignement technique, industriel et commercial à Bordeaux, dans laquelle il a exposé une méthode graphique procédant de la statistique et de l'interpolation, pour les conditions de débouché et de salaire dans lesquelles la dépense d'une machine commence à devenir avantageuse.

(2) Ainsi répartis :

Établissements industriels et autres		1 330 466
Chemins de fer et tramways	Locomotion	1 245 342
	Autres appareils	26 457
Bateaux (non compris la marine militaire)	Appareils propulseurs	797 878
	Appareils auxiliaires	52 221
Total		6 452 364

(3) Jusqu'en 1876, l'administration comptait les locomotives uniformément pour 100 chevaux. Depuis 1876 elle les compte pour leur puissance réelle. C'est ce qui fait que de 1875 à 1876 le total a passé subitement de 1 091 594 chevaux-vapeur à 2 670 324.

(4) L'Angleterre, qui est le premier pays où la machine à vapeur ait été employée, ne pos-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ne cherchons pas dans ces chiffres la précision d'une statistique, mais seulement l'indice d'un accroissement considérable.

Or, dans la seconde moitié de ce siècle, le salaire a généralement augmenté.

On l'a constaté en Angleterre: de savants économistes l'ont démontré et sir Giffen, entre autres, a établi que, de 1835 à 1888, le salaire de l'ouvrier anglais avait au moins doublé (1).

Un des derniers auteurs qui ont traité cette question, M. Bowley, calculant sur les salaires dans cinq industries, bâtiment, coton, laine, métaux, pierres, a trouvé les *Index numbers* suivants (l'année initiale, 1860, étant représentée par 100) (2) :

	Salaire nominal (en or).	Salaire réel (calculé d'après le prix et la quantité des produits consommés par les ouvriers.)
1860.	100	100
1871-73.	148	123
1891.	148	157

On l'a constaté en Allemagne, où le grand développement des entreprises industrielles a beaucoup augmenté la demande de bras depuis trente ans (3). Cependant le salaire dans certaines professions, particulièrement celui du tissage à la main, a diminué (4).

On l'a constaté en Italie. M. Bodio, entre autres exemples, donne celui du fileur de coton dans la province de Milan qui avait une journée de 1 fr. 10 en 1862, et de 1 fr. 94 en 1889 (5).

On l'a constaté en Amérique. L'enquête du sénateur Aldrich a établi qu'il y a eu augmentation dans les vingt-deux groupes dont il a relevé les salaires depuis 1840; en prenant comme indice 100 pour représenter le salaire moyen de 1860, il a trouvé que tous, moins un (la carrosserie), étaient au-dessous de 100 en 1840, et que tous se trouvaient entre 137 et 224 en 1891, avec une moyenne de 160,7. Dans *L'Ouvrier américain*, après avoir signalé cet accroissement, j'ajoute :

sédait encore en 1775 que 20 machines d'une force de 300 chevaux. D'après la statistique d'Engel, elle possédait, en 1840, 600000 chevaux-vapeur; en 1888, 9200000. L'Allemagne avait, en 1840, 12200 chevaux-vapeur; en 1888, 4220000.

(1) Leone Levi, dans *Wager and Earnings of the working classes*, Jeans, Bowley et d'autres dans des articles du *Journal of the royal statistical Society* ont traité la question. Voir *La Population française*, par E. Levasseur, t. III. p. 100.

(2) *Economic Journal*, V, 381.

(3) Par exemple, dans la fabrique de porcelaines de Saxe, le salaire des manœuvres a augmenté de 120 pfennigs en 1869, à 220 en 1883 ; celui des brunisseuses de 502 marks à 681 ; celui des tourneurs de 1369 marks à 1786, etc. V° *Arbeitslohn*, par M. Böhmert.

(4) En Saxe, par exemple le tisserand au métier à la main gagnait dans son année 487 marks en 1878, et 427 en 1884.

(5) Voir *Di alcuni indici del movimento economico in Italia*, par M. Bodio.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« Partout le progrès du salaire est contemporain du progrès de l'industrie, lequel est dû surtout au développement de la science, de l'outillage et de la grande fabrique, et contemporain du progrès de la richesse : ces trois progrès sont étroitement liés et dépendants les uns des autres. Le progrès de la liberté du travail, qui a permis aux ouvriers, autrefois isolés, de se concerter pour défendre leurs intérêts, n'a pas été non plus sans influence sur l'amélioration du salaire (1). »

Revenons à la France.

Le ministère de l'Agriculture fait connaître, dans son enquête décennale, le salaire des ouvriers agricoles : l'ouvrier non nourri gagnait par jour l'hiver 1 fr. 41 en moyenne en 1852, et 2 fr. 04 en 1892 (2).

Le ministère du Commerce a pendant trente-cinq ans publié des tableaux des salaires. On y voit qu'en 1853, au début de cette statistique, les ouvriers de la petite industrie gagnaient à Paris 3 fr. 81 et les ouvrières 2 fr. 12, en province 2 fr. 06 et 1 fr. 07 ; qu'en 1887 les salaires étaient pour les mêmes catégories de personnes de 3 fr. 99 et de 2 fr. 90 à Paris et 3 fr. 43 et 1 fr. 80 en province. Ces renseignements, fournis administrativement par les préfectures, n'ont assurément pas la précision d'une enquête ; cependant l'accroissement, quelle qu'en soit la mesure exacte, est incontestable (3).

A Paris, des relevés faits dans de meilleures conditions et portant sur les industries du bâtiment, donnent pour les charpentiers 3 fr. 25 en 1820 et 8 francs en 1890 ; pour les menuisiers, 3 fr. 25 et 7 francs ; pour les peintres, 3 fr. 25 et 7 fr. 50, etc.

Dans l'industrie minérale, la Compagnie d'Anzin avait dressé pour l'Exposition universelle de 1889 un tableau sur lequel on voyait que le gain moyen d'un ouvrier par an s'était élevé de 400 francs en 1820-1830, à 1 070 francs en 1880-1887.

Cette donnée concorde avec celle de la statistique de l'industrie minérale qui se résume ainsi : salaire moyen annuel des ouvriers dans des mines de combustibles minéraux 561 francs en 1852, et 1 161 francs en 1895 ; dans les mines de fer, 362 francs et 1 073 francs ; dans les mines métalliques, 364 francs et 936 francs (4).

Dans le chapitre de mon ouvrage sur *La Population française* qui a pour titre

(1) Voir aussi *Economic Studies. The effect of recent changes in monetary standards upon the distribution of wealth*, par Francis S. Kinder. *L'Ouvrier américain*, t. I, p. 322.

(2) La moyenne du salaire paraît avoir baissé, peut-être sous l'influence de la baisse de prix des denrées, de 1882 (2 fr. 22) à 1892 (2 fr. 04).

(3) Voir un tableau résumant ces statistiques dans *La Population française*, t. III, p. 88.

(4) Ces salaires, qui sont donnés dans les volumes annuels de la *Statistique de l'industrie minérale*, ont été résumés dans le quatrième volume (p. 275) de *Salaires et durée du travail*, publié par l'Office du travail.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« la Population et la Richesse », je termine ainsi la comparaison des salaires : « Le doublement du salaire en France depuis une soixantaine d'années est une moyenne qui résulte des chiffres que nous avons recueillis; nous la croyons à peu près exacte. Comme toutes les moyennes elle peut être contestée. Il est facile de lui opposer des cas particuliers qui soient en désaccord avec elle... L'écart des extrêmes n'infirme pas la valeur d'une moyenne quand elle est fondée sur la majorité des cas (1). »

J'ajoutais, après avoir rappelé les principaux articles de dépense de la famille ouvrière : « Balance faite, il n'est pas douteux que, depuis cinquante ans, le salaire en général ait augmenté non seulement en apparence par le prix payé à l'ouvrier, mais en réalité par la puissance d'achat que ce prix lui procure. »

D'autres économistes qui ont étudié le même sujet en France, tels que MM. Villey (2), Beauregard, Chevallier, arrivent à la même conclusion.

Depuis la publication de *La Population française*, l'Office du travail a fait paraître en quatre volumes les résultats de son enquête sur les *Salaires et durée du travail dans l'industrie française :* c'est le document à la fois le plus récent et le plus important que nous possédions en France sur cette matière.

J'en extrais d'abord la moyenne générale des salaires de neuf professions (bourreliers-selliers, cordonniers, charrons, charpentiers, maréchaux-ferrants, plombiers, ferblantiers, terrassiers, maçons, peintres en bâtiment) dans quatre-vingts villes de province; cette moyenne, résultant des nombres fournis par les maires de chaque ville, est de 1 fr. 99 en 1853, et de 3 fr. 83 en 1892 (3).

Ces chiffres confirment le doublement des salaires.

Les chiffres suivants, qui sont le résultat d'enquêtes officielles que l'Office du travail a rapprochées, le confirment aussi (4) :

	1840-45.	1853-57.	1860-65.	1874.	1891-93.
Ensemble des ouvriers (départements). .	2,07	»	2,76	»	3,90
Ensemble des ouvrières (départements).	1,02	»	1,30	»	2,15
Personnel ouvrier des mines de combustibles minéraux.	2,10	2,35	2,60	3,56	4,20
Ouvrier maçon (départements).	»	2,25	»	3,15	4,05
Ouvrier maçon (séries de prix à Paris).	4,15	4,25	5,25	5,50	7,50

La plupart des statistiques que j'ai citées jusqu'ici portent sur l'ensemble des salaires ou sur certains salaires, sans considération de l'outillage. Ce n'est pas une raison pour les récuser; car elles signifient tout au moins que, pendant

(1) *La Population française*, t. III, p. 97.

(2) Voir Villey, *La question des salaires;* Beauregard, *Essai sur la théorie du salaire;* E. Chevallier, *Les salaires au XIX^e siècle.*

(3) T. IV, p. 468.

(4) *Ibid.*, p. 26; voir aussi p. 268.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que la machine se répandait, multipliant les produits et accroissant la richesse, le salaire en général bénéficiait de la révolution économique, à la fois par l'accroissement du salaire nominal et par la diminution de prix des objets de consommation.

Sans doute il y a des augmentations qui ne doivent rien à la mécanique : celle des peintres décorateurs et celle des domestiques par exemple.

Cherchons si les industries que la machine a transformées ont profité de l'accroissement général, auquel cas on ne pourrait pas dire que la machine ait abaissé le salaire. On pourrait moins encore le dire si les ouvriers des industries mécaniques étaient au nombre des plus favorisés par l'augmentation.

Les mines de charbon, qui sont au nombre des industries les plus puissamment armées par la mécanique, nous offrent d'abord une statistique précise. Le salaire moyen par journée de travail était de 2 fr. 19 en 1850; il était de 4 fr. 10 en 1895 (1).

Dans un des tableaux de l'enquête publiée par l'Office du travail, je vois que les industries qui emploient la plus grande force motrice relativement au nombre de leurs ouvriers sont les industries alimentaires (principalement les moulins, les distilleries et brasseries), la métallurgie, la fabrication du caoutchouc et du papier, la ferronnerie, dans lesquelles le nombre des chevaux-vapeur est supérieur au nombre des ouvriers; dans les houillères, les filatures et tissages, les gros ouvrages en bois, les métaux usuels, je vois au moins un cheval-vapeur pour deux ouvriers (2). La même enquête donne comme moyenne générale du salaire dans l'ensemble de ces établissements 3 fr. 90, et il se trouve que dans quatre des huit groupes précédents le salaire moyen est supérieur à 4 francs : les mines, la métallurgie, la ferronnerie, les métaux communs; pour quatre autres la moyenne est aussi au-dessus de 4 francs : le livre, la chaudronnerie, les pierres précieuses, l'éclairage par l'électricité, industries qui, quoique n'ayant pas proportionnellement autant de chevaux-vapeur, font cependant, comme on le sait, un grand emploi du travail mécanique (3).

Si l'on prend le chiffre 100 comme indice du salaire moyen de l'heure dans l'industrie française (4), on voit que les moyennes particulières qui s'élèvent de 10 p. 100 pour le moins au-dessus de la moyenne générale sont les raffineries de pétrole, la serrurerie et construction en fer, la chaudronnerie de fer, la fonderie de fer, la construction mécanique, la fonderie de cuivre, la sellerie et surtout la peinture en bâtiment, la charpente et menuiserie et la distribution d'énergie électrique (5). La plupart de ces industries usent largement de la mécanique.

(1) *Statistique de l'industrie minérale.*

(2) La proportion est, par 100 ouvriers de 200 chevaux-vapeur dans les industries alimentaires et la métallurgie, de 180 dans le caoutchouc et le papier, de 130 dans la ferronnerie.

(3) *Salaires et durée du travail.* — Office du travail, p. 38-39.

(4) Département de la Seine non compris.

(5) Dans cette dernière industrie, l'indice est 134.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Plus loin dans le même volume, je trouve le salaire moyen à deux époques, en 1840-45 et en 1891-93. A la première époque le salaire est pour les hommes de 1 fr. 95 dans les industries extractives, et de 4 fr. 10 à la seconde, pour les femmes, il est de 0 fr. 85 et de 1 fr. 60; dans l'alimentation, de 1 fr. 90 et de 3 fr. 65 pour les hommes, de 1 fr. 05 et de 2 francs pour les femmes; dans les industries textiles, de 1 fr. 90 et 3 fr. 45 pour les hommes, de 1 franc et 2 fr. 10 pour les femmes; dans le travail des métaux, de 2 fr. 40 et 4 fr. 20 pour les hommes, de 1 franc et 1 fr. 75 pour les femmes (1).

La machine n'a donc pas comprimé la hausse du salaire.

Encore une comparaison. L'enquête a pu recueillir pour 15 à 20 000 ouvriers quelques données sur le travail à domicile qui est presque toujours un travail à la main. Or, dans la plupart des industries celui-ci semble inférieur au travail à l'atelier; il l'est certainement dans les industries textiles, quoiqu'en France les ouvriers travaillant dans les filatures et tissages appartiennent en général à la catégorie des salaires peu élevés (2).

L'enquête fait remarquer qu'en 1853 la couturière non nourrie recevait en province 1 fr. 08 par jour, salaire moyen, et 1 fr. 93 en 1893; accroissement notable assurément, mais moindre que celui des ouvrières de la grande industrie qui a plus que doublé (3). Cependant ce sont particulièrement les femmes qu'on cite comme exploitées à vil prix par la machine.

Examinons la répartition de la force motrice par départements. Vingt-trois possédaient en 1897 plus de 10 000 chevaux-vapeur. Or, sur sept catégories de salaires par régions que l'enquête de l'Office du travail a établies, la première (département de la Seine) et la seconde (Seine-et-Oise) sont compris dans les vingt-trois; la Seine au premier rang avec 134 000 chevaux-vapeur et un salaire moyen de 5 francs pour le manœuvre et de 7 fr. 50 pour l'ouvrier de métier ordinaire. Dans le troisième groupe composé de 11 départements, huit sont aussi compris dans les vingt-trois (4). Dans le quatrième groupe composé de 21 départements, sept sont au nombre des vingt-trois. Les cinq derniers sont dans le cinquième, et enfin dans le sixième groupe dont le salaire descend à 2 fr. 20 pour les manœuvres et à 3 fr. 10 pour les ouvriers ordinaires, pas un seul département ne compte 10 000 chevaux-vapeur (5). On n'est donc pas en droit de dire que, dans les départements, les salaires déprimés soient le corollaire de l'emploi des machines. C'est plutôt le contraire qui est vrai.

(1) *Salaires et durée du travail*, p. 267.
(2) *Ibid.*, p. 209 et suiv.
(3) *Ibid.*, p. 277.
(4) Les autres, comme les Alpes-Maritimes, doivent le taux de leur salaire à des circonstances particulières.
(5) *Ibid.*, p. 241 et suiv., et p. 278. Voir pour les machines à vapeur la *Statistique de l'industrie minérale* pour 1897, p. 180.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

De cette étude il ne résulte pas que la machine ait nécessairement dans tous les cas pour effet une augmentation de salaire. Mais il résulte que les salaires depuis soixante ans ont beaucoup augmenté, à peu près doublé dans les contrées industrielles, et que, si cette augmentation a des causes diverses, *les machines qui ont accru la productivité de l'ouvrier sont une des causes et une des plus énergiques de l'augmentation générale des salaires;* il résulte que les industries que commande la machine sont (avec la domesticité et le bâtiment) au nombre de celles où l'augmentation du salaire moyen s'est fait fortement sentir et aussi au nombre de celles où le salaire est aujourd'hui le plus élevé.

Il résulte enfin, d'autre part, que, si l'ouvrier a profité de la machine par l'élévation de son salaire normal, il en profite, en outre, comme consommateur par la *plus-value que le bon marché a donnée à son salaire réel.*

X

LA MACHINE ABÊTIT-ELLE OU ASSERVIT-ELLE L'OUVRIER?

On entend souvent dire que la machine asservit ou abêtit l'ouvrier, qui n'a plus d'initiative et qui n'est pour ainsi dire que le rouage d'un mécanisme auquel il obéit, répétant indéfiniment le même mouvement; on a demandé ce que devenait l'intelligence de l'homme qui passe sa vie à poser la tête d'une épingle. Dans ces récriminations il y a, comme dans celle de l'avilissement du salaire, beaucoup d'exagération et la confusion de certains cas particuliers avec l'état général.

Il faut d'abord distinguer la dépense de force musculaire et la dépense de force intellectuelle.

La dépense de force musculaire a diminué: tant mieux. Vous venez de voir d'abord un bas-relief représentant la manière dont on transportait il y a plusieurs milliers d'années une masse de pierre, par l'effort de centaines d'hommes peinant comme des bêtes de somme (1), et ensuite un train de matériaux qu'on transporte et décharge par des procédés exclusivement mécaniques. Il y a trente-trois ans, dans la conclusion de l'*Histoire des classes ouvrières en France depuis 1789*, je comparais deux cas du même genre : le transport d'un obélisque dans l'antiquité et l'érection de l'obélisque de Luxor sur la place de la Concorde à laquelle, enfant, j'ai assisté. Je disais, d'un côté, qu'on voyait des troupeaux d'hommes tirant avec effort et stimulés par le fouet de leur conducteur; de l'autre, des marins qui tournaient en chantant le cabestan et j'ajoutais :

« Les tailleurs de pierre qui travaillèrent au piédestal, comme ceux qui tra-

(1) On peut voir la même chose dans les peintures égyptiennes qui sont reproduites au Musée Guimet.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vaillèrent à l'Arc de l'Étoile, étaient des hommes libres qui ne tremblaient pas sous le fouet de leurs semblables, qui discutaient leur salaire, qui, quelquefois même, se coalisaient pour imposer leur volonté, et qui tiraient de leurs sueurs un tout autre profit que la pitance qu'un maître daigne accorder à son esclave. C'étaient des hommes qu'on n'entraînait loin de leurs foyers que par un contrat librement consenti, à la famille desquels le patron devait un dédommagement pécuniaire quand ils étaient blessés ou tués par le fait du travail; des hommes qui avaient des jouissances inconnues à la plèbe antique; qui pouvaien faire des épargnes, et dont quelques-uns devaient à leur tour s'élever, par leur travail, au rang du patron. Voilà la différence (1). »

(1) Voici le passage entier (*Histoire des classes ouvrières en France*, t. II, p. 528):

« Au Congrès de Londres, un économiste français, se faisant l'écho des plaintes que lui-même trouvait exagérées, demandait quelle était la différence entre le tailleur de pierre qui travailla aux Pyramides d'Egypte et le tailleur de pierre qui travailla à l'Arc de Triomphe de l'Étoile; et il ajoutait : « L'homme qui travaille est toujours, selon l'énergique expression de « la langue populaire, un homme de peine. » Sans doute, l'an 2000 de l'ère chrétienne, comme l'an 2000 avant la naissance du Christ, l'homme qui n'a que ses bras ne pourra gagner sa vie qu'à force de peine et par un labeur corporel. Un des progrès de la civilisation consiste justement à élever un plus grand nombre d'hommes au-dessus de cet infime niveau. Mais, même à ce niveau, l'homme de peine a aujourd'hui une condition tout autre qu'autrefois.

« Entrez au Musée Britannique, et regardez, sur les bas-reliefs assyriens, comment, mille ans avant Jésus-Christ, on transportait ces masses de granit, dont les ruines imposantes étonnent aujourd'hui le voyageur. Le bloc glisse péniblement sur des madriers arrondis dont on sème sa route, et s'avance à travers les forêts coupées sur son passage; des troupeaux d'hommes sont occupés à relever, derrière lui, les madriers et à les reporter en avant; d'autres sont attelés par centaines aux cordes qu'ils tirent avec effort; autour d'eux de nombreux conducteurs, le fouet en main, les stimulent et les frappent comme des bêtes de somme. Vil troupeau, en effet, dont on prodigue les forces et la vie pour le caprice d'un maître, et qui doit compter pour bien peu, si on mesure l'estime qu'on faisait de ces hommes à la taille que le sculpteur leur prête, à côté des chefs qui paraissent autant de géants?

« Examinez ensuite, sur la place de la Concorde, le piédestal de l'Obélisque et voyez quels moyens on a employés pour amener à cette place ce lourd monument, souvenir d'un autre âge. Vous ne trouvez plus que des cordes, des machines, un problème de mécanique; c'est la science qui a remplacé la barbarie, et c'est l'homme de peine qui en a profité. J'ai vu dresser cet obélisque; aujourd'hui la vapeur ferait presque toute la besogne et l'homme de peine n'interviendrait pour ainsi dire pas; alors l'ingénieur, craignant encore les mouvements saccadés d'une machine, préféra employer des bras; mais pour les marins qui tournaient en chantant le cabestan, la peine ne fut ni plus longue, ni plus grande que celle de la manœuvre ordinaire d'un navire; le plus pénible effort n'était plus dans les bras des manœuvres, mais dans la tête de l'ingénieur.

« Les tailleurs de pierre qui travaillèrent au piédestal, comme ceux qui travaillèrent à l'Arc de l'Étoile, étaient des hommes libres qui ne tremblaient pas sous le fouet de leurs semblables, qui discutaient leur salaire, qui, quelquefois même se coalisaient pour imposer leur volonté, et qui tiraient de leurs sueurs un tout autre profit que la pitance qu'un maître daigne accorder à son esclave. C'étaient des hommes qu'on n'entrainait loin de leurs foyers que par un contrat librement consenti, à la famille desquels le patron devait un dédommagement pécuniaire quand ils étaient blessés ou tués par le fait du travail; des hommes qui avaient des jouissances inconnues à la plèbe antique; qui pouvaient faire des épargnes, et dont quelques-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Aujourd'hui le spectacle serait tout autre. Il n'y aurait même plus de marins tournant le cabestan ; il y aurait des pistons et des engrenages que la vapeur ou l'électricité animerait et que les ouvriers n'auraient qu'à surveiller.

L'ouvrier en effet est devenu dans beaucoup de cas un surveillant, une sorte de contremaître. Il n'est pas asservi par la machine ; c'est la machine qui est sa servante. Et quelle armée de servantes ! En supposant, par hypothèse, que le nombre total des chevaux-vapeur approche de 55 millions et qu'un cheval-vapeur représente une force égale à celle d'une vingtaine de manœuvres, c'est plus d'un milliard d'esclaves de fer que le génie industriel a créés : un nombre égal aux deux tiers environ du genre humain. Autant de peine épargnée aux muscles de l'homme, s'il avait dû fabriquer de ses mains une même quantité de richesse ; mais il aurait été absolument impuissant à le faire et il n'aurait même pas conçu la pensée de le tenter.

Il n'est pas vrai que tel ouvrier passe sa vie à poser des têtes d'épingle. Les têtes se posent automatiquement ; l'ouvrier n'a qu'à commander ou à arrêter le mouvement. Il est moins monotone, en même temps qu'il est beaucoup moins fatigant, de surveiller une machine d'où sort une pluie de clous, que de marteler soi-même sur l'enclume un fil de fer pour faire les clous. Le travail du tisserand qui, soixante fois par minute, frappe du battant le fil de trame, est-il moins monotone que celui de l'ouvrière dont l'œil veille sur trois métiers battant automatiquement et dont les doigts rattachent dextrement les fils cassés ?

Il fallait beaucoup de force et une certaine adresse aux quatre ou cinq forgerons qui battaient en cadence sur l'enclume une pièce de fer incandescente. Il faut moins de force, mais plus de vigilance au maître-ouvrier qui règle la la tombée d'un marteau-pilon sur une pièce du même genre.

Il est vrai que la machine est une servante qui a ses exigences. Elle va très vite et il faut la suivre dans ses mouvements. Le tisserand à la main peut se distraire et même arrêter sa navette ; le tisseur à la mécanique doit suivre sans relâche le battement à 200 coups par minute des trois ou huit métiers qu'il conduit.

Là, en effet, est la distinction à faire : moins d'effort du corps, plus d'effort de l'esprit. Mais comment ose-t-on dire qu'il en résulte un abêtissement ? Parce que le travail se renouvelle incessamment le même ? Mais quel est le travail manuel qui ne consiste pas en un retour monotone de certaines opérations ?

uns devaient à leur tour s'élever, par leur travail, au rang de patron. Voilà la différence.

« Ayez des ouvriers instruits, une société riche : vous aurez de bons salaires. Le principal nœud de la question est, comme l'économie politique ne cesse de le répéter, dans l'abondance des capitaux. Après les capitaux, c'est la science à tous les degrés qui exerce la plus heureuse influence sur les salaires, la science élémentaire qui fait l'ouvrier habile, et la science supérieure de l'ingénieur qui perfectionne les instruments du travail. »

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Si la division du travail concentre l'effort de chaque ouvrier sur une seule opération, elle exige de lui pour cette opération des qualités supérieures d'attention et souvent des connaissances scientifiques. Il y a beaucoup de machines dont la manœuvre suppose une certaine instruction et presque toutes supposent de la vigilance ; par conséquent, une éducation préalable de l'ouvrier et même de la race. L'ouvrier anglais et l'ouvrier américain sont en général plus aptes à conduire une machine rapide ou compliquée que les ouvriers du continent ; nous venons de le voir par la comparaison du fileur suisse et du fileur anglais. C'est pourquoi nos tisseurs de Lorraine et d'Alsace ne tiennent pas plus de trois métiers, tandis qu'en Amérique il n'est pas rare d'en rencontrer qui en tiennent six ou huit.

« Partout aux États-Unis la machine va très vite et elle commande : il faut la suivre. Un fabricant anglais ayant lu dans un des livres de M. Schœnhof qu'au New Jersey, un filateur de soie avait renouvelé son outillage afin d'obtenir 7500 tours à la minute au lieu de 5000, lui disait que, si lui-même installait un tel mécanisme dans ses ateliers, toutes ses ouvrières le quitteraient. Et cependant en Amérique on marche aujourd'hui à 10000 et même à 13000 tours (1). »

Il y a d'autres considérations qu'il ne faut pas omettre. Entre autres, celle-ci : La machine a obligé les entrepreneurs à substituer aux petits ateliers de grandes salles dans lesquelles de puissants engins puissent se mouvoir à l'aise ; le volume d'air a augmenté. Les entrepreneurs ont eu intérêt aussi à avoir des ateliers proprement tenus, des machines en bon état ; dans plusieurs États, des lois et des règlements de police sont même intervenus, et l'hygiène des ateliers, ainsi que je l'ai indiqué plus haut (p. 363) dans mon tableau, a été une des conséquences du développement des machines. Cette bonne tenue a réagi sur les habitudes du personnel, et, loin que l'ouvrier de la fin du XIXe siècle ait été abêti par les machines, il serait plus juste de dire qu'*il dépense moins de force physique et qu'il a gagné en dignité, comme en salubrité, à l'emploi des machines.*

XI

INFLUENCE SUR LA DURÉE DE LA JOURNÉE

K. Marx accuse la machine d'avoir plus péniblement rivé l'ouvrier à l'atelier en poussant les patrons à allonger la durée de la journée de travail. « La prolongation, dit-il, de la journée permet d'agrandir l'échelle de la production sans augmenter la portion de capital fixée en bâtiments et en machines. Non seule-

(1) *L'Ouvrier américain*, t. Ier, p. 110.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment la plus-value augmente, mais les dépenses nécessaires pour l'obtenir diminuent (1). » Un peu plus loin, rassemblant en une même phrase les principaux griefs contre les machines, il s'exprime en ces termes :

« La machine entre les mains du capital crée des motifs nouveaux et puissants pour prolonger sans mesure la journée de travail ; elle transforme le mode de travail et le caractère du travailleur collectif, de manière à briser tout obstacle qui s'oppose à cette tendance ; enfin, en enrôlant sous le capital des couches de la classe ouvrière jusqu'alors inaccessibles et en mettant en disponibilité les ouvriers déplacés par la machine, elle produit une population ouvrière surabondante qui est forcée de se laisser dicter la loi (2). »

Le raisonnement était spécieux ; les faits ne l'ont pas confirmé. L'auteur, qui publiait la première édition de son ouvrage en 1867, était déjà alors en retard sur les faits accomplis. Il l'est beaucoup plus aujourd'hui, et on est mal venu à s'appuyer sur son autorité.

Sans doute, il y a soixante et quatre-vingts ans, le travail dans la plupart des manufactures, particulièrement dans les filatures et les tissages alors que le tissage ne se faisait pas encore à la mécanique, se prolongeait pendant treize et quatorze heures. Il suffit de parcourir l'enquête de Villermé pour s'en convaincre (3).

La journée paraît avoir été plus longue encore sous l'ancien régime. « Les ouvriers de Lyon, écrivait en 1787 l'abbé Bertholon, sont nourris et logés chez le maître ouvrier, ils travaillent dix-huit heures, même plus, par jour, sans aucune perte de temps, puisqu'un quart d'heure, quelquefois moins, suffit pour chacun de leurs repas. » A Versailles, sous le règne de Louis XVI, un règlement de police fixa la journée de 5 heures du matin à 8 heures du soir avec deux heures d'interruption pour trois repas. A Paris, les imprimeurs devaient rester quatorze heures à l'atelier, de 6 à 8 en été et de 7 à 8 en hiver. Ainsi à l'avenant dans la plupart des professions.

La productivité du travail industriel et le progrès général des mœurs ont, peu à peu, durant notre siècle, modifié ces habitudes à l'avantage de la classe ouvrière.

Interrogeons sur ce point, comme sur les autres, l'Amérique. Vers 1830, la journée était de quatorze heures dans les filatures et tissages, au Massachusetts comme en Europe. On commençait l'été au lever du soleil et on finissait au coucher; l'hiver, on restait jusqu'à 9 heures; il y avait interruption pour trois repas et le travail effectif était en général de douze heures. De longues luttes

(1) *Le Capital*, p. 175.
(2) *Ibid.*, p. 176.
(3) Voir VILLERMÉ : *Tableau de l'état physique et moral des ouvriers employés dans les manufactures de coton, de laine et de soie.* 2 vol. in-8, 1840.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ont été engagées sur cette question par les syndicats ouvriers et par les Chevaliers du travail. Une loi votée en 1889 par la législature du Massachusetts a fixé à neuf heures la journée de travail des ouvriers employés par l'État et par les municipalités. Les manufacturiers, qui protestent contre l'ingérence de la loi en cette matière, n'ont pas été si loin, mais on peut dire que dix heures, neuf peut-être, sont la règle la plus ordinaire aujourd'hui (1).

Voici comment j'ai résumé la situation en Angleterre : En fait, depuis cinquante ans, le nombre des heures a été très réduit en Angleterre, d'abord pour les femmes et mineurs, en vertu des lois promulguées durant ce temps, ensuite par l'effet naturel des conventions, si bien que les ouvriers ayant une éducation professionnelle (*skilled labour*) n'ont pas, depuis quelques années, beaucoup plus de neuf heures de travail par jour et de cinquante-quatre par semaine.

Le repos du dimanche est général, et la fermeture des ateliers et magasins le samedi, entre 1 heure et 5 heures, diminue la durée totale du travail de la semaine.

Ces réductions sont dues, en Angleterre, les unes aux *Trade Unions*, qui les ont obtenues par des grèves ou à l'amiable, les autres à diverses causes. Elles ont quelquefois entraîné une réduction de salaire; plus souvent elles n'ont pas eu cet effet, par suite du perfectionnement des machines. Pour les simples manœuvres et pour certaines professions, comme la boulangerie, la réduction n'est pas aussi générale que pour les ouvriers de métier. La Commission royale du travail fait observer que les heures d'atelier ne sont pas toujours également des heures d'effort physique : un piqueur, dans une mine, a plus de mal que le tisseur devant un métier mécanique.

Consultons, pour la France, l'enquête de l'Office du travail; elle représente l'état actuel des choses. Or on y voit que, dans les départements, un cinquième des ouvriers font des journées de neuf heures au plus, un cinquième des journées de douze heures, trois cinquièmes des journées de huit heures et demie à onze heures. En somme, la durée moyenne du travail journalier ressort à dix heures et demie. C'est dans les mines, industries qui emploient une grande force mécanique, qu'elle est la plus courte (neuf heures et demie et neuf heures trois quarts). Si l'on groupe les industries d'après le nombre d'ouvriers qu'elles emploient, on trouve une moyenne de neuf heures un quart dans celles qui occu-

(1) « A la question : Quelle est aujourd'hui, aux Etats-Unis, la durée moyenne de la journée ? il est impossible de faire une réponse précise, parce qu'en cette matière comme dans d'autres matières économiques, il n'existe pas en réalité de moyenne : il y a des situations diverses gravitant, de près ou de loin, vers un point commun. Ce point, pour la durée de la journée, paraît être aujourd'hui situé entre neuf heures et demie et dix heures, plus près de dix probablement que de neuf et demie. C'est même dix, que le grand rapport de M. Aldrich donne comme moyenne générale. » *L'Ouvrier amér.*, t. I, p. 180.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pent plus de 1 000 ouvriers, et qui sont assurément au nombre de celles dont l'outillage est le plus perfectionné, et une moyenne de onze heures dans les petits ateliers de moins de 25 ouvriers (1).

La machine, en augmentant la productivité du travail, *a permis la réduction du nombre des heures de travail.* L'expérience l'atteste dans les trois États que je viens de citer.

XII

LA MACHINE CHASSE-T-ELLE L'OUVRIER ?

La machine chasse l'ouvrier : autre reproche qu'on lui adresse et qui, de prime abord, semble plus justifié que celui d'avilissement des salaires (2). En effet, c'est ce qu'on voit, non pas toujours, mais souvent, comme résultat immédiat de l'introduction d'une machine nouvelle. L'entrepreneur qui occupait 100 ouvriers hier n'a peut-être plus besoin que de 50 ouvriers, grâce à cette machine; car c'est vraisemblablement pour économiser la main-d'œuvre qu'il a fait une innovation coûteuse. Voilà donc 50 ouvriers sur le pavé. Ils ne paraissent pas avoir chance de se replacer ailleurs; car les patrons vont successivement, sous la pression de la concurrence, imiter l'exemple du premier. K. Marx a laissé un sombre tableau de la lutte inégale de l'ouvrier contre la machine qui rend son concours inutile (3).

(1) *Salaires et durée du travail*, p. 62, 93, 98, 121.

(2) K. Marx recueille çà et là des statistiques pour prouver que la machine a eu pour effet de diminuer le nombre des ouvriers, mais il prend des cas particuliers, de courtes périodes comme celle de 1860-1865, pour les fabriques de la région centrale, pendant laquelle la force motrice a augmenté de 11 p. 100, et le nombre des ouvriers a diminué de 55 p. 100. Il énumère les crises, etc. Voir *le Capital*, p. 196 et suiv.

(3) « Le système de production capitaliste repose en général sur ce que le travailleur vend sa force comme marchandise. La division du travail réduit cette force à l'aptitude de détail à manier un outil fragmentaire. Donc, dès que le maniement de l'outil échoit à la machine, la valeur d'échange de la force de travail s'évanouit en même temps que sa valeur d'usage. L'ouvrier, comme un assignat démonétisé, n'a plus de cours.

« Cette partie de la classe ouvrière que la machine convertit ainsi en population superflue, c'est-à-dire inutile pour les besoins momentanés de l'exploitation capitaliste, succombe dans la lutte inégale de l'industrie mécanique contre le vieux métier et la manufacture, ou encombre toutes les professions plus facilement accessibles, où elle déprécie la force du travail.

« Pour consoler les ouvriers tombés dans la misère, on leur assure que leurs souffrances ne sont que des « inconvénients temporaires » (*a temporary inconvenience*), et que la machine, en n'envahissant que par degrés un champ de production, diminue l'étendue et l'intensité de ses effets destructeurs. Mais ces deux fiches de consolation se neutralisent. Là où la marche conquérante de la machine progresse lentement, elle afflige de la misère chronique les rangs ouvriers forcés de lui faire concurrence; là où elle est rapide, la misère devient aiguë, et fait des ravages terribles ». *Le Capital*, p. 186.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Quand on ne se contente pas de la première apparence, on s'aperçoit que le résultat définitif est bien différent. La statistique, en effet, atteste même généralement le contraire.

La Belgique est l'État d'Europe — petit État il est vrai — où la densité de la population est la plus forte, et un de ceux où le taux d'accroissement est au-dessus de la moyenne européenne. C'est cependant un des pays manufacturiers où règne la machine, et les provinces les plus peuplées sont celles où l'industrie fleurit. Elle avait 51 055 chevaux-vapeur en 1850, et 385 271 en 1890.

L'Empire allemand a un taux d'accroissement supérieur à 1 p. 100 par an (1), et pendant que les contrées agricoles y restent à peu près stationnaires ou même décroissent, la population augmente rapidement dans les contrées industrielles, comme la Westphalie et la province du Rhin où les machines, en se multipliant, activent la demande de bras. L'Allemagne, en 1871, avait 40 millions d'habitants ; elle en a plus de 53 millions. Or elle avait, en 1879, environ 1 300 000 chevaux de force dans ses machines fixes et ses locomobiles (les locomotives et bateaux à vapeur non compris) ; en 1895, elle employait dans l'industrie 3 427 000 chevaux de force motrice, dont 2 721 000 chevaux-vapeur.

Le nombre des personnes ayant un rôle actif dans l'industrie (entrepreneur, employé, ouvrier) a augmenté en Allemagne : 7 341 000 personnes en 1882 et 10 269 000 en 1895. Non seulement le nombre absolu est en augmentation, mais il y a augmentation dans le rapport du nombre des travailleurs de l'industrie et du nombre total des habitants de l'Empire : ce rapport en effet était de 15,1 p. 100 en 1875, de 16,2 en 1882 et de 19,8 en 1895. L'industrie attire de plus en plus la population en lui fournissant des moyens d'existence. De 1875 à 1895 le nombre des établissements industriels a augmenté de 13,2 p. 100 ; celui des personnes employées, de 58,7 ; la force motrice évaluée en chevaux (vapeur, eau, vent) a augmenté de 178,3 p. 100. On ne peut donc pas dire qu'en Allemagne la machine ait chassé l'ouvrier (2).

L'Angleterre employait, d'après Engel, environ 2 millions de chevaux-vapeur dans l'industrie en 1878 ; en 1891, elle en employait environ 2 millions et demi, et néanmoins sa population a augmenté. Dans la seule industrie textile, le nombre des broches de filature a augmenté de 45 millions et demi à 53 millions et demi en vingt ans, de 1870 à 1890 ; le nombre des métiers mécaniques, de 610 000 à 822 000, et, dans le même temps, le nombre des ouvriers de cette industrie s'est élevé de 907 230 à 1 084 631.

Les États-Unis, dont la population augmente plus rapidement encore que

(1) Environ 11,9 p. 1 000 habitants dans la dernière décade.

(2) Voir le recensement des professions et industries du 14 juin 1895, Band 119, p. 165. M. G. von Mayr substitue même 222 à 178 (*Allgemeines Statistisches Archiv*, Fünster Band, II. Halbband, p. 653).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

celle des États d'Europe que je viens de citer, puisque, de 23 millions d'habitants en 1850 elle a passé à 62 millions et demi en 1890, date du dernier recensement, et qu'elle atteint pour le moins 75 millions aujourd'hui, a vu dans le même temps sa force mécanique quadrupler et au delà. Non seulement la machine n'a pas exclu l'ouvrier des ateliers et n'a pas empêché l'accroissement de population, mais, dans cette population accrue, la proportion du nombre des ouvriers de l'industrie au nombre total des habitants s'est trouvée être notablement plus forte au recensement de 1890 qu'à celui de 1860 (1).

Le premier exemple que nous avons tiré de l'enquête américaine peut nous aider à préciser cette notion. Nous avons vu qu'il ne faut que trente-sept heures et demie pour faire à la machine 10 charrues qui, faites à la main, exigeraient 1180 heures, et que l'ouvrier gagne quatre fois plus par heure.

Si l'on embrasse l'ensemble de la fabrication d'outils et de machines agricoles (*Agricultural implements*), on trouve que cette fabrication employait 26082 chevaux-vapeur en 1870, 44731 en 1881 et 50395 en 1890. Cette augmentation, en réduisant la quantité de travail à la main, n'a-t-elle pas laissé beaucoup d'ouvriers sans ouvrage? Non, car le recensement de 1870 accusait 25240 ouvriers et employés occupés à la fabrication de l'outillage agricole, celui de 1880 en accusait 39589 et celui de 1890 en a accusé 42544. C'est que le bon outillage a contribué à développer la culture et que l'agriculture des États-Unis emploie aujourd'hui, grâce en partie au bon marché et à la facilité de l'approvisionnement, beaucoup plus de machines qu'autrefois.

Les recensements nous permettent de pousser plus loin la comparaison. Ils nous apprennent, en effet, que les salaires payés dans cette industrie se sont élevés à 12,1 millions de dollars en 1870, à 15,3 millions en 1880, à 21,8 en 1890; ce qui donne 49,3 comme moyenne du salaire annuel en 1870, payé en papier-monnaie, 38,80 dollars payés en or en 1880, et 51,27 dollars payés aussi en or en 1890. D'autre part, la dépense en matières premières est portée pour 21,4 millions de dollars en 1870, pour 31,3 en 1880 et pour 31,6 en 1890; ce chapitre de la dépense n'a pas augmenté de 1880 à 1890, probablement à cause de la diminution du prix de la fonte. En troisième lieu, les recensements évaluent la valeur marchande des produits à 52 millions de dollars (en papier-monnaie)

(1) Le nombre des ouvriers a quintuplé en quarante ans, d'après le Census; mais, comme les derniers recensements sont plus complets que les précédents, une comparaison rigoureuse n'est pas possible. Celui de 1850 a enregistré 957059 personnes employées dans les manufactures; celui de 1890, 4712622.

En 1850, les ouvriers formaient 4 p. 100 de la population totale; en 1890, 7,5 p. 100. Le personnel de l'industrie paraîtrait ainsi avoir augmenté non seulement en nombre absolu, mais même proportionnellement au total des habitants. Ce nombre représentait, en 1890, 12,6 p. 100 de la population âgée de plus de quinze ans. Voir *L'Ouvrier américain*, t. 1er, p. 59.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pour 1870, 68,6 pour 1880 et à 81,2 pour 1890 : la valeur de la production a donc considérablement augmenté; on peut même remonter jusqu'en 1850, où elle n'était que de 7 millions de dollars, et dire qu'elle a plus que décuplé en quarante ans. En même temps, les machines se perfectionnaient et leur prix diminuait.

En parlant de ce progrès des manufactures agricoles dans l'*Agriculture aux États-Unis* (1), je disais : « Elles font plus de travail que naguère et coûtent moins; ainsi, une moissonneuse-lieuse, qui était payée 320 dollars en 1880, n'en coûtait plus que 120 en 1892. »

Enfin, en quatrième lieu, les recensements constatent que le nombre des établissements où ces machines sont fabriquées a diminué de plus de moitié, 2 076 en 1870, 1 943 en 1880, 910 en 1890 C'est que les grandes fabriques ont remplacé les petites : ce mouvement de concentration, qui est très prononcé aux États-Unis, est, comme nous l'avons dit, une des conséquences de l'emploi et du perfectionnement des machines.

Les « census » américains fournissent des renseignements sur chaque industrie. En 1870, la force hydraulique employée dans toutes les industries était de 1 130 431 chevaux; en 1890 elle était de 1 263 343; la force en chevaux-vapeur était, en 1890, de 5 954 635 chevaux répartis en 100 735 établissements. De 1880 à 1890, la force moyenne des machines à vapeur avait augmenté de 39 à 50 chevaux et la puissance motriee par établissement de 40 à 59 chevaux : conséquence de la concentration industrielle (2).

Les rédacteurs du census de 1880 (3) ont comparé dans huit industries impor-

(1) *L'Agriculture aux États-Unis*, p. 32 et suiv.
(2) *Eleventh Census. Report on manufacturing industries.* Part I, p. 745 et suiv.
(3) Extrait du *Compendium du 11e census. Report on manufacturing industries.* Part I.

INDUSTRIES.	1870.			1880.			1890.			ACCROISSEMENT P. 100 DE 1870 A 1890.	
	TOTAL de la force motrice.	NOMBRE d'ouvriers employés.	FORCE par homme.	TOTAL de la force motrice.	NOMBRE d'ouvriers employés.	FORCE par homme.	TOTAL de la force motrice.	NOMBRE d'ouvriers employés.	FORCE par homme.	Du nombre des ouvriers.	De la force motrice.
	ch. vap.		ch. vap.	ch. vap.		ch. vap.	ch. vap.		ch. vap.		
Cotton goods. . .	146 040	135 519	**1.08**	275 504	185 472	**1.49**	464 881	221 585	**2.09**	63,5	218,3
Flouring-and grist-mill products. .	576 686	58 448	**9.87**	771 201	58 407	**13.20**	752 365	63 481	**11.85**	8,6	30,5
Iron and steel. . .	170 675	77 555	**2.20**	397 247	140 978	**3.82**	745 824	152 535	**4.88**	96,6	336,9
Lumber, sawed. .	641 665	149 997	**4.28**	821 928	147 956	**5.56**	961 316	286 197	**3.36**	90,8	49,8
Paper.	53 218	17 910	**2.97**	123 912	24 422	**5.07**	242 176	29 568	**8.19**	65,1	354,6
Silk and silk goods.	1 911	6 699	**0.29**	8 810	31 337	**0.28**	29 638	50 913	**0.58**	665,5	1450,9
Woolen goods. . .	85 101	77 870	**1.09**	106 507	86 504	**1.23**	122 501	79 331	**1.54**	2,0	43,9
Worsted goods . .	8 016	12 920	**0.62**	16 437	18 803	**0.87**	57 411	43 593	**1.31**	245,1	612,4

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tantes (les industries textiles du coton, de la laine cardée, de la laine peignée et de la soie, la scierie du bois, la papeterie, le fer et l'acier, la menuiserie) la force motrice et le personnel ouvrier en 1870 et en 1880. J'ai continué la comparaison pour l'année 1890, et calculé le rapport en 1870 et en 1890. L'augmentation considérable (augmentation qui varie de 49,8 p. 100 pour le bois à 1 450,9 p. 100 pour la soie) de la force motrice n'a pas empêché une augmentation, moins considérable, mais très forte aussi du personnel.

Les statistiques de ce genre ne sont jamais d'une précision rigoureuse et les recensements américains ne sont pas à l'abri de la critique sous ce rapport. Mais, quelques réserves qu'on fasse sur la valeur absolue des chiffres, la tendance générale, qui résulte de leur comparaison, n'est pas contestable et est démonstrative; elle confirme les conclusions auxquelles conduit l'enquête spéciale sur le travail à la main et le travail à la machine. Voici comment, à une époque antérieure à la publication de l'enquête de M. Carroll Wright, nous nous exprimions dans *L'Ouvrier américain* au sujet de cette transformation : « Sans doute, beaucoup de chiffres ne peuvent être que de simples approximations, affaiblies par l'insuffisance des renseignements ou altérés par les dissimulations de l'intérêt personnel; néanmoins, l'ensemble est très instructif et les conclusions qu'on en peut tirer, pour l'objet qui nous occupe, sont concordantes. Qu'on examine cet ensemble ou les détails, on constate un développement très rapide de l'industrie américaine, depuis la fin de la guerre civile, toujours ou presque toujours augmentation du capital et de l'outillage, du nombre des ouvriers, de la valeur des produits, souvent aussi diminution du nombre des établissements, c'est-à-dire substitution graduelle de la grande à la petite industrie. »

La France, dont la population augmente très lentement, a cependant vu s'accroître à la fois le nombre de ses machines : 56 000 chevaux-vapeur en 1840, et 5734 000 en 1896, avec, il est vrai, un changement dans la manière de les compter qui en augmente le total, et celui de ses habitants (34,2 millions en 1840, 38,5 en 1896). En 1850, la statistique accusait 186 000 chevaux-vapeur, soit 5 par 1 000 habitants et, en attribuant à un cheval-vapeur la même quantité de travail musculaire qu'à 26 manœuvres, c'était un auxiliaire mécanique par 10 habitants; un demi-siècle après, en 1898, le nombre des chevaux-vapeur s'élevait à 6 779 000, soit 176 par 1 000 habitants, soit environ 37 auxiliaires mécaniques par 1 000 habitants. Dans mon cours du Conservatoire des Arts et Métiers, j'essaye, chaque fois que je traite la question des machines, de rendre sensible leur influence relativement au nombre des ouvriers, en mettant en parallèle les 14 départements dans lesquels il y a le plus de chevaux-vapeur et les 14 départements dans lesquels il y en a le moins (1). Ces départements étaient à peu

(1) Dans les 14 départements qui ont le moins de chevaux-vapeur se trouvent la Savoie, la Haute-Savoie et les Alpes-Maritimes qui ne peuvent entrer en comparaison pour l'année 1836.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

près les mêmes il y a quarante ans qu'aujourd'hui; leur force motrice a augmenté beaucoup plus dans les départements de la première catégorie que dans ceux de la seconde; en 1891, les premiers (depuis le Nord, qui occupe le premier rang, jusqu'à Seine-et-Oise, qui occupe le quatorzième) avaient 551 000 chevaux-vapeur : les seconds en avaient seulement 11 311. Or, les premiers ont vu leur population constamment augmenter, les seconds l'ont vue constamment diminuer.

Population en 1836, 1881, 1891 et 1896 des

	14 départements qui emploient le plus de chevaux-vapeur. (non compris les locomotives	14 départements qui emploient le moins de chevaux-vapeur. et les bateaux à vapeur).
1836.	8 026 000	2 635 000 habitants.
1881.	11 510 000	2 659 000 —
1891.	12 267 000	2 603 000 —
1896.	12 696 000	2 352 000 —

Assurément l'augmentation du nombre des ouvriers se produisant simultanément avec l'accroissement de la force mécanique n'est pas un fait nécessaire et universel. Il dépend de l'état du marché, je veux dire de l'accroissement de la demande du produit fabriqué dans de meilleures conditions.

Il y a en effet, en Amérique et en Europe, des industries où l'on voit le nombre des ouvriers diminuer soit parce que la production diminue, comme pour la culture des céréales en Angleterre, soit parce qu'avec une production stationnaire les prix diminuent et que l'industrie ne parvient à supporter cette diminution que par des progrès de la fabrication, comme cela a eu lieu pour le fer en France, soit parce qu'une production beaucoup plus abondante a été obtenue par l'invention de certains procédés nouveaux qui ont fait une révolution, comme pour le sucre.

En effet, l'industrie du fer en France produisait en 1881 une valeur de 524 millions et demi de francs et occupait 64 000 ouvriers; en 1893 elle produisait une valeur de 426 millions et occupait 59 700 ouvriers (1).

La sucrerie française a réduit de 11 p. 100 le nombre de ses ouvriers de 1881 à 1894 et diminué le salaire des hommes de 6,5 p. 100, pendant que la quantité totale du sucre doublait et que le prix diminuait de plus de moitié (2).

Le Creusot est cité comme un exemple de l'influence que la machine peut exercer pour maintenir du travail à un groupe d'ouvriers. Lorsque, vers

(1) Voir *Statistique de l'industrie minérale...*, publication annuelle du ministère des Travaux publics.

(2) En 1881 le nombre des fabriques de sucre était de 486, employant une force de 41 871, chevaux, occupant 49 100 hommes, 8 393 femmes et 7 795 enfants, produisant 335 millions et demi de kil. de sucre raffiné, au prix de 64 fr. 50 le quintal. En 1894-95 le nombre des fabriques était de 367 employant 54 694 chevaux-vapeur, occupant 44 079 hommes, 3 752 femmes 2 738 enfants, produisant 704 millions et demi de kil. au prix de 25 fr. 50 le quintal.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1885, la région de l'Est commença en France à produire en grand la fonte et l'acier par le procédé basique, le quintal, qui valait 36 francs en 1868, tomba à 14 en 1886; le Creusot n'était plus en état de soutenir la concurrence, et le débit de ses fers et surtout de ses rails diminua. Il s'est ingénié à construire, à l'aide d'un outillage nouveau, des objets d'une fabrication plus délicate dans le coût de production desquels la considération du prix de la matière première était moins importante. Il y a eu déplacement d'ouvriers, mais le nombre total des ouvriers est resté jusqu'ici à peu près le même; il aurait diminué si la machine n'avait rendu suffisamment économique la fabrication de produits nouveaux.

On a souvent répété la boutade de Sismondi, qui demandait avec ironie si dans l'Angleterre manufacturière il faudrait offrir une récompense à celui qui trouverait le moyen de faire accomplir tout l'ouvrage des 959 000 familles d'ouvriers par 90000, puis par 9000, et qui, prenant à partie Ricardo au sujet de la théorie du produit net, s'écriait : « En vérité, il ne reste plus à désirer que le roi demeuré seul dans l'île, en tournant constamment une manivelle, fasse accomplir par des automates tout l'ouvrage de l'Angleterre (1). » « Tous les ouvriers de l'Angleterre, écrivait-il ailleurs, seraient mis sur le pavé si les fabricants pouvaient à leur place employer des machines à vapeur avec 5 p. 100 d'économie (2). » L'événement est loin d'avoir réalisé cette sinistre prédiction, car l'économie est de beaucoup supérieure à 5 p. 100, et la population de l'Angleterre a doublé depuis 1816.

Suivons un instant Sismondi dans sa fantasque hypothèse du roi tournant la manivelle. Si la production devenait aussi facile, l'Angleterre serait un pays de Cocagne, où tout le monde serait nourri, vêtu, logé, récréé sans prendre de peine, car le roi ne saurait consommer lui-même toute cette production. Mais, objectera-t-on, son peuple, ne gagnant rien, n'aurait pas les moyens d'acheter. Alors pourquoi, le produit étant sans emploi, le roi prendrait-il la peine, quelque légère qu'elle fût, de tourner la manivelle, et, d'autre part, s'il était si facile de produire, comment beaucoup d'Anglais n'auraient-ils pas l'idée de faire comme le roi et n'offriraient-ils pas concurremment à très bon marché des produits qui leur auraient coûté si peu? L'hypothèse de Sismondi ne tient pas mieux devant la raison que devant l'expérience.

Sismondi s'effrayait aussi de l' « engorgement du commerce », du « nombre des manufactures qui versent sur le marché des produits qui surpassent infiniment la possibilité d'acheter du public (3). » Bien d'autres après lui ont exprimé la même crainte et on l'exprime encore. Or, la production a été sans cesse en augmentant dans le monde civilisé; elle est énormément plus considérable que

(1) *Nouveaux principes d'économie politique*, t. II, p. 331.
(2) *Ibid.*, t. II, p. 326.
(3) *Ibid.*, p. 402.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lorsqu'en 1826 Sismondi, effrayé par une crise qui sévissait alors cruellement sur l'Angleterre, croyait ce pays menacé de pléthore. Il s'en faut pourtant de beaucoup que l'humanité soit rassasiée de richesse. On ne saurait trop insister sur la différence qui existe entre les engorgements partiels de certains canaux de la circulation et la surabondance générale de la richesse. Il n'y a pas de surabondance de ce genre; production et consommation sont des termes étroitement liés l'un à l'autre dans le mouvement économique des nations. La production qui crée la richesse donne au producteur les moyens de payer la consommation qui absorbe le produit, et, plus le produit est facilement obtenu, plus le bon marché sollicite l'acheteur.

J'ai abordé cette question dans *L'Ouvrier américain :* « Il importe de remarquer que la production et la consommation réagissent incessamment l'une sur l'autre et qu'il existe entre l'offre et la demande un certain équilibre, qui est instable et toujours en rétablissement. C'est généralement le prix du produit qui fait fonction de régulateur en arrêtant, par la baisse, une production qui a cessé d'être rémunératrice, ou en stimulant la consommation par le bon marché. Les mouvements d'oscillation ne se produisent pas sans froissements douloureux : d'un côté, des capitaux perdus, des faillites, des crises; de l'autre, des déplacements d'ouvriers, des chômages, des privations. Quand sur mer la vapeur a vaincu la voile, le marin ne s'est pas fait aussitôt chauffeur et il a fallu attendre la seconde génération pour que la répartition nouvelle des forces humaines s'accomplît. Quand les chemins de fer ont remplacé les diligences, les aubergistes de la grande route sont restés sans voyageurs. En Silésie, en Flandre, la filature à la mécanique, en se substituant à la filature à la main, a produit de lamentables et longues souffrances. »

« On parle de surproduction. Il faut s'entendre sur le sens du mot. On peut donner maint exemple d'excès d'une certaine production à un certain moment sur le marché, soit parce que la consommation ne veut pas absorber davantage au prix auquel la marchandise lui est offerte, soit parce qu'elle ne peut plus absorber momentanément autant qu'auparavant. Mais une surproduction générale et définitive est un non-sens. La production, en effet, ne tarde pas à cesser quand la demande a cessé et il est impossible de fixer pour l'avenir une limite à l'accroissement de la demande, parce qu'on ne peut dire quelle sera plus tard la baisse de prix du produit ou l'augmentation du nombre et de la richesse des consommateurs.

On pourrait citer par centaines, aux États-Unis comme en Europe, des exemples de la puissance d'absorption d'un peuple dont les besoins et les moyens de satisfaction augmentent. Les Américains consommaient par tête 6 livres de coton en 1830 et 19 livres en 1890, non que le prix du coton en laine soit très différent aux deux époques, mais parce que l'industrie le transforme en tissus à bien moindre prix. Ils consommaient 105 livres de fer en 1870 et 283 en 1890; 46 livres d'acier en 1880 et 144 en 1890, parce que le prix du fer surtout, depuis quelques

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

années, et celui de l'acier ont beaucoup baissé et que la baisse en a augmenté l'emploi (1)... »

« ... Qu'auraient pensé les copistes du moyen âge qui n'écrivaient peut-être pas quatre pages par heure, si on leur avait dit qu'un jour viendrait où une machine produirait en une heure le contenu de 12 millions de pages manuscrites? Il est vrai que les copistes ont à peu près disparu; mais il est certain que l'imprimerie emploie beaucoup plus de bras que ne faisait la copie des manuscrits, parce que le peuple sait lire (2). »

Le problème assurément est complexe. Aussi ajoutais-je :

« Toutefois, quand on voit le flot de produits que certaines industries versent sur le marché, on est tenté de croire que ces industries approchent de leur point de saturation, pour un temps du moins. Je lis, dans un rapport sur l'exposition de Chicago, qu'il est sorti des ateliers américains 972 375 douzaines de chapeaux de feutre prêts à être portés et 74 006 douzaines de chapeaux de feutre à finir (chapeaux pour femmes), soit 12 millions et demi de chapeaux de feutre, auxquels s'ajoutent les chapeaux de soie, les chapeaux de paille dont la consommation est considérable et une partie des chapeaux de femmes, pour coiffer une population qui était, en 1893, d'environ 63 millions de personnes. Je lis, dans l'*Industrial Evolution* de M. Carroll D. Wright, que l'on a fabriqué, en 1890, 179 millions et demi de paires de chaussures, soit à peu près trois paires par habitant. Il suffit d'un nombre restreint d'ouvriers (3 592 pour les chapeaux de laine en 1890, et 194 000 pour toute la chaussure) pour coiffer et chausser toute la population. Il y a certainement des industries dans lesquelles le progrès de fabrication économisant la main-d'œuvre dépasse celui de la fabrication. C'est peut-être ce qui se produira dans le tissage avec le métier Northrop. Lors même que le nombre des ouvriers se maintient avec un outillage perfectionné, grâce à l'augmentation de la clientèle, le progrès de la demande de travail est incontestablement ralenti par le perfectionnement de l'outillage, et l'ouvrier américain voit avec inquiétude l'immigration, qui remplit les ateliers plus vite que la natalité, disputer à sa famille le bénéfice de l'accroissement de la demande.

« Quand il y a engorgement de produits, la marchandise qui attend ne cause qu'une perte d'intérêt, tandis que l'ouvrier sans travail est exposé à mourir de faim; la différence est grande. L'inquiétude ouvrière se comprend; la science doit fixer son attention sur l'étude du problème et la philosophie s'appliquer à adoucir les souffrances de la transformation.

« L'ouvrier américain a autrefois, comme l'ouvrier européen, brisé des

(1) Depuis un an il s'est produit sur le marché du fer un changement en sens inverse résultant d'une demande plus intense encore; mais cette hausse sera suivie dans quelques années d'une baisse.

(2) *L'Ouvrier américain*, t. I, p. 129.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

machines. Il a aujourd'hui, j'espère, trop d'expérience pour recourir à un tel procédé; mais il en cherche d'autres pour accroître ou sauvegarder son bien-être (1). »

En résumé, *la machine et les autres procédés scientifiques qui, augmentant la productivité du travail, procurent abondance et bon marché, accroissent en général la demande de bras*, soit sur place dans les anciennes industries qu'ils transforment, soit à côté dans les nouvelles industries qu'ils suscitent.

La transition peut être pénible pour les ouvriers quand elle les laisse sans travail ou qu'elle déplace la production. Toutefois, il faut remarquer que, quand une fabrique vient à se fermer par suite de l'impossibilité de retenir sa clientèle, il est plus difficile encore au capital fixe de se déplacer qu'à l'ouvrier.

XIII

LE TRAVAIL DES FEMMES ET DES ENFANTS

Quand la machine ne supprime pas la main-d'œuvre, elle remplace, dit-on, l'homme par la femme ou par l'enfant parce que le besoin de force et d'habileté est beaucoup moindre que pour le travail à la main, et que l'entrepreneur trouve de l'économie à ce changement. On lui reproche d'avoir ainsi assujetti à un travail excessif en fabrique des êtres faibles et d'avoir désorganisé la famille. La statistique industrielle montre que le grief n'est pas tout à fait dénué de fondement; mais, toutefois, il faut regarder de près les chiffres qu'elle a recueillis.

Avant l'existence de la manufacture, laquelle ne date en France que du XVII^e^ siècle, les femmes avaient peu d'occupations dans les ateliers (2). Colbert, qui déplorait leur oisiveté à la campagne, s'efforça d'y créer des industries, telles que le tricot et la dentelle, pour les utiliser. Ses efforts ne furent pas partout accueillis favorablement par les intéressées, soit qu'elles eussent de la répugnance pour le travail industriel, soit qu'elles se refusassent, comme les dentellières d'Alençon, à renoncer au travail à domicile et à aller travailler en fabrique. Cependant, dans les manufactures royales de tissus qui furent fondées à cette époque, on paraît avoir employé beaucoup d'ouvrières. Dans la fabrique des van Robais à Abbeville, par exemple, je trouve, au XVII^e^ siècle, sur un total de 1 692 personnes travaillant dans les trois ateliers de l'établissement, environ un millier de femmes.

(1) *L'Ouvrier américain*, p. 120.

(2) Cependant dans le haut moyen âge, sous les Mérovingiens et les Carlovingiens, on voit que le tissage était une industrie à peu près exclusivement pratiquée par les femmes, 125 repasseuses, bobineuses, gratteuses, repriseuses, 822 fileuses au rouet, etc. Voir *Histoire des classes ouvrières avant 1789*, par E. Levasseur, t. II, p. 511.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Néanmoins, c'est bien avec la multiplication des manufactures et celle des machines, deux termes corrélatifs, que se sont multipliés les emplois pour les femmes et pour les enfants dans les manufactures.

« Quand le capital s'empara de la machine, dit avec emphase Karl Marx, son cri fut : Du travail de femmes, du travail d'enfants! Ce moyen puissant de diminuer les labeurs de l'homme se changea aussitôt en moyen d'augmenter le nombre des salariés; il courba tous les membres de la famille, sans distinction d'âge et de sexe, sous le bâton du capital (1)... »

Quelques lignes plus bas, il affirme ce que nous savons être une erreur, ou tout au moins la généralisation indue de cas particuliers : « La force du travail était déterminée par les frais d'entretien de l'ouvrier et de sa famille. En jetant la famille sur le marché, en distribuant ainsi sur plusieurs forces la valeur d'une seule, la machine la déprécie. » A cette apparente rigueur de raisonnement s'oppose la réalité : le salaire de l'homme en moyenne, au lieu de diminuer, a augmenté, et le salaire de la femme, qui est d'ordinaire un peu plus de la moitié du salaire de l'homme, est venu grossir, ainsi que celui de l'enfant, le budget de la famille.

Nous ne voulons pas faire entendre par là que le salaire de la femme ait toujours été et soit partout aujourd'hui satisfaisant. Mais nous pouvons certifier que le travail de la manufacture est souvent plus lucratif que le travail à domicile et que le supplément de revenu qu'il procure n'est pas indifférent pour le bien-être de la classe ouvrière.

Assurément, dans le premier tiers et même dans la première moitié du XIX^e^ siècle, la condition de la femme et celle de l'enfant dans les manufactures ont été très critiquables : les plaintes des philanthropes, auxquels se sont joints celles d'économistes, ont modifié sous ce rapport les mœurs des industriels et ont déterminé le vote de lois protectrices des mineurs et des femmes. Les premières lois de ce genre, en Angleterre, remontent au commencement du siècle (1802). En France, la première loi sur le travail des enfants dans les manufactures est du 21 mars 1841, loi qui, d'ailleurs, n'a été que très imparfaitement appliquée jusqu'au jour où elle a été complétée par la loi du 19 mai 1874.

Dans la seconde moitié du XIX^e^ siècle, la situation s'est notablement améliorée. pour les femmes, et on n'a pas vu le sexe féminin éliminer de la manufacture le sexe masculin. Je prends comme exemple les États-Unis et l'Empire allemand.

Aux États-Unis, le census de 1850 avait enregistré 1 femme contre 3,3 hommes employés comme patron, contremaître, employé, ouvrier, dans l'industrie; celui de 1860, 1 femme contre 3,7 hommes; celui de 1870, 1 femme contre 4,9 hommes; celle de 1880, 1 contre 3,8; celui de 1890, 1 contre 4,4 : d'où l'on

(1) *Le Capital*, chap. XV, p. 171.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

peut conclure, qu'en général, la proportion n'a pas augmenté dans ce pays. Toutefois, le nombre absolu des femmes a beaucoup augmenté (225 922 femmes et 731 137 hommes en 1850; 846 614 femmes et 3 745 123 hommes en 1890).

Il y avait, en outre, en 1890, 120 885 enfants de l'un et de l'autre sexe au-dessous de 16 ans travaillant dans les manufactures.

Il est vrai que la proportion des deux sexes varie d'ailleurs, suivant la région et suivant la profession. Au Massachusetts, où l'industrie textile et la cordonnerie sont très importantes, le nombre des femmes paraît avoir augmenté non seulement en nombre absolu, mais en proportion du nombre des hommes (1). Le nombre, absolu ou relatif, des femmes est très faible dans les industries du fer et du bâtiment, qui exigent un déploiement de force musculaire; il est au contraire supérieur à celui des hommes dans l'industrie du coton et dans la plupart des industries du vêtement (2).

En Allemagne, la grande enquête du 14 juin 1895 a constaté que, dans les professions industrielles (y compris les mines et forges) le nombre des ouvriers employés était de 3 022 554 en 1882 et de 4 626 714 en 1895; celui des ouvrières, de 583 850 et de 1 044 962; l'augmentation est donc de 1 603 160, soit 53,1 p. 100 pour les hommes et de 46,112, soit 79 p. 100 pour les femmes (3). Il est entré 1 femme contre 3 et demi hommes dans les ateliers durant cette période de treize ans.

Dans un groupement différent, cette enquête constate, qu'en 1895, il y avait, dans l'industrie, 5 205 760 ouvriers et 1 268 967 ouvrières de tout âge (4) : 19,6 p. 100 de l'effectif total, et que, dans la petite industrie (ateliers n'occupant pas plus de 5 personnes), la proposition n'était que de 9,8 p. 100, tandis qu'elle montait à 19,9 dans les industries occupant plus de 20 personnes. La proportion des femmes se trouve d'ailleurs être notablement moindre dans l'industrie que dans l'agriculture et le commerce, qu'il s'agisse des entreprises petites, moyennes ou grandes. Le tabac, la chaussure, la filature et le tissage sont les industries qui emploient le plus de femmes et sont aussi celles qui, après les industries purement féminines, emploient le plus d'ouvrières proportionnellement au nombre des ouvriers (5). Le nombre des femmes mariées a augmenté : 81 233 en 1875, 134 917 en 1895. D'après les rapports des inspecteurs, le nombre total des ouvrières de fabrique se serait élevé de 9 068 en 1892 à 822 462 en 1898 (6).

J'ajoute que quelques autres États ont procédé, comme l'Empire allemand, à

(1) Il est vrai que le statisticien a compris les domestiques dans son total.

(2) Voir le détail dans *L'Ouvrier américain*, p. 390 et suiv.

(3) *Berufs- und Geverbezahlung im Deutschen Reich*, t. 119, p. 63. *Allgemeines Statist. Archiv*, p. 648.

(4) Le sexe féminin se composant de 1 141 169 adultes et 127 798 filles mineures.

(5) Voir *Berufs- und Gewerbezählung im Deutschen Reich*, t. 119, p. 80 et suiv.

(6) Article de M. G. von Maur dans *Allg. Stat. Archiv*, p. 688.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des dénombrements spéciaux de leur population industrielle. La Belgique, en 1880, a trouvé 374 476 ouvriers et 54 279 ouvrières, soit 12,6 p. 100. La Suisse, en 1895, a trouvé 119 204 ouvriers et 80 995 ouvrières, soit 40,5 p. 100. La Hongrie, en 1890, a trouvé 676 889 hommes et 42 114 femmes, soit 5,8 p. 100. La Suède, en 1897, a trouvé 177 964 ouvriers et 42 238 ouvrières, soit 19,2 p. 100. C'est l'industrie textile qui emploie relativement le plus de femmes; en Suisse et en Suède, elles y sont en majorité. Ces proportions, qui sont très diverses, de (5,8 à 40,5 p. 100) ne nous paraissent pas alarmantes. Elles dépendent non seulement de la machine, mais de la nature des industries, des mœurs de la population, du degré de bien-être des familles ouvrières.

En général, quand le salaire du mari est élevé, la femme reste plus volontiers dans son ménage que lorsque l'exiguïté du salaire l'oblige à fournir sa quote-part du budget de la famille (1).

(1) Une enquête comparative a été faite en Amérique et en Europe par le commissaire du travail des États-Unis, M. Carrol D. Wright (le principal enquêteur en Europe a été M. le Dr E.-R.-L. Gould) et publiée en deux volumes en 1892 (*Seventh annual Report of the Commissioner of Labor. Cost of production : the Textiles and Glass*). De cette enquête j'extrais le nombre de membres de la famille, hommes, femmes et enfants employés dans les industries du coton, de la laine et de la verrerie, avec le revenu (en dollars) provenant de chacune de ces trois sources.

	NOMBRE TOTAL des familles.	FAMILLES OUVRIÈRES TIRANT UN REVENU DU TRAVAIL			REVENU DE LA FAMILLE PROVENANT DU TRAVAIL		
		du mari.	de la femme.	des enfants.	du mari.	de la femme.	des enfants.
		Dollars.	Dollars.	Dollars.	Dollars.	Dollars.	Dollars.
Industrie du coton (p. 1726 de l'enquête).							
États-Unis.	3132	1934	332	1081	400	182	390
France.	116	99	45	41	273	140	208
Empire allemand .	72	70	9	35	183	103	188
Grande-Bretagne. .	341	340	45	147	383	107	307
Suisse.	52	45	26	25	199	106	220
Industrie de la laine (p. 1716 de l'enquête).							
États-Unis.	911	867	82	260	498	219	404
France.	179	174	40	84	263	89	293
Empire allemand .	24	22	12	4	190	75	186
Angleterre.	117	116	13	63	323	147	236
Écosse.	14	14	»	12	292	»	432
Industrie de la verrerie (page 1677 de l'enquête).							
États-Unis.	1276	1271	27	223	778	134	283
Belgique.	24	24	»	10	478	»	278
Angleterre.	26	26	»	5	425	»	399

Relativement aux pays d'Europe, les éléments de cette enquête sont trop peu nombreux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ceux qui trouvent, qu'en France, il serait désirable que les femmes fréquentassent moins dans les grandes manufactures gagneront à étudier de près les faits ; ils comprendront que la grande industrie et la mécanique gagnant du terrain, il se produit un entraînement presque fatal des femmes vers ces manufactures, que cet entraînement amène une conséquence heureuse : celle d'un revenu plus fort pour la famille, que pour réagir contre cet entraînement, s'il est désirable de réagir, ce n'est pas par l'interdiction des ateliers aux femmes, — ce qui amoindrirait les ressources de la classe ouvrière, — qu'il faut le tenter, c'est par l'activité et la productivité du travail qui accroît le salaire des hommes.

Consultons la statistique française. Jusqu'ici, elle n'est pas aussi détaillée que celle des États-Unis et de l'Empire allemand, les résultats du dénombrement des professions de 1896 n'étant pas encore complètement publics (1). Elle nous fournit cependant, par les recensements antérieurs à 1896, quelques données pour une comparaison sommaire des ouvriers et des ouvrières employées dans l'industrie ; le premier et le dernier dénombrement où nous trouvons ces chiffres sont ceux de 1866 et de 1891 ; dans l'un et l'autre, le rapport est également de 1 femme contre 1.9 ouvriers (2). Donc, il n'y a pas en France, non plus qu'en Amérique, subtitution d'un sexe à l'autre.

et probablement trop divers pour autoriser à en tirer une loi générale. Leur ensemble pour les États-Unis et l'Europe montre cependant clairement : 1° que les femmes vont en général moins travailler dans les ateliers aux États-Unis et en Grande-Bretagne, où les salaires sont plus élevés, que sur le continent européen ; 2° que la même différence ne se produit pas pour les enfants (voir quelques-unes des raisons de cet état de choses dans *L'Ouvrier américain* t. I, p. 198) ; 3° que la proportion des femmes est en Europe, comme aux États-Unis, moins forte pour la laine que pour le coton, et beaucoup moins forte pour les verreries, différences qui sont dues partie à la nature des industries et partie au taux des salaires, comme le montre le revenu provenant du mari. Les différences apparaissent plus immédiatement quand on ramène à 100 le nombre des membres de la famille qui contribuent au revenu.

	COTON.			LAINE.			VERRERIE.		
	MARI.	FEMME.	ENFANTS.	MARI.	FEMME.	ENFANTS.	MARI.	FEMME.	ENFANTS.
États-Unis	57,8	9,9	32,3	71,7	6,7	21,6	83,6	1,7	14,7
France	53,5	24,3	22,2	58,3	13,4	28,3	»	»	»
Empire allemand	61,6	7,8	30,6	57,8	31,6	10,6	»	»	»
Belgique	»	»	»	»	»	»	70,6	»	29,4
Suisse	46,9	27,1	26	»	»	»	»	»	»
Grande-Bretagne. Angleterre.	63,9	8,5	27,6	60,4	6,8	32,8	83,9	»	16,1
Grande-Bretagne. Écosse.				53,8	»	46,2	»		»

(1) Au moment où nous mettons sous presse, il n'y a encore que deux volumes publiés, lesquels contiennent les renseignements relatifs à 42 départements.

(2) D'après les deux recensements, il y avait, en 1866, 1 927 660 ouvriers, et 1 010 493 ouvrièresdans l'industrie ; en 1891, il y avait 2 146 156 ouvriers et 1 173 061 ouvrières.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'enquête de l'Office du travail sur les *Salaires et la durée du travail* contient quelques renseignements plus précis. On y trouve que, dans les établissements industriels du département de la Seine, il y a 70 pour 100 d'ouvriers, 24 pour 100 d'ouvrières, 6 pour 100 d'enfants au-dessous de 16 ans (1); que, dans les autres départements, les femmes et enfants sont occupés dans une proportion un peu supérieure à celle qui a été constatée pour Paris : 37 pour 100 d'ouvriers dans les fabriques de caoutchouc, 44 pour 100 dans les papeteries, 38 pour 100 dans les imprimeries.

« On compte, en moyenne, plus de 50 pour 100 de femmes et d'enfants dans les industries textiles proprement dites; près de 20 pour 100 dans le moulinage et dans le tissage de la soie, dans la fabrication de la passementerie, des lacets et des rubans; 70 p. 100 environ dans la filature de lin, chanvre, jute et la bonneterie. C'est dans la teinture, le blanchiment et l'apprêt que l'on en compte le moins, 30 p. 100 environ (2). »

L'Office du travail se montre inquiet de cette tendance : « Par suite du grand nombre de femmes qui recherchent du travail industriel, le salaire des femmes est encore souvent au-dessous de la valeur qui correspondrait à cette rétribution normale du travail, et, dès lors, on ne voit malheureusement pas pourquoi le remplacement des hommes par les femmes, qui s'accentue grâce à la coopération des machines supprimant la nécessité de la force physique et l'application de l'intelligence à l'exercice du métier, subirait un arrêt dans son développement.

« C'est une invasion dont la gravité frappe depuis longtemps tous les esprits et que le libre jeu des intérêts privés peut difficilement arrêter (3). »

En somme, la proportion générale des femmes dans le total des ouvriers et ouvrières de toutes les industries organisées en manufactures ou usines ne paraît pas dépasser le tiers; proportion qui n'est pas excessive. Car la femme a droit comme l'homme de vivre, quand elle le peut, de son salaire ; c'est une condition de son indépendance si elle n'est pas mariée, et, si elle l'est, c'est souvent une nécessité pour équilibrer le budget de sa famille et apporter un peu plus de bien-être au foyer. Le philanthrope éclairé voit les dangers; mais il comprend que celui de la misère est plus redoutable que celui de l'atelier.

Les arguments que l'on invoque le plus contre le travail des femmes dans l'atelier sont le délaissement des soins du ménage par la femme mariée et les tentations auxquelles est exposée la moralité de la jeune fille. Ils sont fondés. Mais

(1) *Salaires et durée du travail*, t. I, p. 531. Les ouvrières travaillent aux pièces plus souvent que les ouvriers : 70 p. 100 ouvrières, 30 p. 100 ouvriers, p. 513.

Les ouvrières dans le département de la Seine sont presque payées moitié moins que les ouvriers : 3 francs en moyenne pour les ouvrières, 6 fr. 15 pour les ouvriers. *Ibid.*, p. 494.

(2) *Salaires et durée du travail*, t. II, p. 610.

(3) *Ibidem*, t. II, p. 644.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pour remédier à cet inconvénient ne causerait-on pas un mal plus grand si l'on privait femmes et filles d'un salaire qui les font vivre quand elles sont seules, qui accroît les ressources de la famille quand elles sont en ménage? La femme ne serait-elle pas plus dépendante si on lui retirait tout moyen de subsister par elle-même? Sans doute, il faut témoigner une sollicitude bienveillante aux femmes et aux enfants, prendre des mesures tutélaires pour les seconds et des mesures d'hygiène et de moralité pour les premières comme pour les seconds; mais il faut se garder de les affamer en voulant les préserver.

Voici comment je me suis exprimé au sujet du salaire des femmes dans *L'Ouvrier américain :*

« Le salaire des femmes est presque moitié de celui des hommes, en Amérique, comme en Europe. Le salaire des enfants au-dessous de 16 ans est inférieur à celui des femmes. La moindre force physique des femmes, leur condition dans la famille qui les fait vivre en grande partie du gain des hommes, la concurrence qu'elles se font dans les professions restreintes en nombre qui leur sont ouvertes sont les trois principales causes de cette différence. On rencontre dans les ateliers beaucoup moins de femmes mariées en Amérique qu'en Europe, ce qui est l'indice d'une situation meilleure.

« Le nombre des femmes employées dans l'industrie a diminué proportionnellement ; celui des enfants paraît avoir diminué davantage. Mais c'est une erreur de prétendre que le salaire gagné par les femmes n'est qu'un prélèvement sur le gain que feraient les hommes s'ils étaient seuls à travailler; c'est une illusion de croire que toutes pourraient vivre uniquement du salaire de leur mari ou de leur père, et une cruauté de les empêcher par la tyrannie des syndicats ou par les réglementations de la loi d'en obtenir un par elles-mêmes. Il faut laisser les femmes majeures décider par leur propre volonté de ce qui, à cet égard, convient le mieux à leur bien-être. Je ne pense pas que, dans la prochaine génération, on les voie renoncer plus qu'aujourd'hui à l'appât du salaire, je suis même porté à croire que les transformations des procédés industriels contribueront à multiplier les emplois lucratifs pour les femmes, dans la manufacture comme dans les bureaux (1). »

Donc il est vrai que *la machine facilite l'introduction de la femme et de l'enfant dans certaines industries;* mais, tant que les salaires du mari ne sont pas suffisants pour une famille, il ne faut pas amoindrir les ressources de la classe ouvrière par exclusion systématique de quiconque n'est pas homme.

(1) *L'Ouvrier américain*, t. II, p. 419.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

XIV

LA MACHINE AGRAVE-T-ELLE LE CHÔMAGE ?

On a souvent accusé les machines d'aggraver le chômage. Il y a quelques années un député, ancien ouvrier, disait à la Chambre des députés : « Il y a trente ans, avant que la machine ne fît son apparition, le chômage était bien moindre qu'aujourd'hui. Donc le machinisme est une des causes principales du chômage (1). » Cette accusation ne provient-elle pas encore d'une illusion produite par l'apparence des choses ? Quand le travail manque dans la petite industrie à domicile, ceux qui souffrent du chômage restent d'ordinaire isolés chez eux et cherchent à employer autrement leur temps : c'est ainsi qu'ont longtemps souffert les tisserands de la Flandre. Quand de grandes manufactures s'arrêtent, le vide des ateliers d'une part et, d'autre part, le spectacle des ouvriers désœuvrés et parfois affamés impressionnent beaucoup plus.

Il convient d'examiner la question par delà les apparences.

Pour l'examiner scientifiquement, il faut écarter les chômages réguliers, qui sont des mortes-saisons connues d'avance des patrons et des ouvriers, et les chômages volontaires qui sont produits par la grève.

Contre les premiers les ouvriers ont dû se prémunir et la plupart, quand les mortes-saisons sont de longue durée, exercent deux professions. L'enquête de l'Office du travail sur les salaires nous montre des variations considérables dans la beurrerie, la fromagerie, les conserves alimentaires où le travail, très actif de mai à octobre, est presque arrêté pendant la saison froide ; dans la sucrerie et la féculerie, qui, au contraire, fonctionnent de septembre ou octobre à février ou mars et cessent de travailler en été (2).

La grève est un chômage dont l'ouvrier prend l'initiative et a la responsabilité. On n'en pourrait pas dire autant du « lockout » dont la responsabilité incombe au patron. Mais toutes deux appartiennent à la question des discordes intestines qui ne sont pas aujourd'hui de mon sujet.

Quand sévit une crise industrielle, la masse d'ouvriers sans travail émeut l'opinion publique qui est portée à exagérer l'étendue du mal. J'en ai cité des exemples dans *L'Ouvrier américain*. La proportion d'ailleurs est très variable.

Le census particulier du Massachusetts en 1885 avait établi que la proportion du chômage (toutes professions réunies) était de un mois sur dix, que le chômage n'atteignait que les 3/10 des ouvriers et que les 4/5 des chômeurs n'étaient pas privés de travail pendant plus de trois mois. Dans l'industrie manufacturière les

(1) Séance du 21 janvier 1896.
(2) Voir *Salaires...*, t. II, p. 572.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

forgerons étaient au nombre des plus favorisés; les maçons et les bijoutiers, au nombre des plus atteints. D'une suite de documents recueillis et publiés chaque année, le chef du Bureau de statistique de cet État a trouvé qu'en 1891, année de grande activité industrielle, il y avait seulement 1,9 p. 100 d'ouvriers en chômage et qu'au contraire, en 1893, année qui s'est terminée par une crise intense, la proportion s'était élevée de 2,9 p. 100 en juin jusqu'à 22,3 en septembre, et que dans certaines industries elle avait dépassé 50 p. 100 (1).

Le census américain de 1890 a fait un relevé des ouvriers qui ont chômé du 1er juin 1889 au 1er juin 1890. Il en a trouvé 16 p. 100 dans la population mâle des salariés (agriculture et industrie) au-dessus de 10 ans et 13 p. 100 dans la population féminine. La moitié avait chômé de un à trois mois; l'autre moitié de trois à six mois et rarement au delà. Dans l'industrie, la proportion était plus forte (22 p. 100) que dans l'agriculture; mais, en définitive, elle ne faisait pour l'ensemble des salariés de l'industrie que 5 journées et demie perdues sur 100 journées de travail normal.

En Suisse, dans le canton de Saint-Gall, les comptes d'une caisse obligatoire d'assurance contre le chômage, qu'un vote populaire a supprimée en novembre 1896, ont établi qu'il y avait eu 10 ouvriers en chômage sur 100 inscrits. En Angleterre, les statistiques du *Labour Department* ne portent pas aussi haut le taux dont les variations ont été entre 1,7 p. 100 en juillet 1889 et 10,3 en janvier 1887, et dont la moyenne générale a été de 4,5 p. 100 (2). Suivant les années, cette moyenne a varié, de 1887 à 1894, de 2 à 8,2 p. 100.

Un relevé fait dans l'Empire allemand en 1895 donne comme moyenne du chômage général (agriculture, forêts, industrie, commerce) 1,8 p. 100 en juin et 4.8 en décembre. Les métiers à la main figurent à raison de 3,5 en juin et de 4,2 en décembre, tandis que des industries qui sont essentiellement mécaniques et les mines figurent pour 1,5 et 2 : les textiles, pour 1,6 et 1,9 (3).

Pour la France, l'Office du travail, dans une *Note sur la statistique du chômage* publiée en 1894, avait indiqué comme moyenne approximative de la durée du chômage 10 p. 100, dont 3 1/2 pour la morte-saison (chômage forcé

(1) Pour l'année 1894-95, le dixième rapport annuel du Bureau du travail du Rhode Island donne au chômage de 4,8 à 7,3 p. 100. Dans l'État de New York, en 1897 et 1898, d'après les syndicats ouvriers le nombre des ouvriers qui ont chômé pendant toute la durée d'un trimestre a varié de 5,7 p. 100 dans le troisième trimestre de 1898, à 24,8 dans le premier trimestre de 1897; mais, pendant le trimestre d'hiver, le froid arrête le travail dans les industries du bâtiment. *Sixteenth annual Report of the Bureau of Labor Statisties, New York*, p. 26.

(2) *Third annual Report of the Labour Department of the Board of Trade*, 1895-96.

(3) Le relevé se trouve dans le 2e supplément du *Handwörterbuch der Staatswissenschaften* de Conrad, p. 112. Dans l'agriculture le chômage est très faible en juin (0,7 p. 100) et est plus fort en décembre (3,6). Le bâtiment chôme l'hiver : 2,9 en juin et 15,6 en décembre. Le vêtement qui se fait en partie à la main et qui est soumis à la mode a donné 3,1 et 5,4 p. 100.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

normal), 3 pour grèves, accidents, crises, etc., 2 1/2 pour maladies et 1 pour causes personnelles (1).

Depuis ce temps, l'Office du travail a calculé approximativement, d'après les données qu'il avait recueillies pour le département de la Seine, que pour 100 places il se trouvait en moyenne 116 ouvriers dont 70 étaient stables, faisant chacun 295 journées, et 46 étaient instables travaillant seulement pendant 180 journées (2); et d'après les documents recueillis dans les autres départements, que les proportions étaient à peu près les mêmes et que le nombre moyen des journées de travail semblait devoir être compris entre 218 et 290 (3). En réunissant ces deux moyennes, l'Office du travail est arrivé à une moyenne générale de 116 ouvriers pour 100 places, dont 79 stables et 37 instables (4).

En province, l'instabilité s'est trouvée être au-dessous de la moyenne dans dix groupes d'industries, mines de charbon, caoutchouc et papier, industries du livre, cuirs et peaux, industries textiles, autres industries des étoffes, ébénisterie et tabletterie, métallurgie, taille et polissage des pierres, travail des terres et pierres au feu (5). Ces dix groupes qui forment la moitié du total des groupes et qui occupent plus de la moitié des ouvriers (184 000 sur 303 000) ne sont pas ceux assurément qui emploient le moins de machines. On ne peut certes pas s'appuyer sur cette statistique pour accuser la machine d'aggraver le chômage (6).

La même enquête donne aussi la variation de l'effectif suivant l'importance de l'établissement. Or elle a constaté que cette variation est, durant le cours de l'année, de 33 p. 100 dans les établissements qui ont moins de 25 ouvriers, de 34 dans ceux qui en ont de 25 à 99, de 18 dans ceux qui en ont de 100 à 499, de 12 dans ceux qui en ont de 500 à 999, de 10 dans ceux qui en ont plus de 1 000 (7). De ceci il ressort clairement que les grands établissements sont dans la catégorie de ceux où l'on chôme le moins. Or nous savons que l'importance de l'outillage mécanique est ordinairement proportionnelle à la grandeur de l'établissement.

(1) *Bulletin de l'Office du travail*, 1894. La *Note sur la statistique du chômage*, publiée ensuite en 1895, porte la moyenne calculée d'après les réponses des syndicats entre 11 et 12 p. 100 et propose 10 comme moyenne générale.

(2) *Salaires...*, t. Ier, p. 487.

(3) *Ibid.*, t. IV, p. 133.

(4) *Ibid.*, t. IV, p. 134.

(5) *Ibid.*, t. IV, p. 135.

(6) Ces groupes ne sont pas précisément les mêmes que ceux dans lesquels le nombre moyen de journées de travail dans l'année par unité d'effectif ait été trouvé le plus fort. La moyenne étant 290 jours, les premiers rangs appartiennent aux industries chimiques (327 jours), à la distribution d'éclairage électrique (318 jours), à la fabrication du papier, du caoutchouc (317 jours), à l'industrie du livre (307 jours), à la taille des pierres (306 jours), à la construction mécanique (301 jours). Ce sont encore des industries dans lesquelles la machine joue un grand rôle. *Ibid.*, t. IV, p. 38.

(7) *Ibid.*, t. IV, p. 38.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les 290 jours de travail que l'Office du travail donne comme moyenne probable sont supérieurs à la moyenne que l'on trouve dans les siècles passés, « avant que la machine fît son apparition ». Dans l'ancien calendrier, les jours fériés dépassaient 100; quand Colbert voulut les réduire, le clergé réclama. La Fontaine s'en plaint dans la fable *le Savetier et le Financier*. Un auteur très compétent, M. le vicomte d'Avenel, estime que le nombre des jours de travail sous l'ancien régime était de 250.

La statistique ne montre donc nullement que le chômage soit une fonction de la machine. Il semble même que *les faits relevés par elle marquent le contraire*.

Le raisonnement vient à l'appui de la statistique; car il est bien évident que le petit patron, dont presque tous les frais consistent en matières premières et en salaires, arrêtera, quand les commandes lui font défaut, sa production plus tôt que le grand manufacturier qui craint de perdre l'intérêt d'un très coûteux outillage et, en outre, de le voir se détériorer dans l'inaction. Karl Marx donne, sans le vouloir, une preuve de la différence des situations lorsqu'il rappelle qu'un grand cotonnier de l'Angleterre, M. Ashworth, disait : « Si un laboureur dépose sa pioche, il rend inutile pour tout le temps un capital de 12 pence. Quand un de nos hommes abandonne la fabrique, il rend inutile un capital qui a coûté 100 000 £ (1). »

XIV

CONCLUSIONS

Je vous demande, avant de terminer, la permission de vous soumettre quelques réflexions que m'inspirent les faits que je viens d'exposer. Le sujet que je me proposais de traiter, comme je vous l'ai dit, n'embrassait pas la question économique des machines tout entière, laquelle est complexe et beaucoup plus vaste. J'ai voulu me maintenir à peu près dans le cadre qu'avait adopté le Commissaire du travail des États-Unis, c'est-à-dire dans la question de l'influence de la machine sur la main-d'œuvre et spécialement sur le nombre des collaborateurs, sur la durée du temps et la somme d'argent dépensés en main-d'œuvre. Les quelques exemples français que j'ai ajoutés à l'enquête américaine en ont confirmé les trois conclusions suivantes :

1° Avec la machine il faut plus d'ouvriers collaborant à la même œuvre parce que la division du travail est plus grande;

2° Mais il faut en général beaucoup moins de temps parce que la machine accroît considérablement la puissance productive de l'homme;

(1) K. Marx, *le Capital*, p. 175.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

3° Et il y a moins d'argent à payer en salaires.

Rapidité, abondance, économie : voilà le triple résultat que nous avons constaté, tout d'abord.

Poussant un peu plus avant dans les rapports du salaire et de la machine, nous avons constaté :

1° Que le taux général des salaires a augmenté, malgré certaines exceptions, simultanément avec la force mécanique, et que c'est particulièrement dans les industries transformées par la machine que l'augmentation s'est fait sentir;

2° Que la machine a diminué la fatigue physique du travailleur et que, bien que le travail soit souvent moins varié à la machine qu'à la main, elle exige souvent plus d'intelligence;

3° Que, si la machine remplace l'ouvrier, elle sollicite la consommation par l'abondance ou la nouveauté des produits, et amène par suite une demande plus grande de bras : ce qui est rendu évident par le nombre des ouvriers, lequel, sous le régime actuel de la machine, est beaucoup plus considérable qu'il n'était dans le passé;

4° Que la machine, en procurant un salaire aux femmes et aux enfants, est loin d'être l'ennemie du bien-être de la famille; mais, qu'en cette matière, il y a eu des abus contre lesquels la loi et plus encore le progrès des mœurs doivent protéger les mineurs;

5° Que la machine, qui a pour corollaire la grande industrie, a rendu parfois le chômage plus apparent, mais ne l'a pas aggravé et semble, au contraire, dans beaucoup de cas, en avoir réduit la durée.

Des perfectionnements de la machine et de la distribution de la force motrice pourront peut-être quelque jour faciliter le travail mécanique à domicile et contribuer à maintenir certaines industries domestiques. Il y a des philanthropes qui l'espèrent et je suis de ceux qui le désirent. Mais j'ai peine à croire que ces facilités contre-balancent les avantages de discipline et d'économie des grands ateliers et, en tous cas, ce n'est pas dans cette direction que s'accomplit jusqu'ici la transformation industrielle. Il est vrai que les moteurs électriques n'en sont encore qu'à leurs débuts.

Peut-être des groupes d'ouvriers, devenus capables non seulement d'exécuter la fabrication, mais aussi de conduire l'opération commerciale, — ce qui est plus difficile, — parviendront-ils à supprimer le conflit entre l'outillage et la main-d'œuvre, en devenant eux-mêmes propriétaires collectifs de leurs instruments de travail. On en voit dès maintenant des exemples; toutefois, la société coopérative de production est encore une rare exception et elle semble, pour notre génération tout au moins, destinée à rester l'exception.

C'est le salariat qui est et qui demeurera longtemps, probablement même toujours, la règle générale. Ce salariat est un contrat d'échange de travail contre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de l'argent, contrat qui est aussi légitime et qui n'est pas plus asservissant que le contrat de vente d'une marchandise contre de la monnaie. Que le salarié soit obligé d'obéir aux ordres de travail que le salariant lui donne, cela dérive du contrat même et n'a rien de plus humiliant que l'obligation pour l'industriel de livrer à époque fixe le produit qu'il s'est engagé à fournir. Si les ouvriers ont été tenus, durant les temps passés, dans une situation inférieure qui les empêchait de défendre librement leurs intérêts et qui affectait le taux des salaires, la faute était imputable non au contrat de salaire, mais à l'état social. La situation est tout à fait changée, et elle changera encore, dans la grande industrie surtout, à mesure que les ouvriers, au moyen du syndicat ou d'autres combinaisons, sauront mieux organiser l'offre du travail et, particulièrement en France, lorsqu'ils auront appris à ne pas mêler les questions économiques de leur métier à des questions de politique générale. La politique, qui est nécessaire pour la vie des nations et qui peut servir excellemment le progrès économique et moral quand elle est bien faite, comme elle peut le desservir quand elle est mal faite, est hors de son rôle dans les questions de salaire et elle devient d'ordinaire corruptrice quand elle envahit des domaines qui ne sont pas le sien.

Les intérêts des salariants et ceux des salariés sont concordants quand il s'agit de produire; ils deviennent discordants quand il s'agit de partager. Mais, comme la machine est un instrument de production, il devrait y avoir relativement à son emploi et à son perfectionnement un accord unanime. Le débat ne devrait commencer que relativement aux taux du salaire et aux conditions du salariat. Il n'appartient pas à la science de déterminer par la logique ce taux et ces conditions, et il appartient moins encore au gouvernement d'imposer les conditions qu'il plairait à une majorité de juger avantageuses à l'une des deux parties. C'est une affaire à régler, comme toute vente ou échange, entre les intéressés, salariants et salariés. Le rôle des économistes se borne à recommander, suivant les tendances de chacun, le travail aux pièces, l'échelle mobile des salaires graduée d'après le prix de vente du produit, diverses formes de sursalaire et de prime, la participation aux bénéfices, le patronage, la formation de syndicats patronaux et de syndicats ouvriers ou même de syndicats mixtes; aucune de ces formes n'est incompatible avec la liberté, et ne doit être proscrite. La liberté fera à chacune, selon l'espèce, le temps et le lieu, la place qui lui convient.

Dans un pays où la liberté serait comprise et pratiquée, on n'aurait pas vu, dans un temps, condamner des ouvriers pour avoir tenté d'améliorer leur salaire par la coalition et on ne verrait pas, dans un autre temps, des pouvoirs publics encourager et soudoyer des grèves.

Quelle que soit la forme prédominante dans les relations de salarié à salariant, il importe que l'un et l'autre sache que la partie dépend du tout, c'est-à-dire qu'une industrie languissante ne peut donner que de faibles salaires et de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

minces profits, que c'est la productivité qu'il importe d'abord d'augmenter pour accroître d'une manière permanente les premiers et les seconds, et que le développement incessant de la machine est aujourd'hui une des conditions indispensables de l'accroissement de la productivité et de la résistance à la concurrence.

La machine, ou, en prenant un terme plus compréhensif, l'outillage scientifique, qu'il appartienne à la mécanique, à la physique ou à la chimie, est une conquête de l'intelligence humaine qui utilise les forces de la nature pour une production de richesse meilleure, plus abondante en général et plus économique. Comme je le dis dans mon *Précis d'économie politique*, elle se propose d'abord ; elle s'impose ensuite parce que, si les premiers ont eu intérêt à employer l'outil perfectionné en vue d'attirer la clientèle, bientôt tous, poussés par la concurrence, sont obligés de l'adopter pour ne pas perdre toute clientèle. La machine est une des conditions du progrès industriel. Récriminer contre elle à la fin du XIX^e^ siècle serait un anachronisme. Vouloir lui fixer une limite en lui disant : « Tu n'iras pas au delà », serait une puérilité ; car, si l'on peut affirmer qu'elle a commencé avec le premier instrument dont l'homme primitif a armé sa main, on ne saurait, sachant quelles découvertes notre siècle a faites, s'imaginer que la puissance d'invention soit près de s'épuiser.

Il faut, non pas se résigner à la machine, mais rechercher la machine et incessamment la machine la plus perfectionnée. Il faut le faire résolument : ce qui ne signifie pas aveuglément. L'adoption d'une machine nouvelle dépend en effet de plusieurs considérations dont j'ai dit quelques mots : le capital à employer, le sacrifice de l'ancien outillage, le capital à dépenser pour installer le nouveau, le taux du salaire qui influe beaucoup sur le résultat du calcul d'économie, le débouché de l'excédent de production. C'est en pesant ces motifs que les fabricants doivent chercher et appliquer, dans la mesure du possible, la machine la mieux appropriée à l'état de leur marché et, autant que possible, la plus perfectionnée, sous peine de voir leur pays déchoir de son rang dans l'échelle économique des nations industrielles et commerçantes.

Donc, pour résumer en un conseil le fond essentiel de cette conférence, je dirai aux entrepreneurs : « La machine est un puissant générateur de richesse, quand on l'emploie à propos. Ingénieurs, vous avez à calculer cet à-propos, et sachez en profiter. » Aux ouvriers : « La machine est un libérateur. Sachez apprécier le lourd labeur qu'elle vous épargne et l'accroissement du bien-être qu'elle vous procure. »

Les États-Unis, dont l'enquête a été la raison de la conférence, sont un grand exemple de l'emploi intelligent de la machine. Nulle part, la machine n'est plus universellement employée ni plus rapidement renouvelée par d'incessants perfectionnements ; or, ce pays, dont la production est grevée de salaires plus élevés que partout ailleurs, et qui avait cru nécessaire de se couvrir contre la concurrence

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

étrangère par des droits de douane exorbitants, sort maintenant de chez lui, — sans que les protégés, il est vrai, renoncent pour cela au bénéfice de la protection — et va faire concurrence aux étrangers sur leur propre marché. Il y a quelques années, j'annonçais que l'Amérique ne tarderait pas à devenir une des grandes nations exportatrices du monde (1). Vous savez avec quel succès elle a commencé depuis deux ans : nous ne sommes qu'au début d'une ère nouvelle du commerce, comme de la politique extérieure, des États-Unis.

Il importe de méditer la leçon qu'ils nous donnent et de nous efforcer d'accommoder notre organisation du travail au régime de la machine. Je ne suis pas venu, assurément, vous apporter une révélation. Ici on n'ignore pas quel est le rôle de la machine dans l'industrie. Mais ailleurs, en France, on n'est pas encore assez pénétré de son importance pour marcher résolument en avant et pour dissiper les préjugés qui hantent encore l'esprit des ouvriers, secouer la timidité des fabricants et des capitalistes et écarter les obstacles.

Pour atteindre le but, ou du moins pour s'en rapprocher — car le but se déplace sans cesse — une des conditions premières est le capital. Il en faut beaucoup pour créer des établissements nouveaux munis du meilleur outillage ou pour améliorer l'outillage d'établissements anciens. Il faut savoir faire à temps le sacrifice d'une machine dépassée par d'autres machines, ce qui implique un abandon de capital et l'entrée en jeu d'un autre capital plus fort. Ces capitaux, qu'ils appartiennent à l'industriel ou qu'ils lui soient prêtés par un capitaliste en quête d'un placement, ne viendront que si l'opération inspire une confiance suffisante, c'est-à-dire si on croit tout d'abord à la machine, et, ensuite, à l'avenir de l'industrie et aux débouchés qu'elle s'ouvrira.

Là où manque l'esprit d'entreprise chez les particuliers, on n'a pas cette confiance, et l'essor est faible ; là où la sécurité générale est insuffisante par défaut de stabilité gouvernementale ou par crainte d'atteintes à la propriété et à la liberté du travail, l'essor est comprimé et les capitaux inquiets cherchent d'autres voies (2).

La concentration des entreprises industrielles, autrement dit la grande indus-

(1) *L'Ouvrier américain*, t. II, p. 469.

(2) En France, les placements connus de capitaux en titres de rente, actions ou obligations, ne sont pas, depuis quelques années ce qu'ils ont été jadis, et tout particulièrement les placements en titres de sociétés de crédit, de chemins de fer et de sociétés industrielles. Durant la période quadriennale 1896-1899, les émissions de capitaux de tout genre (d'après le journal *le Temps*, du 19 mars 1900, reproduisant une statistique du *Moniteur des intérêts matériels*) ont été de 4.4 millions en France, de 11.9 en Angleterre, de 0.9 en Belgique (chiffre incomplet pour la Belgique) et, sur ce total, les sociétés de crédit, de chemins de fer et de sociétés industrielles, figurent pour 2.3 millions en France, 10.2 en Angleterre, 7.4 en Allemagne, 0.7 en Belgique. Toutefois, il faut ajouter, qu'en France, l'année 1899 a été beaucoup plus active que les précédentes, sur les 2.3 millions, elle en a fourni 1.2.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

trie, est une conséquence du progrès de la machine, comme la concentration du commerce est une conséquence du progrès des moyens de communication. Les esprits timorés et les intérêts lésés s'unissent pour protester contre cette concentration; les socialistes ne la condamnent pas radicalement, comme ils font des capitalistes, parce qu'ils s'imaginent y voir le prélude de l'absorption des entreprises par l'État; les esprits absolus pronostiquent la disparition de la petite industrie. La petite industrie reculera et perdra certaines positions; mais elle ne disparaîtra pas. A cet égard, comme à bien d'autres, il faut laisser à l'intérêt privé le soin d'adopter peu à peu, en chaque lieu et pour chaque profession, les combinaisons les plus propres à plaire à la consommation en la servant bien. Mais il faut se garder d'effrayer le capital, l'entreprise et l'association, de menacer le premier d'expropriation avec ou sans indemnité, de dénoncer les gros profits comme une spoliation de la classe salariée.

L'extension du marché est aussi une condition vitale pour la fabrication mécanique qui, étant abondante, a besoin de larges débouchés pour écouler ses produits. Le marché intérieur n'est pas suffisant; s'il l'est aujourd'hui, il cessera de l'être demain quand la machine aura fait de nouveaux progrès; or, les barrières de douanes, lorsqu'elles sont trop hautes et trop rigides, risquent de devenir pour l'industrie nationale un lit de Procuste. Les tarifs de douane, objectera-t-on, ne gênent pas l'exportation. En apparence, non; mais, comme d'une part, ils renchérissent les matières importées et le coût de la vie et, que, d'autre part, ils provoquent les représailles dans les tarifs d'importation étrangers, ils font perdre des occasions d'exporter. La plupart des États ont surhaussé les barrières depuis vingt ans; mais la France doit avouer qu'elle est de ceux qui ont aujourd'hui le tarif le plus restrictif et un des grands États dont le commerce extérieur a le moins progressé depuis vingt ans. Elle songe à élargir ses débouchés coloniaux, et elle a raison; elle ne doit pas, pour cela, oublier que si c'est par centaines de millions que se chiffre son commerce avec ses possessions d'outre-mer, c'est par milliards que se compte son commerce avec les puissances étrangères.

En matière économique, chacun poursuit son intérêt personnel, et il le fait légitimement tant que, par cette poursuite, il ne froisse pas le droit d'autrui. L'entrepreneur cherche le plus grand profit; l'ouvrier cherche le plus fort salaire. Ils ont raison tous les deux; mais il arrive souvent qu'ils ne se comprennent ni l'un ni l'autre. Les gros profits n'empêchent pas les gros salaires; ils les facilitent même souvent; car, quand la production devient plus abondante pour un même effort, le partage entre les coopérateurs peut plus aisément être avantageux à tous deux. Dans la répartition de la valeur du produit entre le capital rémunéré par l'intérêt, l'ouvrier par le salaire, l'entrepreneur par le profit, la quote-part de chacun peut varier : c'est une question à débattre, comme je le disais tout à l'heure, entre les trois facteurs intéressés dans la production.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ce qui est certain, c'est que le profit de chacun ne peut être qu'une fraction du tout, qu'il est dans une certaine proportion avec ce tout, et qu'il y a une étroite solidarité entre la production du travail, le profit de l'entrepreneur et le salaire de l'ouvrier. Les patrons se montrent en général hostiles à la coalition et aux syndicats. La coalition est pourtant une forme de la liberté du travail et de l'association, et l'usage en est légitime. Elle n'a pas fait, comme on le prétend dans le parti ouvrier, les hauts salaires; mais elle a contribué dans bien des cas à décider la hausse. Patrons et ouvriers devraient apprendre à distinguer la coalition professionnelle, celle qui est motivée uniquement par les conditions de productivité du métier, et la coalition politique, celle qui fait lever le ferment révolutionnaire et qui vise moins le gain du salarié que la défaite du capital et la chimère d'une préparation à un nouvel ordre social. Nos syndicats gagneraient à étudier la conduite, à cet égard, des ouvriers anglais et américains qui, en hommes pratiques, songent d'ordinaire plus à la première qu'à la seconde. Celle-ci, en France, est une des plaies de notre industrie. Elle menace surtout les établissements florissants; elle est une cause d'insécurité et, comme toutes les causes d'insécurité, elle paralyse l'essor des affaires. Les ouvriers risquent d'en porter la peine : le chômage et la réduction du salaire sont plus à craindre de la langueur de l'industrie que du progrès des machines. Je sens que je me répète; vous m'excuserez, parce que c'est là une considération sur laquelle il est utile d'insister.

J'ai cité souvent l'Amérique dans cette conférence. Je la cite une dernière fois en appelant en témoignage un économiste, M. Outerbridge, qui, il y a trois ans, au moment où son pays souffrait d'une crise, cherchait à ranimer la confiance en exposant les conditions industrielles de la production aux États-Unis. Le marché intérieur, dont la population augmente rapidement, se compose de 75 millions de consommateurs, dont chacun consomme en moyenne plus qu'un Français : différence énorme, qui explique pourquoi le système protecteur n'y a pas engourdi la concurrence. Cependant ce marché intérieur, disais-je il y a un instant, ne suffit plus; la production déborde. M. Outerbridge, qui vient de rééditer cette année sa conférence, triomphe de la prospérité présente et surtout de l'accroissement de l'exportation : « Le secret du succès de ces tentatives, dit-il en parlant des exportations de produits manufacturés, rails d'acier, montres, chaussures, locomotives, il faut le chercher dans la merveilleuse avance que l'Amérique a prise par la machine qui économise le travail, la machine surveillée par des ouvriers intelligents et largement payés, la machine qui accroît dans une proportion énorme la puissance productive de chaque travailleur et qui diminue dans une proportion correspondante le prix de chaque unité de produit (1). »

(1) *The Future of American Industries*, by A. E. Outerbridge Jr, p. 14.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ce secret, je le livre aux entrepreneurs et aux ouvriers qui ont les uns et les autres besoin de se pénétrer de son importance, dans l'intérêt spécial de chacune des deux catégories de producteurs et pour le maintien de la France à son rang parmi les grandes nations industrielles. La phrase de l'Américain explique la raison de ma conférence et en renferme la morale; c'est sur cette phrase que je termine en vous remerciant de votre bienveillante attention.

Je souhaite que les lecteurs de ce texte imprimé, qui est la reproduction développée de la conférence, me prêtent la même attention réfléchie et tirent de leur lecture la conviction que j'ai voulu donner à la fois une leçon de scieuce économique, fondée, comme doit l'être toute démonstration de cette science, sur une base solide de faits, et un conseil utile pour les relations de salarié à salariant et pour l'avenir industriel de la France.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

LA PLAINE DE CAEN, par M. Guénaux (1).

CLIMAT DE LA PLAINE DE CAEN

Généralités. — D'après sa position géographique, la Plaine de Caen doit avoir un climat tenant à la fois des climats armoricain et séquanien. En effet, les pluies, quoique fréquentes, le sont beaucoup moins que dans les péninsules bretonne et cotentine; la température, d'autre part, sans être aussi uniforme que celle de la région armoricaine, n'est pas sujette à de grands écarts. Le climat de la plaine peut donc être considéré comme appartenant plutôt au climat séquanien, tout en étant soumis plus que lui aux influences océaniques.

Les observations météorologiques dans le Calvados datent de 1873, époque à laquelle fut fondé l'observatoire de Sainte-Honorine-du-Fay (dans le canton d'Évrecy, à 18 kilomètres au sud de Caen). Les chiffres que nous citons proviennent des observations faites à Sainte-Honorine; ils sont, à peu de chose près, les mêmes que pour Caen.

Température. — Les moyennes des températures (1) pour chaque mois, pendant une période de vingt années, 1873-1893, sont les suivantes :

Janvier	**3°,70**	Juillet	16°,80
Février	5°,14	Août	**16°,92**
Mars	6°,26	Septembre	14°,84
Avril	9°,07	Octobre	10°,55
Mai	11°,80	Novembre	7°,25
Juin	15°,21	Décembre	3°,94

Ce qui donne une *moyenne annuelle* normale de 10°,12.

Le froid est piquant dans la Plaine de Caen, quand le vent souffle du nord-est ou du nord; mais les fortes gelées n'inquiètent pas les cultivateurs, car, presque toujours, selon le proverbe normand : Année de gelée, année de blé.

Un tableau des hautes températures notées à l'observatoire de Sainte-Honorine, de 1873 à 1895, comprend toutes les journées où le thermomètre a marqué au moins 30° ou dont la température moyenne égale ou dépasse 23°. Ces journées de grande chaleur sont au nombre de 59. De ce tableau, on peut dégager quelques faits intéressants : c'est en août que se trouve la plus grande

(1) Voir le *Bulletin* de février 1900.

(2) Il y a, entre Sainte-Honorine et Caen, un écart de 0°,2 à 0°,3 C. à l'avantage de Caen.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fréquence des chaudes journées : 26 sur 59; juillet vient ensuite : 16 journées; juin n'en compte que 8; mai, une seule, et septembre, qui n'en avait qu'une également, en a 8 depuis 1895, année où le mois de septembre fut dans le Calvados d'une chaleur et d'une sécheresse excessives.

De même, le tableau des plus fortes gelées, établi depuis 1873, comprend les journées où le thermomètre est descendu au-dessous de — 10° ou dont la température moyenne est au moins égale à — 5°; ces journées sont au nombre de 55. Pour l'hiver de 1879-1880, la température moyenne des trois mois de la saison hivernale est de 1°,78; pour l'hiver de 1890-91, elle est de 1°,45; dans l'hiver de 1894-95, pour les trois mois de décembre, janvier et février, la température moyenne n'est que de 0°,96. Le mois de février 1895 est le plus froid de tous les mois de la période 1873-1898, et peut-être est-il en Normandie sans égal dans notre siècle; en vingt-trois ans, l'observatoire de Sainte-Honorine n'avait vu que trois mois donner une moyenne inférieure à zéro : décembre 1879, — 2°; janvier 1881, — 0°68; décembre 1890, — 2°,53; février 1895, arrive maintenant au premier rang avec — 4°,07. Le minimum de température enregistré à Sainte-Honorine depuis 1873 a été — 15° en 1880, et la plus froide journée est celle du 28 novembre 1890 dont la moyenne est — 10°,45.

Pluies. — La moyenne mensuelle des pluies recueillies à Sainte-Honorine-du-Fay pendant une période de vingt années (1873-1893) est la suivante (1) :

	millimèt.		millimèt.
Janvier	48,9	Juillet	61,6
Février	54,4	Août	58,1
Mars	**46,8**	Septembre	61,3
Avril	51,8	Octobre	**91,0**
Mai	51,8	Novembre	78,2
Juin	57,3	Décembre	61,1

Pendant cette même période, la *moyenne annuelle* des pluies a été de 725 millimètres.

Pendant la belle saison, c'est-à-dire en juin, juillet et août, la Plaine de Caen est sèche, mais l'air est toujours rafraîchi par la brise de mer, qui se fait sentir dans le milieu du jour. Les autres époques sont humides; la période de l'automne surtout amène de grandes pluies dans la région, c'est l'une des plus humides de l'année.

Malgré l'humidité persistante de l'atmosphère, le climat est très sain. Les brouillards sont d'ailleurs peu fréquents.

Intensité des pluies. — De 1873 à 1896, on constate seulement vingt grandes chutes de pluie, voisines de 30 millimètres en vingt-quatre heures; sur ces vingt chutes, trois seulement dépassent 40 millimètres et une seule 50.

(1) On peut évaluer à environ 50 millimètres l'écart moyen entre les pluies tombées chaque année à Caen et à Sainte-Honorine-du-Fay.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Répartition des pluies par saisons. — L'automne verse 230mm,5 d'eau (normale de la période 1873-1893) ; l'hiver, 166mm,5 ; le printemps, 150mm,5 ; l'été, 177mm,2.

A Caen, la moyenne annuelle des pluies a été :

Pendant la période 1886-89, de 641mm,4
— 1890-93, de 571mm,9

Sécheresse. — Les mois les plus secs ont été ceux de :

	millimèt.		millimèt.
Juillet 1885.	1,1	Mai 1880	6,4
Septembre 1895.	1,8	Mars 1893.	7,0
Avril 1893.	2,1	Septembre 1890.	8,7
Février 1891.	3,4		

Parmi les périodes les plus sèches survenues depuis 1873, la plus notable est celle du printemps de 1893, qui a duré 72 jours, dont 34 sans aucune pluie. Viennent ensuite : l'été de 1887, avec une égale durée et 30 jours de sécheresse absolue ; l'été de 1880, avec 80 jours dont 21 sans pluie ; l'été de 1885, avec 57 jours de durée totale et deux périodes de 15 jours sans pluie ; l'été de 1895, avec 48 jours dont 20 sans pluie.

Influence de l'altitude sur la répartition des pluies. — La répartition des pluies dans le Calvados permet de constater un fait intéressant. L'Orne traverse dans son parcours jusqu'à la mer des régions de moins en moins accidentées. Or les hauteurs d'eau recueillies sont en rapport avec le relief du sol : en avril 1896, par exemple, mois où ces différences sont bien marquées, on a recueilli le long du cours de l'Orne :

	millimèt.
A Pierrefitte.	34,7
A Roucamps	31,1
A Sainte-Honorine	20,5
A Caen.	17,8
A Ouistreham.	14,9

Les plus grandes hauteurs d'eau sont donc recueillies dans les régions les plus accidentées du Calvados et les plus faibles sur le bord de la mer. L'influence prédominante de l'altitude est bien évidente ; dans les vallées, même au confluent de deux rivières, comme à Caen, il tombe moins de pluie que sur les coteaux qui forment la ligne de partage des bassins. Donc, dans le Calvados, comme on l'a déjà dit de la France, en traçant la carte orographique, on trace la carte hydrométrique.

Influence de la mer sur la température. — Comme pour les pluies, l'influence du relief du sol est très sensible sur les températures observées dans le département. Mais ici, cette influence n'est plus seule : le voisinage de la mer modifie le climat dans une grande mesure. Pour apprécier toute l'importance de ces divers facteurs sur la température, comparons, par exemple, les moyennes thermomé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

triques obtenues en mars et avril 1896 dans les stations de Ver-sur-Mer, Caen, Sainte-Honorine et Pierrefitte-en-Cinglais :

	MOYENNES.	
	Mars.	Avril.
Ver-sur-Mer (alt. 29 mètres)	9°,16	9°,43
Caen (alt. 18 mètres).	9°,38	9°,45
Sainte-Honorine (alt. 118 mètres). .	8°,89	9°,13
Pierrefitte (alt. 245 mètres).	8°,10	8°,44

Cette dernière station offre donc les plus basses températures ; sa situation géographique dans le sud du Calvados, loin du rivage, à une altitude relativement élevée, explique les chiffres observés. A Sainte-Honorine, plateau de 120 mètres d'altitude, la température est plus basse qu'à Caen, où les instruments d'observation sont situés à 12 et 18 mètres au-dessus du niveau de la mer. Enfin, à Ver-sur-Mer, les moyennes sont plus élevées qu'à l'intérieur du département; dans cette station maritime, les minima, pendant l'hiver, s'abaissent moins que dans les autres stations, et les maxima, en été, restent au contraire moins élevés. C'est ce que montre encore le tableau des moyennes de juillet 1896 :

Ver-sur-Mer	17°,32
Caen.	17°,41
Sainte-Honorine.	17°,66
Pierrefitte	18°,04

Ces chiffres indiquent combien l'influence de la mer est prépondérante. La mer se refroidissant en hiver moins vite que la terre, constitue en quelque sorte un réservoir de chaleur pour les contrées voisines, tandis qu'en été l'effet est inverse : l'élément liquide absorbant plus lentement que le sol la chaleur solaire, entraîne un refroidissement pour les mêmes régions. D'où il résulte que le littoral possède une température plus douce l'hiver et moins chaude l'été que les localités plus éloignées dans l'intérieur des terres. Il en résulte encore que les températures extrêmes comprises entre les maxima et les minima absolus offrent moins d'amplitude au bord de la mer que dans les régions qui en sont éloignées. L'influence de l'altitude est inappréciable en été dans le Calvados; seule l'influence de la mer détermine la climatologie de chaque station.

Régime des vents. — Les vents se classent, d'après leur fréquence, dans l'ordre suivant :

S.-O.; O.; N.-O.; N.-E.; S.; N.; S.-E.; E.

Le vent de sud-ouest est donc le plus fréquent et le vent d'est le plus rare. Les vents les plus stables sont ceux du sud-ouest, de l'ouest et du nord-est. Les autres peuvent être considérés comme des vents de transition.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le retour du vent au sud, soit après le nord-est par l'est, ou le nord-ouest par l'ouest, est une cause de refroidissement. Ni le vent nord-ouest, ni les vents nord-est ou nord ne sont aussi froids que les vents sud, sud-ouest ou sud-est qui leur succèdent immédiatement.

En été, les vents d'est sont chauds et les vents d'ouest frais. En hiver, c'est le contraire : les vents d'est apportent le froid, les vents d'ouest le dégel. Le vent du nord amène des tempêtes ou le beau temps; celui du sud est souvent accompagné d'orages; celui de l'ouest amène ordinairement la pluie. Le vent du nord-ouest est souvent très violent aux approches des équinoxes et des solstices.

Pression atmosphérique. — Voici le tableau des pressions barométriques normales observées à Sainte-Honorine-du-Fay :

	millimèt.		millimèt.
Janvier	754,00	Juillet	752,08
Février	752,27	Août	751,73
Mars	751,37	Septembre	752,28
Avril	748,87	Octobre	750,35
Mai	751,30	Novembre	750,78
Juin	752,40	Décembre	750,20

ce qui donne une *moyenne barométrique annuelle* de 751^{mm},47.

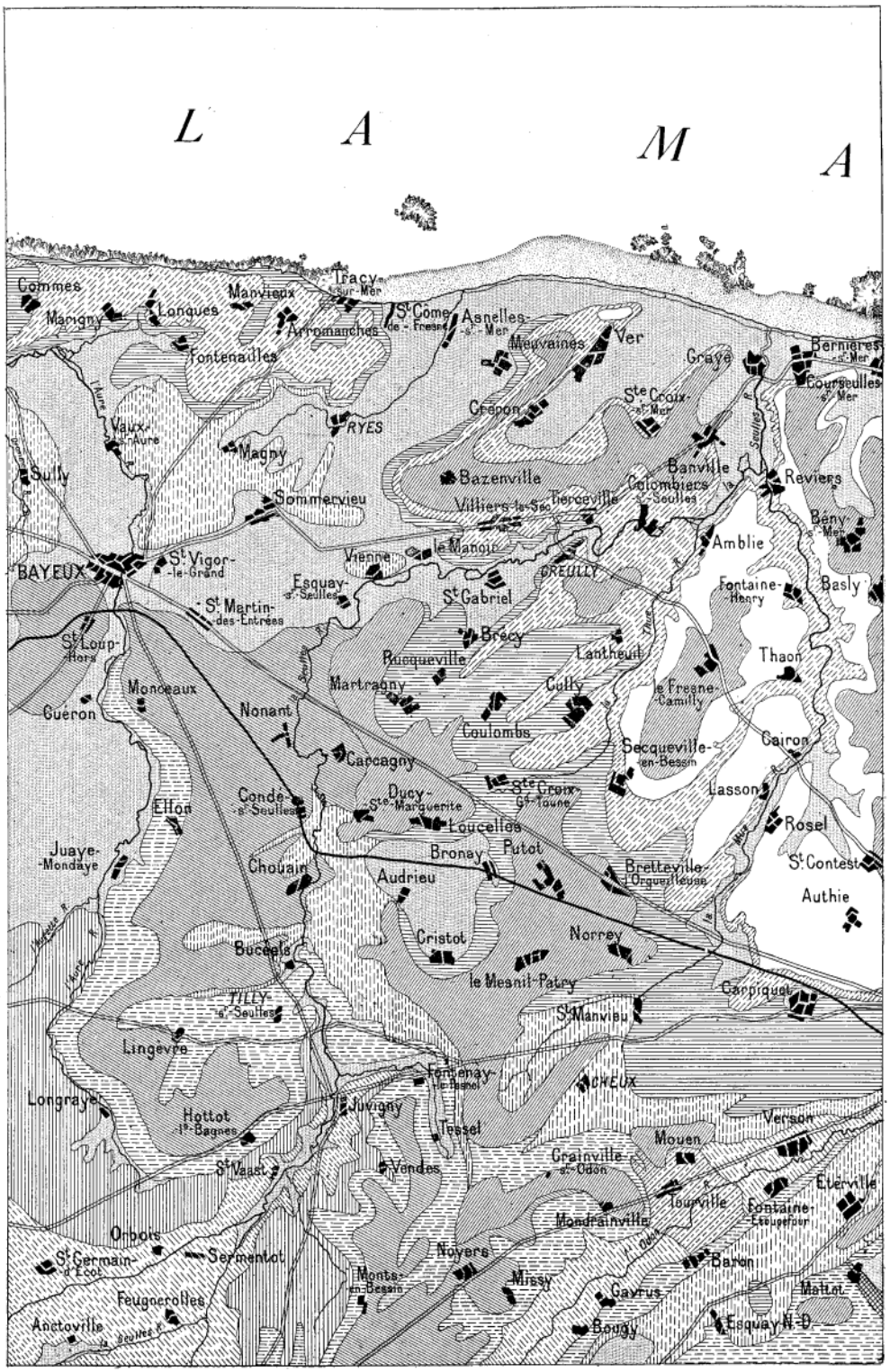
Depuis la création de l'observatoire de Sainte-Honorine (1873) jusqu'à 1896, la pression n'a atteint qu'une seule fois 775 millimètres, le 18 janvier 1882, et l'on ne trouve, dans toute cette période 1873-1896, que 17 maxima dépassant 770 millimètres. Quatre mois seulement ont dépassé une moyenne mensuelle de 760 millimètres.

GÉOLOGIE DE LA PLAINE DE CAEN

La Plaine de Caen est constituée, au point de vue géologique, par le jurassique moyen, qui comprend la Grande Oolithe ou *Bathonien* et l'Oolithe Inférieure ou *Bajocien*. C'est une vaste plaine calcaire, dont l'uniformité n'est interrompue, comme nous l'avons vu, que par de légères éminences et par quelques vallées étroites et peu profondes. Voici le tableau des différents étages géologiques qui en forment le sol :

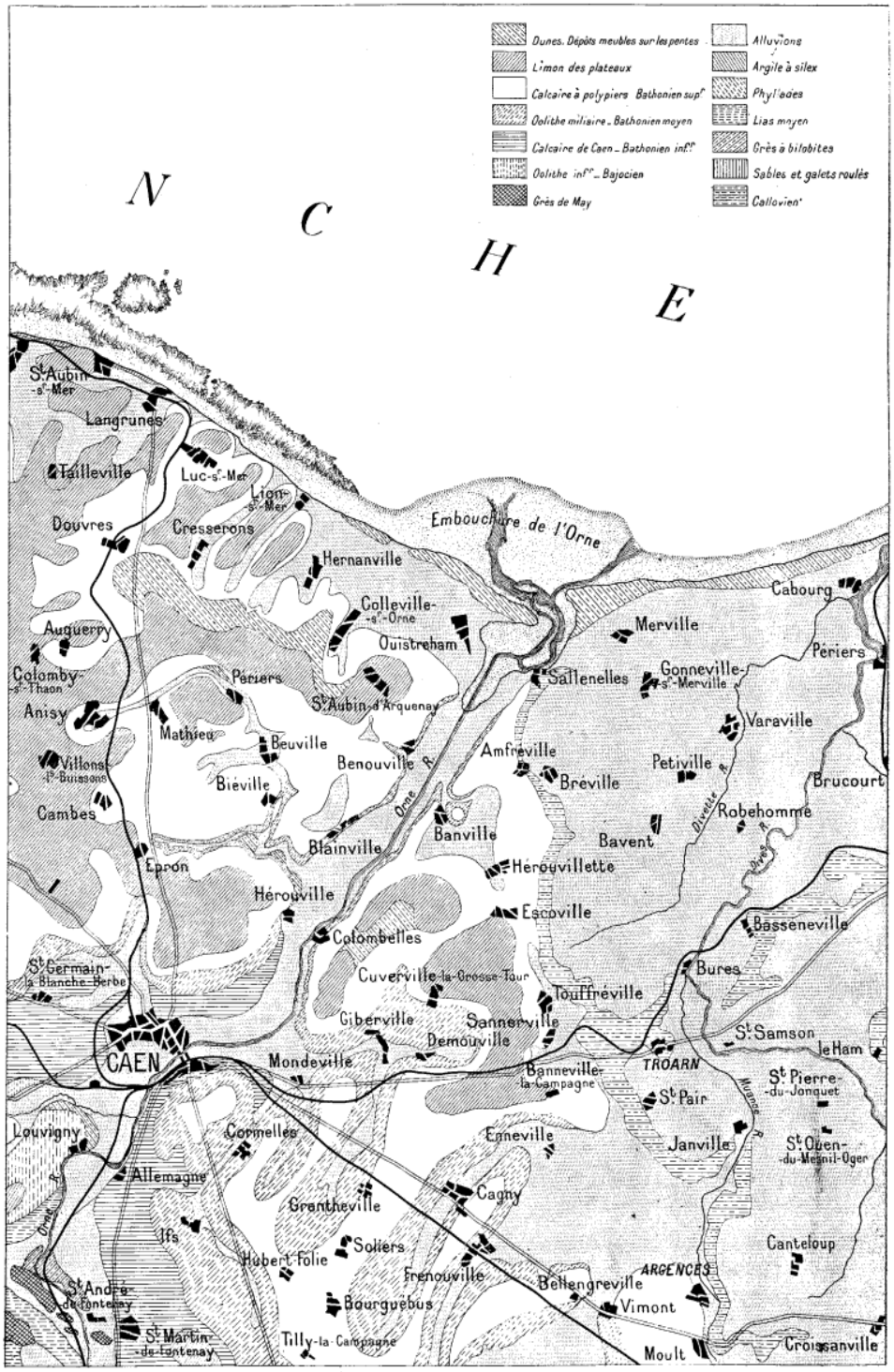
Jurassique moyen.
- Grande Oolithe.
  - Bathonien supérieur : Calcaire à polypiers. — moyen : Oolithe miliaire. } Bradfordien.
  - — inférieur : Fullers-earth. { Calcaire de Caen. Marnes de Port-en-Bessin (argile à foulon).
- Oolithe Inférieure.
  - Bajocien proprement dit { Oolithe blanche. — ferrugineuse.
  - Aalénien : Malière.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

DE LA PLAINE DE CAEN.



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

GRANDE OOLITHE

La Grande Oolithe, — que l'on a appelée avec raison le *calcaire des plaines*, parce que, en général, les contrées dont elle forme le fond sont peu boisées et peu accidentées, — règne dans tout l'espace qui s'étend de la côte à Falaise. Son importance est beaucoup plus grande que celle de l'Oolithe Inférieure. Mais le terrain meuble qui surmonte les couches calcaires est plus ou moins épais, plus ou moins argileux, d'où résultent des variations très grandes dans la capacité productive du sol.

Il y a lieu de distinguer dans la Grande Oolithe : le Bathonien supérieur, le Bathonien moyen et le Bathonien inférieur.

Bathonien supérieur ou calcaire à Polypiers des géologues normands. — Cette assise forme la partie supérieure de la Grande Oolithe. Les véritables polypiers y sont rares, tandis que les bryozoaires et les spongiaires y abondent; c'est un calcaire ordinairement fissile (il ne fournit que du moellon), quoique dans plusieurs localités ses couches atteignent plus de un mètre d'épaisseur. Le facies littoral est connu sous le nom de *pierre blanche de Langrune;* la *caillasse de Ranville*, qui constitue l'autre facies, se serait déposée sous des eaux un peu plus profondes. Les *Terebratula Ranvillensis* (*bicanaliculata*), *digona*, *coarctata*, *Eudesia cardium*, *Echinobrissus clunicularis*, etc., se rencontrent dans les deux facies, mais la caillasse renferme des *Apiocrinus* et quelques débris de Céphalopodes, qui font défaut dans les couches de Langrune.

Le calcaire à Polypiers présente différents aspects : tantôt une pâte blanchâtre, remplie d'oolithes, de pisolithes et de fragments de coquilles et de Polypiers, et contenant, dans les couches les plus voisines de la surface, des concrétions de calcaire compact blanchâtre, jaune ou verdâtre, et des noyaux de chaux carbonatée cristallisée (Saint-Aignan, Cintheaux, Garcelles, Moult, etc.); tantôt un grain assez fin sans oolithes visibles (Airan); ou bien un calcaire sublamellaire un peu compact, jaune ou d'un blanc tirant sur le gris, rempli de petits noyaux arrondis, de même nature minéralogique que la pâte qui les renferme et qui ont la grosseur et la forme des Pisolithes (Saint-Aignan, Garcelles); ou enfin une pâte grossière jaunâtre, remplie de fragments d'Encrines et de Polypiers, cimentés par une dissolution spathique.

Bathonien moyen, ou Oolithe miliaire. — Formé d'un calcaire tantôt très solide (calcaire compact de Ranville), tantôt sableux et oolithique, mais toujours très pauvre en fossiles, il affleure dans la plupart des vallées, au nord de Caen. On en tire d'excellentes pierres de taille, plus solides et moins hygroscopiques que celles provenant du calcaire de Caen; c'est ce qui les fait préférer pour la construction des fondations de maisons, des murs de soutènement, des digues, etc.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Parmi les exploitations ouvertes au milieu de ce calcaire, les plus remarquables sont celles de Ranville, d'Orival (près Creully), de Rots, de Reviers, de Courseulles et de Fontaine-Henry.

Bathonien inférieur ou Fuller's-earth. — Il présente quelquefois les mêmes caractères que les étages précédents; mais les assises moyennes et inférieures sont moins oolithiques, d'un grain plus fin, plus rarement sublamellaire, on y rencontre moins de débris de coquilles; elles sont en général plus épaisses que

Fig. 9. — Entrée des anciennes carrières de Fontaine-Henry.

celles du calcaire à polypiers et leur couleur est constamment blanche ou légèrement jaunâtre. Le Fuller's-earth possède deux facies bien distincts. Vers Caen, il se présente sous l'aspect d'un calcaire blanc et tendre, durcissant à l'air et fournissant une excellente pierre de taille : c'est le calcaire de Caen. Dans le nord-ouest, vers Bayeux, ce sont des bancs d'argile qui vont se développant de plus en plus et constituent les argiles ou marnes de Port-en-Bessin.

Le *calcaire de Caen* forme une assise de 30 à 50 mètres d'épaisseur composée d'une alternance de couches terreuses et de bancs calcaires de couleur blanche, légèrement jaunâtres, assez tendres pour se laisser diviser à la scie, mais durcissant à l'air et fournissant les magnifiques pierres de taille qui s'exploitent dans de nombreuses carrières aux environs de Caen. Il repose sur une couche

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

marneuse, imperméable : le banc bleu. Ce calcaire est tachant comme la craie; il contient des silex cornés, noirs ou jaunâtres, tantôt disposés en bancs parallèles à la stratification, tantôt disséminés au milieu de la masse; quelques-uns d'entre eux se présentent sous la forme de petits cylindres irréguliers qui ne sont cornés qu'à leur centre et dont l'extérieur est presque à l'état nectique. Les fossiles sont fort curieux, mais peu abondants. On a découvert des débris de Mégalosaurus, des dents de squales, des palais triturants de poissons marins, des armures, des nageoires dorsales d'Acanthoptérygiens, des Ammonites, des Bélemnites, des Térébratules et autres mollusques. On a trouvé de magnifiques sauriens : Teleosarus Cadomensis, Tel. Calvadosii, Megistorhynchus, Poecilopleuron Bucklandi, Icthyosaurus, Plesiosaurus, etc.

La pierre fournie par le calcaire de Caen est, sans contredit, la plus belle et la

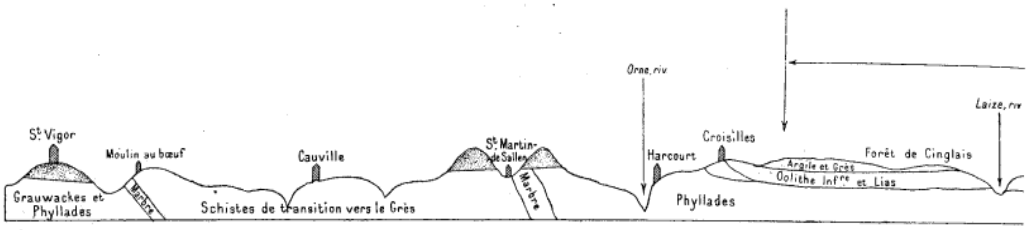


Fig. 10. — Coupe transversale des terrains

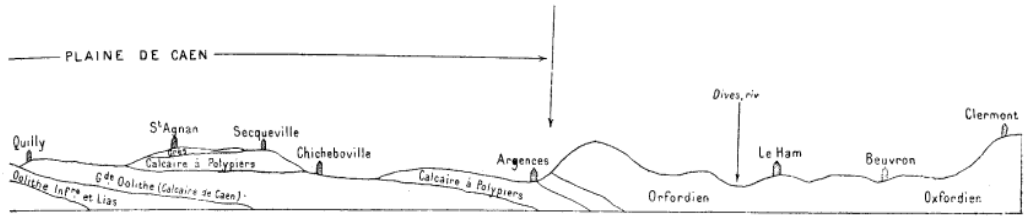
plus avantageuse pour les constructions : sa blancheur, sa texture fine sans être compacte, la facilité avec laquelle elle se laisse tailler, lui donnent une supériorité marquée sur toutes les autres, même sur le calcaire grossier de Paris qui lui ressemble beaucoup. Elle se prête parfaitement à la sculpture; on en fait des bas-reliefs et des statues auxquelles il ne manque que le poli. Jadis, la pierre de Caen était employée à Londres pour l'édification des grands monuments, à l'exclusion de toutes les autres. Les principales carrières sont situées à la Maladrerie, Allemagne, Conteville, Saint-Germain-le-Vasson, Langannerie, etc.

Étendue et configuration de la Grande Oolithe. — Le calcaire à polypiers et le calcaire de Caen forment de vastes plateaux assez nus, au milieu desquels on remarque seulement de légères éminences à pentes douces et allongées. Il n'existe guère de pâturages dans la grande oolithe; le bois y est aussi assez rare; on y voit très peu de haies de clôture, et c'est en partie la nudité qui en résulte qui donne aux plaines de Caen et de Falaise un aspect si différent de ceux du Bocage et du Pays d'Auge. L'orme, le frêne et le peuplier, y croissent assez bien cependant dans les lieux qui ne sont pas trop arides. Plusieurs marais tourbeux sont à signaler à Chicheboville, Frenouville-Cagny, Rots, Colleville, Ranville, etc. Comme les eaux pluviales traversent toutes les couches sans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

trouver d'assises argileuses qui les arrêtent, les sources n'existent le plus souvent qu'au point de contact de la grande oolithe avec les roches inférieures et les puits sont généralement profonds dans ce terrain.

Le calcaire à polypiers et l'oolithe miliaire dominent sur presque toutes les hauteurs, et le calcaire de Caen dans les lieux les moins élevés. On trouve les deux premiers sur les plateaux de : Cuverville, Sannerville, Cagny, Frenouville, Bellengreville, Garcelles, Saint-Agnan, Lebisey, Luc, Courseulles, Reviers, Thaon, Authie, etc. Le calcaire de Caen forme d'abord une zone plus ou moins large entre le bathonien supérieur et l'oolithe inférieure ou les terrains les plus anciens, en passant par Sainte-Croix-Grandtonne, Brouay, Bretteville-l'Orgueilleuse, Norrey, Saint-Manvieu, Carpiquet, Bretteville-s-Odon, Allemagne, Ifs, Fontenay-le-Marmion, Quilly, Quesné, Aisy, Ussy, Aubigny, etc., etc.; puis on le



du Calvados du Sud-Ouest au Nord-Est.

retrouve au milieu du calcaire à polypiers, dans la plupart des lieux où le sol s'abaisse, comme à Chicheboville, Conteville, Saint-Sylvain, etc.; sur les rives du Laison à Condé, Mésières, etc.

En résumé, le calcaire à polypiers et le calcaire de Caen occupent presque toute la campagne comprise entre Caen et la mer, au nord et au nord-ouest, et entre cette ville et Falaise, au sud; à l'est et au sud-est de Caen ils sont très distinctement limités par les coteaux du Callovien et de l'Oxfordien, depuis Sallenelles jusque dans le département de l'Orne.

OOLITHE INFÉRIEURE

L'Oolithe Inférieure ou bajocien comprend, de haut en bas : l'oolithe blanche, l'oolithe ferrugineuse et la malière. Les deux premières fournissent également : Ammonites parkinsoni, Amm. subradiatus, Natica bajocensis, Trochus duplicatus, Terebratula sphœroidalis, Ter. phillipsi, etc.; mais l'oolithe blanche, assise de quinze mètres de puissance, renferme spécialement des polypiers et des oursins, tandis que l'oolithe ferrugineuse, puissante de deux mètres au maximum,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

renferme une faune très riche de gastéropodes et de lamellibranches, avec Ammonites humphrisei, Am. gervillei, Am. brongniarti.

La malière, puissante de cinq mètres environ, est un calcaire marneux ou sableux d'un gris bleuâtre, avec de nombreux silex noirâtres. Sa faune diffère notablement des précédentes. On y trouve : Ammonites murchisonæ, Lima heteromorpha, Terebratula perovalis, Rhynchonella ringens, etc. Fréquemment, elle a subi un remaniement qui l'a réduite à l'état d'argile à silex.

L'oolithe inférieure ne se trouve que dans la partie sud-ouest de la plaine de Caen. Elle occupe entre les vallées de l'Orne et de l'Odon, une large bande de terrain inclinée du nord-est au sud-ouest comprise entre Louvigny, Eterville, Fontaine-Etoupefour, Baron, Maltot, Esquay et Bougy. De l'autre côté de la vallée de l'Odon, elle s'étend de l'est à l'ouest en passant par Bretteville-s-Odon, Verson, Cheux et Saint-Manvieu; puis elle remonte vers le nord en longeant le cours de la Seulles jusque vers Condé.

AUTRES FORMATIONS GÉOLOGIQUES DE LA PLAINE DE CAEN

Lias. — Le lias supérieur est toujours de faible importance. Il se compose principalement de marnes et d'argiles, avec Ammonites bifrons, Am. serpentinus, Am. hollandrei (marnes infraoolithiques); dans les poches du récif silurien, entre Fontaine-Etoupefour et May, il présente une accumulation prodigieuse de gastéropodes. Le lias moyen se rencontre entre Feuguerolles et Esquay.

Permien. — Ce terrain est représenté par des argiles et des marnes rouges, qui constituent la formation du Red-Marle. Les marnes rouges n'existent dans la Plaine de Caen qu'à l'état rudimentaire; on en trouve çà et là quelques traces entre le lias ou l'oolithe inférieure et les terrains de transition; ainsi on les rencontre dans la vallée de l'Odon : à Tournay, au Locheur, à Missy, Bougy, Arry, Neuilly-le-Malherbe, etc.; on les trouve aussi près du calvaire, sur la route de Caen à Falaise.

Silurien. — Le *silurien supérieur* se présente à Feuguerolles, sur la rive gauche de l'Orne, en face de Saint-André-de-Fontenay, sous la forme d'un calcaire noir, fétide, rempli de fossiles, associé avec des schistes pourris, charbonneux et micacés. Le calcaire renferme surtout des orthocères; on y trouve aussi des graptolithes et la Cardolia interruptata. Les schistes contiennent parfois des nodules argileux pénétrés de fer sulfuré. Cet étage n'est connu que grâce à des fouilles exécutées, à la fin du siècle dernier et au milieu du nôtre, en vue de la recherche de gisements de houille, recherche qui resta d'ailleurs stérile. On l'aperçoit à Feuguerolles dans une espèce d'anse ou de bassin très circonscrit, taillé au milieu du grès rouge qui borde les rives de l'Orne. La même for-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mation a été rencontrée sur la rive droite de l'Orne, en creusant des puits dans les communes de Saint-André-de-Fontenay et de May. — Le silurien supérieur occupe l'axe d'un pli isoclinal et se trouve ainsi enveloppé entre deux affleurements de grès quartzeux.

Le *grès de May*, généralement quartzeux, forme deux arêtes orientées Ouest-Nord-Ouest — Est-Sud-Est et plongeant Nord-Nord-Est sous un angle d'environ 45°. L'arête méridionale est la plus importante; on l'exploite activement à May et à Feuguerolles. Elle se prolonge sous le terrain jurassique jusqu'à Fontaine-Etoupefour. L'arête septentrionale est renversée sur le silurien supérieur. Les

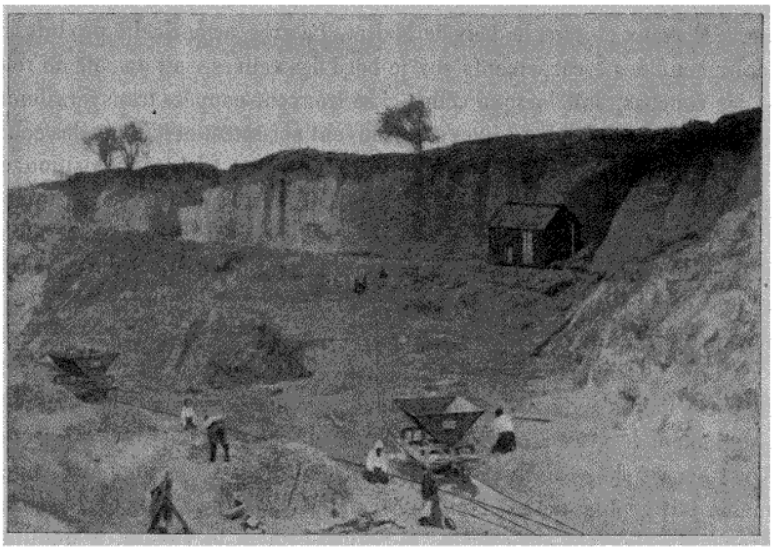


Fig. 11. — Une carrière à May.

roches sont généralement d'un rouge terne ou rose, quelquefois grises, bleuâtres ou jaunâtres. Parfois, ce grès se charge tellement d'oxyde de fer qu'il forme des roches de minerai brun ou rouge, qui ont été exploitées autrefois et que l'on exploite à nouveau depuis quelques années. Le grès de May renferme de nombreux Homalonotus avec Orthis budleighensis, Orthoceras fractum, Conularia pyramidata, etc. Les bancs de quartz grenu du grès de May fournissent d'excellents matériaux pour l'empierrement des routes et de très bons pavés pour rues (Caen, Bayeux, Falaise, Pont-l'Évêque, Honfleur, etc.). Les principales carrières de pavés sont à Feuguerolles et à May.

Les *schistes d'Angers* affleurent dans le bois de Maltot entre le grès de May et le grès armoricain, qui est renversé sur eux. Ils renferment des fragments de trilobites. La présence d'alluvions anciennes empêche de les observer sous le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

grès de Feuguerolles, mais on les retrouve à May, sur la rive droite de l'Orne, dans leur situation normale.

L'étage du *grès armoricain*, composé principalement de poudingues et de grès rosés feldspathiques, dépourvus de fossiles, occupe deux bandes à peu près parallèles à celles du grès de May, et offrant le même prolongement. La bande méridionale s'étend de Feuguerolles à Tourville, dans la vallée de l'Odon; elle envoie ensuite un prolongement un peu plus à l'ouest jusqu'au château de la Londe, près de Tessel. Cette bande repose sur les marbres de Vieux, dont on retrouve la continuation, fort amincie, dans la vallée de l'Odon. La bande septentrionale, bien moins étendue, et renversée, se voit sur les deux rives de l'Orne, à Etavaux et dans le bois de Maltot. Le grès armoricain produit assez ordinairement des escarpements sur le bord des vallées, soit du côté du relèvement des couches, soit lorsque celles-ci se trouvent coupées transversalement; dans ce dernier cas, les deux rives sont souvent abruptes, et lorsque des couches plus dures que les autres ont opposé plus de résistance à la décomposition, elles forment, dans les vallées, des barrages ou des rétrécissements fort remarquables; quelques-uns des sites les plus pittoresques de la région, tels que les rochers de Saint-Germain-le-Vasson, d'Urville, de Maltot, de Mouen, de Bully, appartiennent à ces formations.

Au début de ce siècle, les géologues confondaient souvent sous le nom de *grès de Caradoc*, deux étages différents : le grès de May et le grès armoricain. La curieuse station de la Brèche-du-Diable a permis à Morière de constater que, non seulement le grès armoricain est inférieur au grès de May, mais encore qu'il est séparé de ce dernier par les schistes à calymènes (faune d'Angers). Le même fait géologique est facile à constater à Urville. D'ailleurs, partout où l'on rencontre le grès armoricain, à Saint-Germain-le-Vasson, à Moulines, à Urville et sur plusieurs points des bords de la Laize en remontant vers la source de cette rivière, son aspect particulier, sa couleur ordinairement blanche, sa grande dureté lorsqu'il est compact, la faible inclinaison de ses couches (22° à peu près) le font facilement distinguer au premier abord du grès de May, dont les couches offrent une inclinaison de 35 à 40°.

Le *calcaire-marbre* présente une pâte compacte, très peu translucide sur les bords et parfois imparfaitement cristalline; la couleur en est grise tirant sur le bleu (Clécy, Pierrefite, Combray, Saint-Martin-de-Sallen), d'un gris sale passant parfois au jaune (rives de la Laize), noirâtre (Bretteville), ou enfin, couleur de chair et rougeâtre nuancée de jaune et de rose (Vieux et Bully). Il est à remarquer que le marbre accompagne toujours à une faible distance le grès armoricain. La direction de ces deux roches est la même et le marbre forme des zones parallèles et comme accolées à celles du grès. On les voit entre le grauwacke et le grès quartzeux à Vieux et à Bully, dans la vallée de la Guigne, puis le calcaire-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

marbre traverse l'Orne, entre dans la vallée de la Laize, où il forme les rochers qui tapissent les bords de cette rivière, sur la grande route de Caen à Condé. Il disparaît à Bretteville-sur-Laize.

Cambrien. — Les phyllades forment le sous-sol d'une partie importante de la contrée. On les a rencontrés à 40 mètres de profondeur, sous la ville de Caen. Ils apparaissent au jour dans plusieurs vallées et dans toute la région du Bocage. A Etavaux, on a signalé l'existence de nereites qui rapprochent cet étage de l'étage ardennais. Ils sont en stratification nettement discordante avec le silurien.

Limon des plateaux. — Au-dessus du sous-sol formé par ces roches calcaires, quel que soit leur niveau géologique, on trouve presque toujours dans la plaine

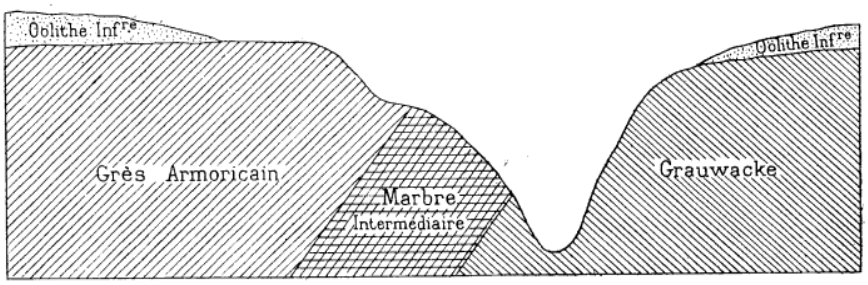


Fig. 12. — Coupe de la vallée de la Guigne, entre Vieux et Bully.

de Caen un limon d'une grande importance agricole, car les régions qui en sont dépourvues sont à peu près stériles.

Souvent, il consiste dans une glaise d'un jaune sombre renfermant des silex cornés semblables à ceux des couches sous-jacentes. Des fragments de roches anciennes se rencontrent aussi sur certains points dans l'argile (Moulin-au-Roi près de Caen, Lébisey, Saint-Aubin-d'Arquenay, etc.), et leur distribution par zones ou traînées indique suffisamment que des courants les ont apportés en ces divers lieux. En d'autres endroits, une terre extrêmement fine et très légère, douce au toucher et d'un jaune pâle, surmonte la grande oolithe (Crépon, Ver, Sainte-Croix, Banville, Venoix, environs de Caen, etc.); cette argile est assez riche en parties calcaires et elle est quelquefois très chargée de silice; aussi ne retient-elle l'eau que faiblement et se dessèche-t-elle assez promptement.

Dans la zone fort étendue où dominent les oolithes blanches, c'est-à-dire dans les cantons de Bourguébus, de Douvres, de Troarn, on observe une multitude de fragments calcaires répandus dans une argile peu épaisse, dont la couleur varie.

Enfin, on trouve dans le voisinage des buttes oxfordiennes (Moult, Mézidon,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

au pied du Mont d'Eraines), un sable calcaire qui forme dans le limon un système distinct et plus ancien que les autres; ce sable est rempli de Térébratules et d'autres bivalves, usées ou brisées, et de petits galets roulés calcaires dont le diamètre excède rarement trois centimètres; il contient en général fort peu de matières étrangères, d'où l'on peut conclure, avec M. de Caumont, qu'il résulte de la trituration des couches oolithiques opérée sans une grande agitation des eaux.

Parfois, comme dans la falaise de Saint-Aubin-s-Mer, on voit, à la base du limon, un lit de cailloux roulés. Dans cette même falaise, on rencontre, au milieu du limon, des nummulites qui paraissent provenir de la destruction d'un terrain tertiaire aujourd'hui disparu.

Le limon ne se rencontre pas toujours avec des caractères aussi nets que ceux que nous venons de décrire. Les principaux aspects qu'il présente se modifient à l'infini par le mélange des éléments du sol dans des proportions différentes; ils passent de l'un à l'autre insensiblement, sans qu'aucun d'eux occupe de grands espaces. Cependant, les terres de la partie nord-est sont en général de nature plus calcaire.

Dans la Plaine de Caen, la fertilité du sol est presque toujours en rapport avec la nature et la puissance du limon qui le recouvre. — Le limon n'est pas réparti, en effet, d'une façon uniforme dans toute la plaine, et sa composition n'est pas partout identique; c'est ainsi que les terres légères et très calcaires qui surmontent le calcaire de Caen et le calcaire à Polypiers, dans les campagnes de Chicheboville et de Bellengreville, auraient besoin d'argile. Considéré dans son ensemble, le limon est plus ou moins favorable aux différentes plantes cultivées dans le pays, telles que le blé, le colza, la betterave ou le sainfoin, et il en résulte de très grandes variations dans la capacité productive du sol.

Le limon est surtout bien développé au nord de la Plaine de Caen; il occupe de grands espaces dans la région comprise entre Caen et la mer; de Saint-Contest à Courseulles son épaisseur est rarement inférieure à un mètre et elle va jusqu'à deux mètres; plus le limon est épais, meilleur est en général le terrain. A Fontaine-Henry, il atteint, en moyenne, 1^{m},50 d'épaisseur et constitue des terres de première qualité, ainsi que les analyses suivantes, faites par M. le D^{r} Louïse, directeur de la Station agronomique de Caen, permettent de s'en rendre compte :

	p. 100.		
Azote	1,50	1,75	1,32
Acide phosphorique	0,48	0,99	0,96
Potasse	5,20	2,92	3,17
Chaux totale	21,60	2,337	2,65
Carbonate de chaux	»	1,766	0,48
Magnésie	0,42	»	»

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

D'autres analyses des mêmes terres, faites par M. Troude, ont donné les résultats suivants :

Composition physique du sol :

Gravier	6,013
Sable fin	87,710
Chaux	0,171
Argile	5,258
Humus	0,848
	100,000

Analyse chimique :

	Sol. p. 100.	Sous-sol (moyenne de 6 analyses à des prof. différ.).
Humidité de la terre desséchée à l'air	143,10	132,70
Azote	1,68	1,03
Acide phosphorique	0,82	0,70
Potasse	2,83	2,43
Chaux	17,03	16,05
Magnésie	0,39	0,25
Fer	54,50	54,28
Aluminium	9,60	11,30

C'est donc là un sol très riche, surtout en azote ; il se prête d'ailleurs admirablement aux opérations culturales.

Quand le limon est peu épais, les terres sont assez exposées à subir les effets de la sécheresse ; ainsi, à Garcelles, certaines parties des terres sont pierreuses, sèchent très rapidement et se durcissent en été. Deux échantillons pris sur les terres de M. de Saint-Quentin ont donné à l'analyse les résultats suivants (Dr Louïse) :

	Sol.	Sous-sol.	Sol.	Sous-sol.
Azote	1,78	1,54	1,80	1,43
Acide phosphorique	1,10	0,80	0,96	0,80
Potasse	0,74	1,00	0,93	0,71
Chaux	2,70	2,70	4,00	4,00

Le sol est ici moins riche en potasse et en chaux et ne possède pas toutes les précieuses qualités physiques du précédent.

Parmi les meilleures terres de la Plaine de Caen, celles qui ont le plus de réputation et que l'on peut citer comme types au point de vue agricole, sont : pour la côte, celles de Luc, Lion et la Délivrande ; pour la grande plaine, celles de Carpiquet, Saint-Contest, Cambes et Mathieu ; pour la haute plaine, celles de Cintheaux.

Les terres de la plaine ont été rarement soumises, jusqu'ici, à l'analyse chimique. Les principales analyses ont été effectuées par M. le Dr Louïse, qui a bien voulu nous les communiquer. Les indications qu'elle fournissent permet-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tent de se rendre compte de la valeur générale de la terre arable. Deux échantillons pris sur des terres dépendant de la communes de Cintheaux ont donné les résultats suivants :

	P. 100 de terre sèche.	
Eau	31,5	»
Azote	1,76	1,15
Acide phosphorique	2,40	1,17
Potasse	2,15	2,55
Chaux	4,12	3,80

A l'analyse physique, le premier échantillon a donné :

Cailloux.	Partie siliceuse	17 gr.	Gravier.	Partie siliceuse	21 gr.
	— calcaire	13 —		— calcaire	24 —

Analyse d'une terre de Bretteville-sur-Laize :

Eau	61,50 p. 100	Cailloux.	Partie siliceuse	14 gr.
Azote	2,19 —		— calcaire	19 —
Acide phosphorique	3,72 —	Gravier.	Partie siliceuse	122 —
Potasse	1,00 —		— calcaire	71 —
Chaux	1,56 —			

Analyse de trois terres de Saint-Manvieu :

Azote	0,89	1,09	0,94
Acide phosphorique	0,96	1,121	0,96
Potasse	1,72	1,72	1,52
Chaux	4,19	7,92	4,97

Analyse de quatre terres de Saint-André-de-Fontenay :

Azote	1,76	1,93	1,92	1,90
Acide phosphorique	1,36	1,27	0,96	1,37
Potasse	1,88	1,69	1,73	2,09
Chaux	23,60	12,20	14,20	14,47

Analyse d'une terre de Fontenay-le-Marmion :

Azote	1,19
Acide phosphorique	0,80
Potasse	2,48
Chaux	97,60

Analyse d'une terre de Bretteville-l'Orgueilleuse :

Azote	2,22
Acide phosphorique	1,01
Potasse	2,39
Chaux	70,50

Le sol de la Plaine de Caen, essentiellement formé à sa surface par une couche plus ou moins épaisse de limon, est donc généralement très riche, surtout en azote, ainsi qu'on a pu le voir par l'examen des chiffres qui précèdent. L'emploi de la chaux comme engrais est inutile, sauf dans les terres de la partie

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sud-ouest de l'arrondissement de Caen. *Seuls les engrais phosphatés et potassiques employés comme engrais de fond sont appelés à donner de bons résultats.* Par leur nature physique, les terres de la plaine sont en général d'un travail facile, surtout dans les endroits où le limon est bien développé, comme dans la partie comprise entre Caen et la mer. Quelques terres ont été drainées; mais les terrains réclamant cette importante opération sont peu nombreux.

Dépôts meubles sur les pentes. — Les dépôts meubles se rencontrent fréquemment sur les pentes peu inclinées de la Plaine de Caen et se relient soit aux alluvions anciennes des vallées, soit au limon des plateaux.

Alluvions modernes. — Les alluvions modernes occupent le fond de toutes les vallées de quelque importance. Elles se rencontrent aussi dans quelques dépressions du littoral.

Alluvions anciennes des vallées. — Ces alluvions ont moins d'importance que les précédentes; on les trouve en divers points de la vallée de l'Orne. On peut rattacher à cette formation les dépôts caillouteux surtout développés à Ouistreham, et les limons, qui ont donné à Luc-sur-Mer, à Venoix, aux Moulineaux, de nombreux ossements se rapportant aux genres rhinocéros, éléphant, bœuf, cheval, cerf, chat, hyène, renne.

Alluvions des côtes. — Les côtes sont peu élevées et en partie couvertes de dunes sableuses.

A l'embouchure de l'Orne, de Ouistreham à Lion, à Bernières, à Courseulles, Graye, Ver, Asnelles, on remarque un sable jaune silico-calcaire à grain fin, rempli de débris de coquilles. Le long des côtes abruptes (Lion, Luc, Langrune), on ne voit guère de sables; les éboulements qui ont lieu chaque année vers la fin de l'hiver y couvrent la plage de blocs desquels les vagues détachent des fragments qui s'arrondissent bientôt par le frottement. Les bancs durs de la Grande Oolithe et les silex qu'ils renferment fournissent la plupart des galets ronds ou ovales que l'on trouve sur la côte; un certain nomre de ces galets proviennent aussi de la craie des côtes de la Seine-Inférieure.

Dans l'Orne, on rencontre des vases, déposées par la mer. Le sable marin qui existe à l'embouchure de l'Orne se transporte par eau (picoteux et barges) dans la ville de Caen où on en fait une grande consommation, principalement pour la fabrication des mortiers. Il s'en extrait environ 20 000 mètres cubes par an.

REMARQUES STRATIGRAPHIQUES

La Grande Oolithe présente de légères ondulations, mises en évidence sur le littoral par les alternatives d'émersion et d'immersion de certaines couches telles que la base des assises de Langrune. On voit de même, en suivant le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cours de la Seulles, l'oolithe ferrugineuse apparaître tantôt au fond de la vallée, tantôt près du sommet des plateaux.

Ces diverses ondulations n'ont qu'une faible amplitude, et il serait difficile de déterminer leurs directions. Dans une tranchée de la ligne de Caen à Aunay, près de Verson, on voit l'oolithe ferrugineuse reposer en discordance apparente sur le lias à bélemnites et sur les marnes à *Ammonites Murchisonæ :* c'est sans doute l'effet d'une petite faille très oblique.

D'une manière générale, les couches jurassiques et crétacées se relèvent progressivement vers le sud-ouest, pour s'appuyer finalement sur les terrains anciens. La direction de l'oolithe ferrugineuse, obtenue avec une grande précision en joignant les points où cette couche affleure à la même altitude dans les vallées de l'Orne et de la Dromme, est très sensiblement parallèle à celle du silurien; le plongement moyen peut être estimé à 5 millimètres par mètre. Le jurassique s'est déposé, dans son ensemble, sous des eaux peu profondes, dont l'extension vers le sud-est a continué, avec quelques oscillations, jusqu'à la fin de la Grande Oolithe. Les eaux se sont ensuite retirées progressivement vers l'est, et l'émersion de la région paraît avoir été complète à la fin de la période jurassique.

Le silurien présente un plissement isoclinal fort remarquable, que l'on peut étudier en détail dans la vallée de l'Orne. Depuis la grande arête du grès de May jusqu'à Maltot et Etavaux, toutes les formations sont complètement renversées.

LES NIVEAUX D'EAU DE LA PLAINE DE CAEN

Placée entre le Bessin, où les sources jaillissent en grand nombre des marnes de Port-en-Bessin, et le Pays d'Auge, où l'abondance et la limpidité des eaux courantes est chose fort remarquable, la Plaine de Caen présente, par son manque d'eau, un contraste frappant. Cette différence tient, comme nous avons déjà eu l'occasion de le remarquer, à la nature géologique de la plaine, dont le fond calcaire de près de 80 mètres d'épaisseur et d'une grande homogénéité ne peut renfermer aucune source importante.

Il existe cependant, à la base de l'épaisse assise du calcaire de Caen (30 à 35 mètres), un petit niveau marneux, le *banc bleu*, formé par une couche d'argile bleue reposant directement sur l'oolithe blanche et retenant une nappe d'eau que viennent rencontrer un grand nombre de puits ouverts à Caen, dans les faubourgs et les parties hautes de la ville, par exemple au faubourg de Vaucelles, au faubourg Saint-Julien, au château de Caen, dont la source si belle et si pure devait avoir une grande importance au moyen âge, puisque ce point était, en cas de siège, approvisionné par une source intarissable.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Mais le calcaire de Caen ne peut fournir d'eau à une profondeur moindre de 50 mètres; cet inconvénient serait grave en été, pour la partie nord de la Plaine de Caen. Heureusement, la composition des assises supérieures de la Grande Oolithe y remédie un peu; en effet, les couches profondes de Ranville sont plus ou moins marneuses; celles de la Caillasse donnent lieu à une mince petite nappe d'eau, mais qui s'épuiserait bien vite pendant les chaleurs de l'été, si une autre plus abondante n'était produite par une couche argileuse grise que l'on trouve à la base des assises de pierre blanche de Langrune; cette couche, quelquefois très tenace, est toute remplie de *Terebratula digona* et *bicanaliculata;* les ouvriers la connaissent sous le nom de *glaise;* elle retient assez d'eau pour que la nappe formée ne se tarisse que très rarement et lors des sécheresses extraordinaires. Elle reparaît constamment au-dessous de la pierre blanche, le long des falaises de Lion-sur-Mer à Saint-Aubin; on la retrouve d'ailleurs dans toute la plaine au nord de Caen, à Mathieu, Anguerny, Colomby, Bény, Douvres, La Délivrande, etc., et son existence se constate aisément dans les puits de ces divers villages, qui viennent tous chercher la nappe d'eau surmontant cette couche de glaise. On peut également s'assurer, par les différences de profondeur de ces puits, souvent à de très petits intervalles, qu'elle n'est pas horizontale, mais au contraire très ondulée; son niveau atteint même en certains points la surface du sol, comme au hameau de La Mare, à Anguerny. Sans cette bienfaisante petite couche argileuse, toute la plaine au nord de Caen serait entièrement privée d'eau.

En outre, dans la Plaine de Caen, quelques puits rencontrent une nappe peu abondante dans les couches marneuses de la malière; mais ils s'épuisent très vite pendant l'été.

MINES ET CARRIÈRES

Gisements de minerais de fer. — Les minerais de fer de cette partie de la basse Normandie constituent des couches intercalées dans les terrains cambrien et silurien, et leur formation remonte par conséquent aux premières périodes géologiques. Ce sont des minerais durs, compacts, anhydres, riches en métal; le plus souvent ils sont rouges et sans action sur l'aiguille aimantée : l'hématite de Saint-Rémy, près d'Harcourt, peut être prise comme type du genre (Lecornu).

Ces gisements étaient exploités autrefois; mais les deux forges de Balleroy et de Danvou éteignirent leurs feux vers la fin du XVIII^e^ siècle. Aujourd'hui la métallurgie est morte en Normandie; les gisements de minerai restent pour la plupart inutilisés. Cependant, depuis une vingtaine d'années, on assiste à un phénomène singulier. Tandis que la fonte étrangère s'impose à la consommation locale, on voit partir du port de Caen pour l'Angleterre et l'Allemagne des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bateaux chargés de minerai normand; les chemins de fer en ont pris aussi pour diverses usines françaises. Ce minerai provient des anciennes Fosses d'Enfer, près d'Harcourt, ainsi nommées sans doute par corruption de fosses en fer; ces curieuses excavations souterraines ouvertes dans la montagne de Saint-Rémy, contiennent un fort beau gisement, exploité seulement depuis 1875; la mine concédée est reliée au port de Caen par un chemin de fer; elle est maintenant en pleine prospérité. Récemment, un autre gisement analogue a été découvert à May, sur les bords de l'Orne (rive droite), non loin des fameuses carrières de grès; l'exploitation de ce gisement est entrée dans une phase très active depuis deux ans; le minerai extrait est transporté par voie aérienne sur la rive gauche de l'Orne, où une voie ferrée le conduit à Feuguerolles et de là à Caen. Le succès de ces gisements s'explique sans peine : les grandes usines ne dévorent pas seulement beaucoup de charbon, il leur faut aussi beaucoup de minerai, et, pourvu que celui-ci soit riche et peu coûteux, elles ne craignent pas d'aller le chercher à grande distance (1).

Un gisement de minerai de fer existe à Urville, non loin de Bretteville-sur-Laize. Il consiste en une couche puissante d'hématite rouge affleurant presque verticalement dans les coteaux qui dominent la vallée de la Laize. La concession en fut faite en 1822; mais le minerai était trop pauvre pour être traité soit par la méthode catalane soit par les hauts fourneaux; aucun travail d'exploitation ne fut entrepris et la concession supprimée en 1837.

Le moment semble venu de créer des usines locales, destinées à traiter les minerais de Saint-Rémy, de Halouze, de May et de quelques autres gisements placés, comme les premiers, à proximité des chemins de fer. La situation d'une usine placée à Caen serait très avantageuse; elle serait comparable à celle des usines qui exploitent les minerais siluriens des environs de Segré (Société des mines de fer de l'Anjou et des forges de Saint-Nazaire); la proximité des gise-

(1) Une série de 12 analyses faites sur des échantillons recueillis dans les divers quartiers de la mine de Saint-Rémy, a donné en moyenne :

Fer.	57,83 p. 100	(max. : 61,88; — min. : 49,72)
Phosphore	0,110 —	(max. : 0,63; — min. : 0)

Voici le résultat d'une analyse complète :

Eau à 100°.	1,17	
Perte à la calcination.	5,41	
Silice.	5,24	
Alumine.	8,28	
Peroxyde de fer . . .	79,33	La proportion de soufre, le plus souvent insensible, ne paraît jamais dépasser 0,18 p. 100.
Chaux.	0,44	
Acide phosphorique. .	0,09	
	99,96	

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ments locaux est même notablement plus grande, et l'approvisionnement en combustible est plus facile (1).

Gisements de métaux autres que le fer.— Un gisement d'argent a été signalé, en 1825, dans une ardoisière exploitée anciennement à Curcy, au voisinage d'Harcourt. On y a trouvé, paraît-il, des grains d'argent natif, dont quelques-uns étaient de la grosseur d'une balle de fusil, mais ne dépassaient pas, pour la plupart, le volume du gros plomb de chasse. Ces grains se trouvaient dans les fentes ou fissures transversales que présente souvent le schiste ardoisier; ils étaient presque toujours accompagnés de pyrite commune, non argentifère. Berthier constata, à l'École des mines, que l'argent de Curcy renfermait 10 p. 100 de cuivre, exactement comme l'argent monétaire, et il remarqua que ce fait était « assez extraordinaire ». Depuis 1825, il n'a plus jamais été question de ce gisement.

Les recherches de métaux autres que le fer n'ont fourni aucun résultat sérieux.

Gisements de phosphate de chaux.— Au-dessus du banc formé par la malière près de Bayeux, M. de Molon et M. Guillier ont trouvé deux couches de phosphate de chaux. Les dépôts affleurent en beaucoup d'endroits sur une longueur de 40 kilomètres, entre Formigny et Bretteville-sur-Odon, en passant près de Bayeux, où ils ont le plus d'importance. Mais les nodules contiennent rarement plus de 35 p. 100 de phosphate de chaux; c'est trop peu pour que leur transformation en superphosphate soit avantageuse.

Rapports entre la géologie et l'agriculture. — La meilleure classification des terres agricoles est donnée, ainsi que l'a établi notre éminent maître, M. Risler, par leur étude géologique. Les propriétés physiques et chimiques d'un sol dépendent en effet de la nature de la couche géologique dont il est formé, et leurs variations entraînent une différenciation profonde dans le système de culture; la Plaine de Caen et les régions environnantes nous en offrent un exemple frappant, que nous avons cherché déjà à établir dans la description des itinéraires parcourus à travers la contrée. Nous citerons seulement ici quelques faits relatifs à cette question.

L'influence du sol est telle que, dans les vallées où les roches de transition sont mises à nu (Orne, Odon, Laize, etc.), on retrouve certaines plantes des terrains non calcaires et qui ne se répandent point dans la plaine, bien que leurs graines puissent y être facilement transportées. La digitale, par exemple, si abondante dans les roches de transition, est tout à fait inconnue dans la plaine de Caen, région éminemment calcaire.

(1) Une usine métallurgique va, paraît-il, s'établir à Courseulles, sous la direction de M. Corbel.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On a constaté d'une manière certaine les différences dans les saveurs, les qualités relatives d'alcool et la propriété de se conserver plus ou moins bien des cidres de Normandie, suivant qu'ils proviennent d'arbres plantés sur des terrains géologiquement différents. M. de Caumont a pu arriver à dresser ainsi une carte à la fois agronomique et géologique, où sont indiquées les distinctions des sols normands, par rapport « aux quantités et à la qualité des cidres que le pommier y donne, et relativement à la manière plus ou moins heureuse dont il pousse et s'y plaît ».

L'étude des terrains qui conviennent particulièrement aux arbres forestiers, en Normandie, faite par M. de Caumont, a donné lieu aussi à des observations intéressantes. Le hêtre, par exemple, prospère sur les terrains de phyllades, qui sont généralement légers ; il vient difficilement dans les terrains secondaires calcaires et argilo-calcaires, tels que le lias, l'oxfordien, la grande oolithe, etc. ; mais sur le grès vert et la craie inférieure, il acquiert des dimensions considérables. Il en est de même du châtaignier ; les plus beaux se trouvent dans les terrains de granite et de schistes, ou sur le grès vert. Le sapin et le pin maritime viennent fort mal dans les terrains de calcaires secondaires, où le pin d'Écosse, au contraire, semble se plaire particulièrement.

(*A suivre.*)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

SUR QUELQUES GRAVURES RELATIVES AUX ORIGINES DE LA FABRICATION DU SUCRE DE BETTERAVES, par **M. L. Lindet**, *Membre du Conseil.*

M. Bouchot, conservateur du cabinet des Estampes à la Bibliothèque Nationale, a bien voulu me signaler l'existence, dans la collection Hennin, de deux gravures intéressantes relatives aux origines de la fabrication du sucre de betteraves.

La première de ces gravures (1) que nous reproduisons ci-dessous a été probablement inspirée par les rigueurs du blocus continental. Depuis le 21 novembre 1806, les ports de la France et de ses alliés, notamment de l'Allemagne et de la Hollande, étaient fermés aux flottes anglaises. L'Angleterre, de son côté, avait déclaré en état de blocus les ports du continent, et le sucre des colonies anglaises et françaises cessait d'arriver en Europe.

A ce moment, l'opinion publique suivait avec intérêt les essais industriels entrepris en Allemagne par Achard et le baron de Coppi, pour extraire le sucre des raves ou betteraves. On semblait se consoler de la disette de sucre de cannes, en pensant qu'on allait désormais consommer du sucre de betteraves. C'était une nouvelle pièce, un nouvel opéra : *le Sucre aux raves*, qui allait se jouer bientôt, où chaque personnage, représenté sur la gravure, allait remplir son rôle et dire son mot. Bientôt on ne serait plus privé de sucre et il est temps de *raccommoder les cafetières;* c'est l'œuvre à laquelle se livre l'ouvrier orfèvre représenté au bas de la gravure.

Le personnage le plus important de la pièce qu'on va jouer est vraisemblablement un savant, à en juger par ses lunettes ; il tient d'une main un pain de sucre, de l'autre une tasse à café et il nous annonce qu'il a réussi : « J'y suis! » s'écrie-t-il.

Ce savant ne me semble pas un savant français ; car aucun, à l'époque où a dû paraître la gravure (1807 au moins), n'avait, d'après les documents à notre disposition, réussi à fabriquer du sucre de betteraves.

(1) Cette gravure ne fait pas partie du dépôt légal de la Bibliothèque Nationale. Sa disposition générale, le costume de certains personnages, notamment des musiciens, l'inscription « Livres de France, » peuvent faire supposer qu'elle est étrangère, allemande ou hollandaise.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Je ne connais dans cet ordre d'idées que deux documents, d'une part, le rapport que fit Deyeux, le 6 messidor an VIII (1), à l'Institut, au nom d'une commission, composée de Cels, Chaptal, Darcet, Fourcroy, Guyton, Parmentier, Tessier et Vauquelin, chargée de répéter les expériences d'Achard. Ce rapport conclut qu'on avait lieu « de présumer que le prix du sucre de betteraves ne s'élèverait pas plus haut que celui du sucre de cannes dans les tems ordinaires » ; d'autre part la lettre de Chaptal à Dejean (10 messidor an VIII), dans laquelle il écrit : « Nos résultats sont plus avantageux que nous ne l'aurions cru ; ce travail sera rendu public, et on verra qu'il est possible d'avoir du beau sucre à 11 ou 12 sous la livre. » Mais ni Deyeux, ni Chaptal ne semble, à cette époque, avoir fait assez de bruit dans le monde, pour être représenté par la caricature populaire. Au contraire, à partir des premières années du siècle, la science industrielle semble abandonner la betterave et son sucre, pour s'attacher, sur les conseils de Proust et de Parmentier, à une chimère, le sucre de raisins, que l'on pensait pouvoir identifier avec le Saccharose, mais que l'on ne parvenait pas à faire cristalliser, et que Chaptal reconnaissait « capable, à double dose, de remplacer le sucre de canne » (2).

Un certain nombre de chimistes n'avait pas renoncé cependant à l'espoir de reproduire industriellement les expériences d'Achard ; j'ai entrepris de rechercher la date à laquelle ils ont réussi ; cette date est connue et elle est de beaucoup postérieure à 1807.

Le 19 novembre 1810, Deyeux présenta à l'Institut deux pains de sucre fabriqués par lui, avec le concours de Barruel, chef des travaux de chimie à la Faculté de médecine, et raffinés par Allard, à Paris (3). — En 1810, également, Crespel offrit au maire de Lille, M. de Brigode, et exposa à la Mairie le premier pain de sucre de betteraves, obtenu dans sa fabrique (4). — En juillet 1810, Derosne, pharmacien à Paris, envoya une *moscouade*, c'est-à-dire du sucre non raffiné, à la commission, nommée par le ministre de l'Intérieur, pour l'examen des sucres indigènes (5), et le 20 février 1811, il montra à la Société d'Encouragement à l'Industrie nationale un pain de sucre de betteraves, fabriqué chez M. Drapiez, pharmacien à Lille, et qu'il avait reçu du maire de cette ville (6). Ce pain de sucre fut l'objet d'un rapport de Descostils, lu dans la séance du 3 avril 1811 (7).

(1) Deyeux, *Ann. de Chimie*, an VIII, t. 35, p. 134.
(2) Chaptal, *de l'Industrie Française*, t. I, p. 157.
(3) Deyeux, *Ann. de chimie*, 1811, 1re série, t. LXXVII, p. 58 et Mém. de l'Inst. Sect. des Sciences math. et phys., t. V, p. 121 et Ann. de l'Ag. fr., t. XLV, p. 145.
(4) Barral, *Éloge de Crespel*. *Bulletin* de la Société d'Encouragement, 2e série, t. VIII, p. 58. — Rapport du Jury de l'Exposition du Pas-de-Calais, pour les produits de l'Industrie, 1827.
(5) Derosne, *Introd. au traité d'Achard, trad. Angar*. Paris, 1812, p. 3.
(6) Derosne, *Bulletin* de la Société d'Encouragement, 1811, p. 63.
(7) Descostils, *Bulletin* de la Société d'Encouragement, 1811, p. 90.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

— Ce n'est que le 2 janvier 1812, que Benjamin Delessert annonça son succès à Chaptal, et que l'Empereur, sur l'avertissement de ce dernier, partit à Passy visiter sa raffinerie ; Flourens nous apprend que Delessert « s'était livré pendant quatre années auparavant aux études les plus assidues et les plus complètes » (1) ; mais je doute que quatre ans avant 1812, sa notoriété comme fabricant de sucre de betteraves fût bien établie. — Les premiers essais de Mathieu de Dombasle datent de 1809 (2), et quand on lit les livres de l'époque où la question put être traitée, on voit que l'on n'en était en France qu'aux périodes d'essai (3).

Notre conclusion est donc que le savant représenté sur la gravure n'est autre qu'Achard.

La Fortune, les yeux bandés, qui « *n'y voit pas et est inconstante* », c'est-à-dire qui protégeait hier le sucre de cannes et protégera demain le sucre de betteraves, tient une couronne au-dessus de la tête d'Achard.

Au premier plan est une femme à genoux, dans une allure suppliante, qui me semble représenter ici la Colonie, la puissance coloniale, la fabrication du sucre de cannes. Elle insiste auprès d'un homme, en costume de riche Incroyable, et qui, porteur d'une balance, doit figurer un gros commerçant, un importateur ; elle lui demande de ne pas « *se laisser aveugler* » par la fortune et de ne pas encourager le commerce du sucre de betteraves ; celui-ci lui répond : « *patience!* » ce qui veut dire : c'est un engouement passager, cela ne durera pas ! C'était là l'opinion de bien des gens à cette époque. « Une grande partie du public et même du public éclairé, disait encore, en 1820, Mathieu de Dombasle, est disposée à ranger la fabrication du sucre de betteraves, au nombre de ces découvertes plus brillantes que solides, pour lesquelles la pratique des ateliers n'a pas confirmé les espérances que pouvaient donner les expériences de laboratoire (4). » — « Le mouvement, imprimé par Achard, dit Chaptal en 1880, n'a pas eu de suite et MM. Deyeux et Parmentier sont arrivés à des résultats qui ne permettent pas de regarder cet objet comme économique » (5).

La femme dont je viens de parler n'est pas le seul personnage de la pièce qui proteste contre l'introduction du sucre de betteraves. Le chat, qui représente en général dans les gravures du XVIII^e^ siècle la jalousie, crie un « *mais!* » motivé, et le chien, qui représente au contraire la fidélité, aboie : « *où... où...* », et, de mépris, lève la patte sur un ballot de sucre de betteraves.

A côté des mécontents, il y a les satisfaits ; l'ouvrier orfèvre qui trouve dans la nouvelle industrie une source de travail, demande « qu'ils vivent ! »

(1) Flourens, *Éloge de Delessert* (4 mars 1850). Éloges historiques. Chez Garnier, p. 337.
(2) Mathieu de Dombasle, *Faits et observations sur le sucre de betteraves*, 1820, p. 11.
(3) Magnien et Deu, *Dict. des prod. de la nature*, 1809. Art. « Sucre. »
(4) Mathieu de Dombasle, *loc. cit.*, p. 5.
(5) Chaptal, *Chim. appliquée aux Arts*, 1807, t. II, p. 473.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

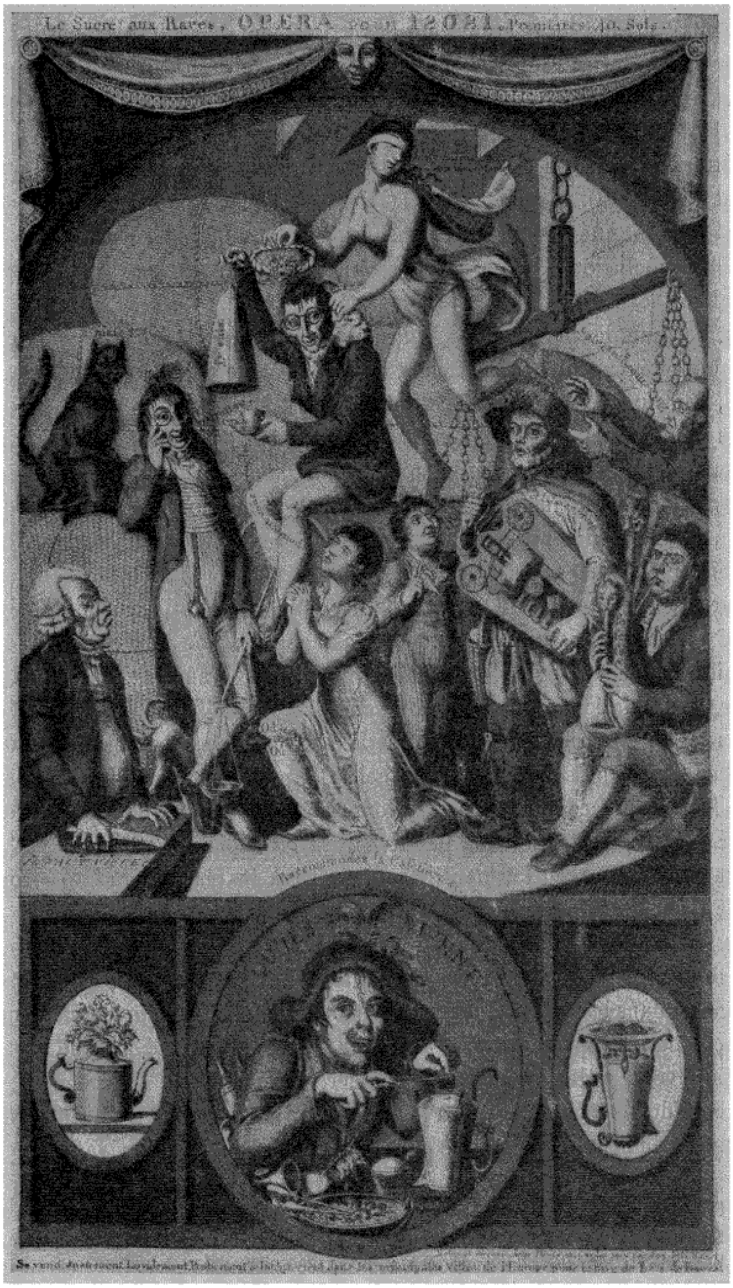


Fig. 1.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il y a enfin les indifférents. Un enfant, qui me semble représenter la jeune génération, se demande *qui* l'emportera ; les musiciens jouent de la vielle et de la

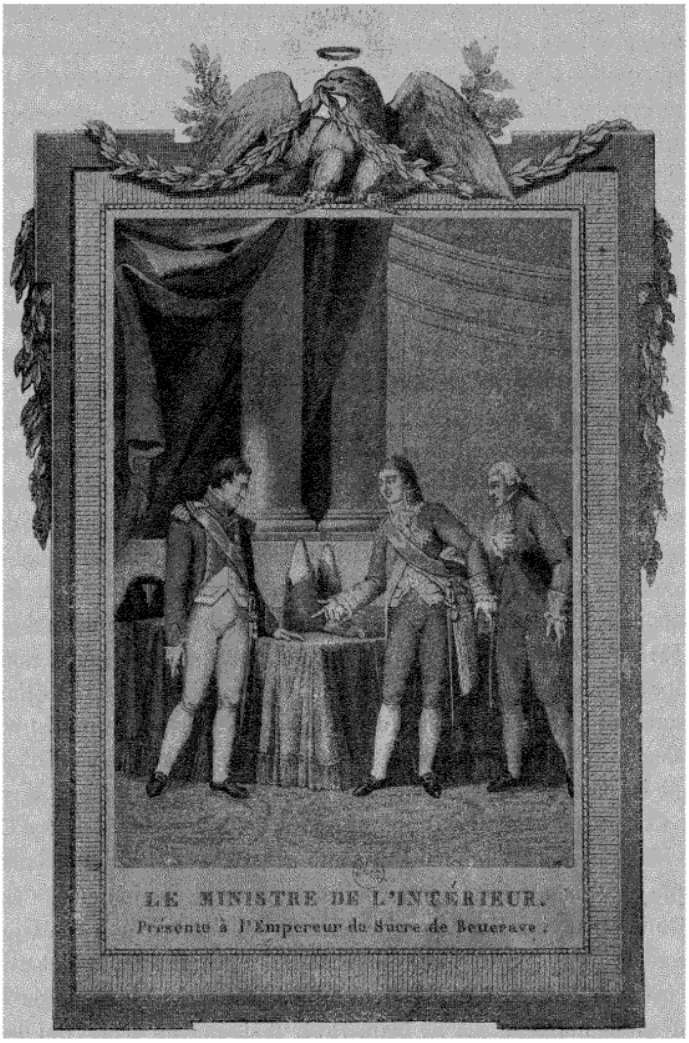


Fig. 2.

cornemuse et *laissent vivre* le monde, et l'épicier enfin, debout à son comptoir, ne demande aux denrées que de *lui permettre de vivre*.

Le sucre de betteraves, nous apprend cette gravure, « se vend justement, loyalement, probement et intègrement dans les principales villes de l'Europe

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pour le prix de 2 livres de France », et ce sucre est « éclos et déposé dans l'univers par les lois sacrées de la nature ».

La seconde gravure que nous présentons dans cet article est moins symbolique que la première. Elle fait également partie de la collection Hennin, à la Bibliothèque nationale, mais j'ai été assez heureux pour en retrouver l'origine et en fixer la date. M. Frédéric Masson a bien voulu m'indiquer que cette gravure faisait partie d'une *Histoire de France sous l'Empire de Napoléon le Grand, représentée en figures par David, avec un texte de Guyot et Maréchal* (Paris, 1813) (1). Le texte ne nous apprend rien des personnages figurés sur la gravure, mais comme les événements sont relatés dans ce texte par ordre chronologique, et que la *présentation par le ministre de l'Intérieur du sucre de betteraves à l'Empereur* est paginée entre deux événements qui ont eu lieu en janvier 1811 (installation de la cour Impériale de Paris et présentation par Desaix des drapeaux dont le roi d'Angleterre a fait présent à la ville de Tortose), on peut affirmer qu'en janvier 1811, Napoléon a fait officiellement connaissance avec le sucre indigène de betterave.

Le ministre de l'Intérieur était à cette époque de Montalivet, et je me suis attaché à rechercher quel personnage se trouve derrière le ministre dans une attitude plutôt déférente, revêtu d'un costume du XVIIIe siècle.

Je ne serais pas étonné que ce fût Deyeux, membre de l'Institut, à ce moment, pharmacien de l'Empereur. Ainsi qu'il a été dit plus haut, c'est le 19 novembre 1810 que Deyeux présenta à l'Institut deux pains de sucre, raffinés par Allard. Il est donc fort possible, étant données ses relations avec l'Empereur, que quelques jours plus tard, il les lui ait fait présenter par le ministre de l'Intérieur. Deyeux et Allard étaient à Paris, et il me semble plus difficile d'admettre que les pains dessinés sur la gravure fussent ceux présentés à la mairie de Lille par Crespel ou ceux que Drapiez envoya de Lille à la Société d'Encouragement. D'ailleurs, dans un mémoire publié en 1811, Barruel et Isnard rappellent que Deyeux a fabriqué deux pains de sucre et ils ajoutent : « Un de ces pains fut offert par Son Excellence le Ministre de l'Intérieur à Sa Majesté, qui daigna le recevoir avec cette bienveillance qu'il acccorde à tout objet utile » (2).

Cette présentation, en tout cas, détermina l'Empereur à encourager la fabrication du sucre indigène. Le 29 mars 1811, il signait un décret qui distribuait 1 million de francs aux cultivateurs de betteraves. Au cours de l'année 1811, il se faisait adresser d'un côté par M. de Montalivet un rapport sur les efforts qui avaient été faits pour exécuter le décret du 29 mars, rapport qui nous apprend que 6785 hect. ont été ensemencés en betteraves et que 40 fabriques sont en

(1) Bibl. Nationale, tome VI.

(2) Barruel et Isnard, *Mém. sur l'extraction du sucre de betteraves*. Ann. de l'Agr. Française, 1811, t. XLV, p. 394.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

activité (1); d'un autre côté par le comte Chaptal un compte rendu sur la fabrication du sucre (2), qui concluait à l'utilité que des écoles de sucrerie pourraient présenter pour le développement de la production indigène. — Le 2 janvier 1812, Napoléon partait à Passy, visiter, sur les conseils de Chaptal, la raffinerie de Benjamin Delessert, le décorait au milieu de ses ouvriers (3), et le 15 du même mois, il créait des écoles de sucrerie. La fabrication, favorisée par les hauts prix que le sucre avait atteints pendant le blocus continental, encouragée de mille façons par l'Empereur et ses conseils, prit son essor et devint peu à peu ce qu'elle est aujourd'hui.

Cette gravure possède donc un très grand intérêt, car elle représente un événement qui a été le point de départ des encouragements que le gouvernement impérial a donnés à la betterave et à la fabrication du sucre indigène.

J'ai trouvé enfin à la Bibliothèque Nationale deux caricatures grossièrement faites, qui datent du commencement du siècle.

L'une figure (4) un Anglais portant sous chaque bras un pain de sucre, et un pain de sucre également dans chacune des poches de son pantalon. La gravure est intitulée : « *Milord sucre en visite!* » L'Anglais en question est évidemment une victime du blocus continental qui vient en visite dans notre pays, dissimulant mal les pains de sucre qu'il espère y vendre.

L'autre (5), intitulée : « *Prompte arrivée des denrées coloniales* », nous montre un chariot rempli de ballots de moka, indigo, poivre, de pains de sucre, traversant la Manche de Douvres à Calais, traîné par des tortues et des écrevisses, et conduit par des Anglais. C'est la levée du blocus continental.

(1) *Ann. de l'Agr. Française*, 1811, t. XLVIII, p. 317.
(2) *Ann. de l'Agr. Française*, 1811, t. XLVIII, p. 320.
(3) Flourens, *loc. cit.*
(4) Bibl. Nat., *Caricatures*, t. V.
(5) Bibl. Nat., *Caricatures*, 1814.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MÉTALLURGIE

DÉVELOPPEMENT DE L'INDUSTRIE DU FIL LAMINÉ AUX ÉTATS-UNIS,
par **M. Baackes** (1).

Production. — La fabrication des fils absorbe un huitième de la production d'acier du nord de l'Amériqne. Les États-Unis, fabriquent par an plus de 1 million de tonnes de fils de fer et d'acier.

HISTOIRE DE LA FABRICATION

Origines. — Les historiens prétendent que le fil de métal existait 1 700 ans avant l'ère chrétienne. Jusqu'à ces derniers temps les procédés n'avaient pas été modifiés : on forgeait complètement le fil au marteau. Le premier perfectionnement a consisté à passer le fil à la filière pour le rendre plus lisse et plus régulier. Quand la préparation du fil brut a commencé à constituer une véritable industrie, on eut l'idée de laminer le métal en lames dans lesquelles on découpait des barreaux carrés. Ce procédé existait encore tout récemment. En 1877, chez M. *Krieger* et C^ie^, on voyait encore des laminoirs destinés à découper ces barreaux ; ils constituaient en Belgique un article du commerce et servaient principalement à faire des aiguilles carrées, mais étaient fréquemment étirés en fils.

L'art de laminer des fers profilés date de 1783, époque où un Anglais, *Henri Coit*, eut l'idée de tracer des cannelures sur les cylindres des laminoirs, idée renouvelée, sans le savoir, du Suédois *Chritoph Polhem*. C'est l'origine des premiers laminoirs dits *belges*.

Méthode belge. — Les premiers laminoirs belges étaient constitués, en dehors de la commande, uniquement par une seule cage de laminoirs trios, à cylindres cannelés (fig. 1 et 1 *a*). Des fils, fort grossiers d'ailleurs, furent ainsi laminés par passes successives en avant et en arrière, sans faire de boucles, en Europe puis en Amérique, pendant une dizaine d'années.

Ces trios furent plus tard séparés en plusieurs cages pour permettre la division du travail ; on arriva ainsi à laminer plus vite, et on put passer le fil en formant des boucles. Ce sont les premiers laminoirs à fils proprement dits (fig. 2).

On donne habituellement le nom de *train belge* aux laminoirs dans lesquels on passe les barres d'un mouvement alternatif, puis le fil en formant des boucles, toutes les cages étant placées sur une même ligne.

Méthode allemande. — Jusqu'au milieu du siècle et même plus tard, l'Allemagne

(1) *Stahl und Eisen*, 15 janvier, 1900.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

était à la tête des nations dans l'art de laminer les fils et de laminer vite. Les usines

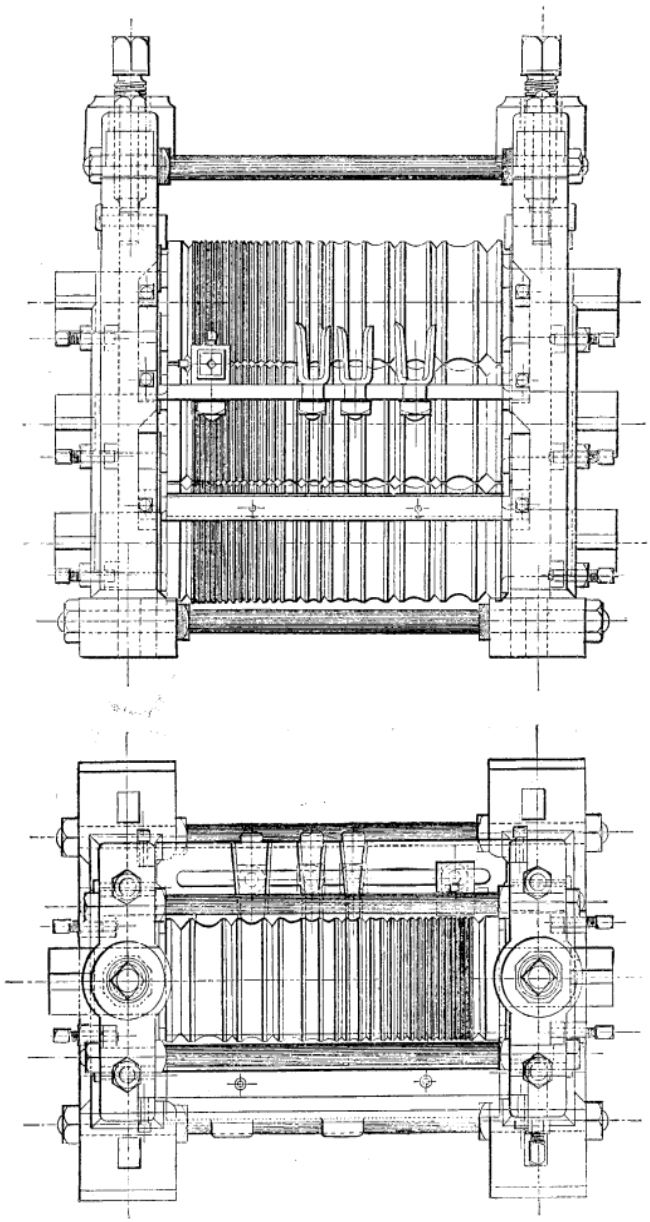


Fig. 1. — Vieux laminoir belge à cage unique. Élévation et plan.

possédaient d'abord de véritables trains belges, mais, bientôt, on eut l'idée de leur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

adjoindre un train dégrossisseur qui livrait les barres soit au réchauffage, soit directement au train finisseur. On peut à juste titre donner aux trains ainsi constitués le

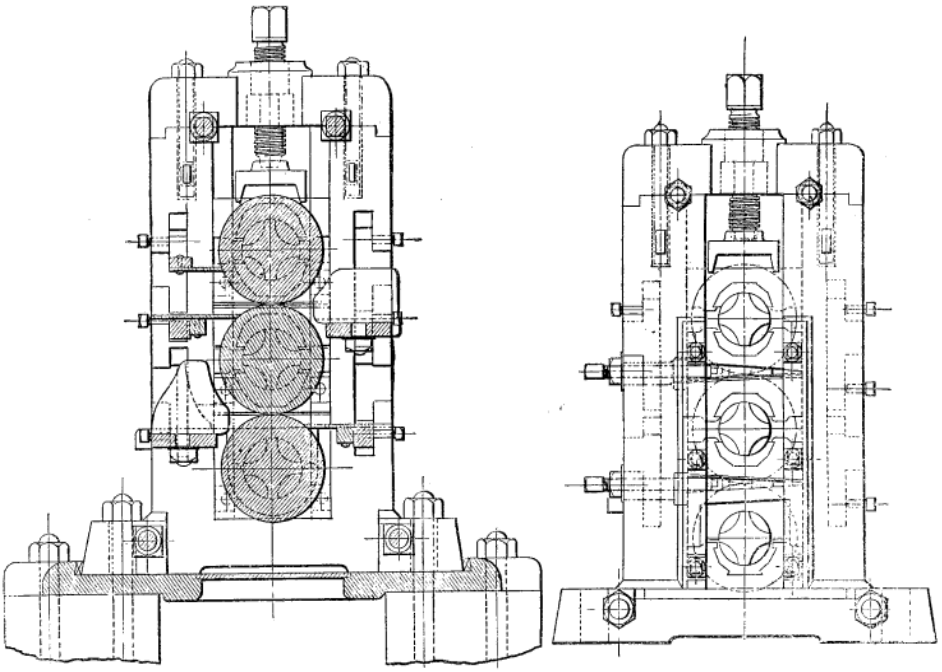


Fig. 1 *a*. — Vieux laminoir belge. Trio à cage unique. Coupe verticale et vue par bout.

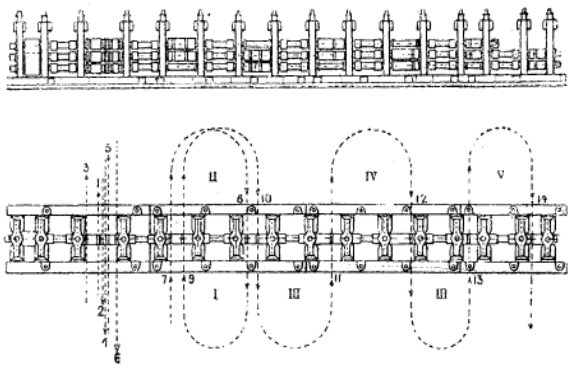


Fig. 2. — Laminoir belge à plusieurs cages.

nom de *trains allemands* (fig. 3). Les laminoirs de cette époque ne possédaient aucun des perfectionnements actuels tels que les guides, les dévidoirs, etc., aussi le poids des lingots était très faible ; cela tenait d'ailleurs à la nature de la matière

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

première employée, le fer forgé, qui ne se prête pas à la fabrication des fils de grande longueur.

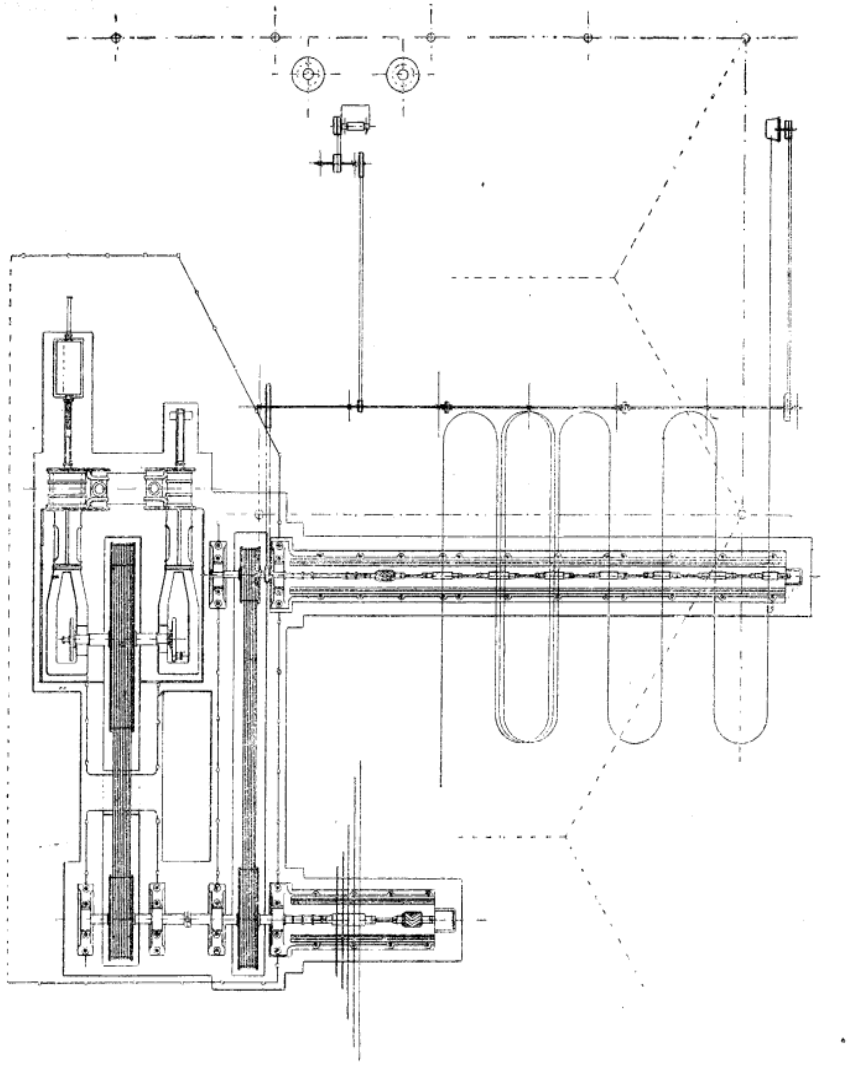


Fig. 3. — Laminoir allemand.

Trains continus. — Mais lorsque le télégraphe se développa, le besoin de fils plus longs se fit vivement sentir, et préoccupa les inventeurs.

Nous trouvons d'abord un Anglais, *George Bedson*, de Manchester, qui réussit à laminer plus vite au moyen d'un laminoir continu qui lui coûta beaucoup de peine et d'ingéniosité. La rapidité du travail protégeait le fil contre le refroidissement et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

permettait de l'obtenir plus long. Bedson travailla à son laminoir de 1860 à 1867. En traitant des lingots de 25 livres, on arrivait à une production de 3 à 5 tonnes, par jour. En 1867, il avait passé des lingots de 100 livres, avec une production journalière de

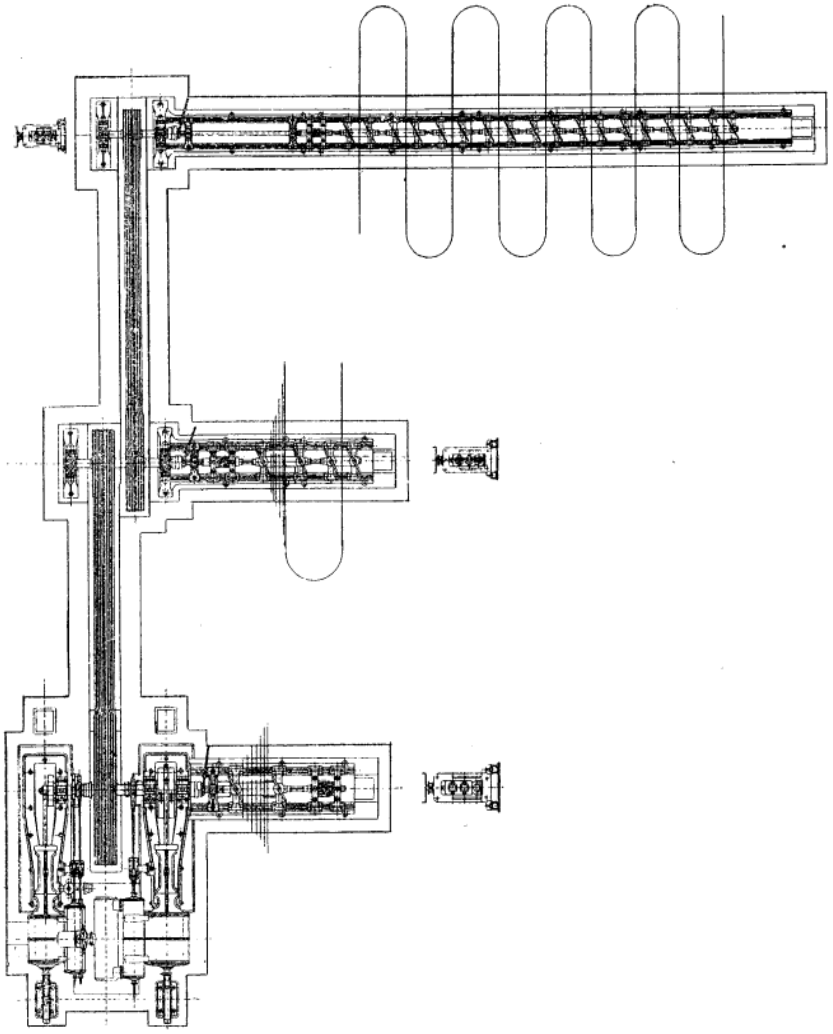


Fig. 4. — Laminoir allemand *Klein*.

11 tonnes. Dans son laminoir, les cylindres étaient alternativement horizontaux et verticaux, de manière à allonger puis à aplatir successivement le fil en ligne droite, sans le faire tourner.

Cependant les Allemands n'étaient pas restés inactifs, Böecker eut l'idée de placer deux trains parallèles à la suite l'un de l'autre ; les passages entre les deux se faisaient

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

comme dans un laminoir continu, tandis que les autres se faisaient à la manière ordinaire, par des boucles, et à la main.

Nouveaux trains allemands. — Les trains ordinaires avaient d'ailleurs été améliorés : on évita de plus en plus de faire repasser plusieurs fois le fil entre les mêmes cylindres, en augmentant le nombre des cages, ce qui simplifia beaucoup le travail. Enfin on plaça avant le train dégrossisseur un train à blooms.

Le type de ce genre d'installation est celle des frères *Klein;* les différentes passes se font toutes à la main, mais l'ensemble de l'installation est parfaitement disposé (fig. 4). Les gros trains à blooms permettaient d'utiliser directement les lingots de

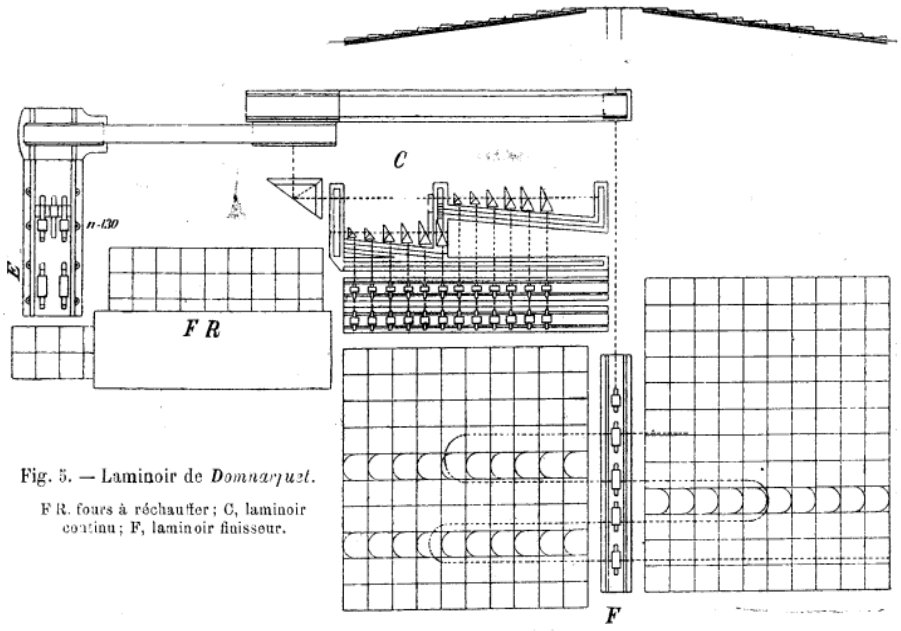


Fig. 5. — Laminoir de *Domnarfuet.*

F R. fours à réchauffer ; C, laminoir continu ; F, laminoir finisseur.

5 à 6 pouces, que fournissent les petites installations bessemer, ce qui est avantageux quand on est obligé de faire soi-même son acier.

On fit également des progrès remarquables en *Suède :* l'usine de Domnarfuet (fig. 5) possède un train ébaucheur réversible, un train moyen continu, et un train finisseur belge ; à' droite et à gauche de celui-ci, le sol et disposé en gradins pour mieux conduire les boucles.

ORIGINE DE LA FABRICATION AUX ÉTATS-UNIS

Pendant ce temps, l'industrie du fil laminé se développait en Amérique lentement, et sans rien de bien remarquable.

En 1869, la « Washburn and Mœn Manufacturing Company » construisit une usine

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du système Bedson, les machines venaient d'Angleterre, et on fit même venir quelques bons ouvriers. Cependant, on eut bientôt assez du train continu, et, en 1876, l'usine fut reconstruite à la manière allemande; le premier train réduisait les lingots de 4 pouces à 1 pouce 1/8, on réchauffait les barres, puis on les passait au train finisseur, qui donnait directement le n° 5 ou 6. Dans cette usine, on redoublait encore les passes entre deux mêmes cylindres jusqu'à quatre fois. Il y avait deux fours à réchauffer pour les deux chauffes successives. La production atteignit 20 tonnes par jour.

Guides. — On s'aperçut bientôt que le temps perdu à faire passer l'extrémité du

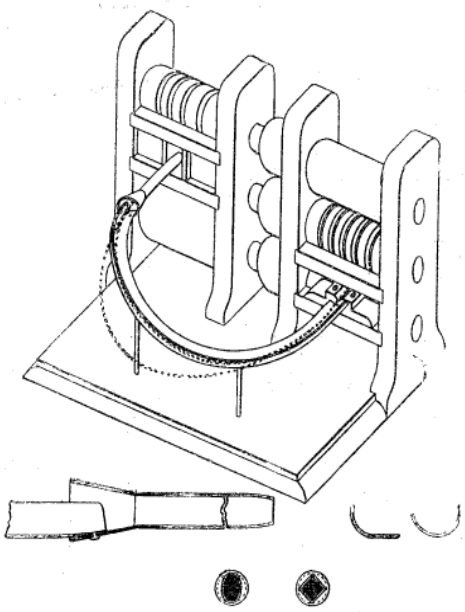


Fig. 6. — Guides de *John Beavis*.

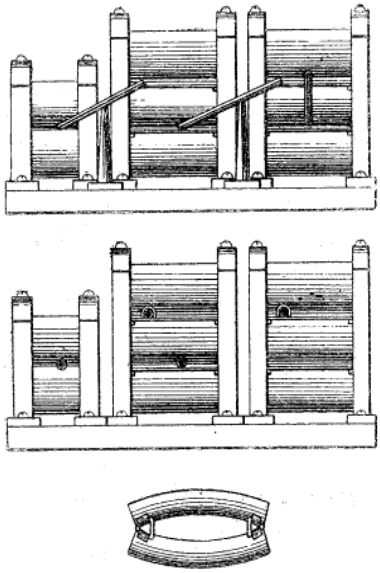


Fig. 7. — Guides de *W. Mac Callip*.

fil d'un laminoir à l'autre occasionnait un refroidissement important, qui empêchait la fabrication de fils de grandes dimensions. On se préoccupa d'effectuer cette opération mécaniquement.

Henry B. Comer prit en 1876 un brevet pour un guide qui ne parut pas pratique.

En 1876 *John Beavis* en imagina un qui rendit quelques services : c'était un tube fendu, dans lequel la barre passait, puis que l'on ouvrait ensuite pour laisser échapper la boucle (fig. 6). Ce n'était en somme qu'un expédient qui permettait à un gamin de faire le travail d'un ouvrier.

La véritable découverte du guide mécanique fut faite par *William Mac Callip* en 1877, et brevetée le 23 octobre. Il prenait simplement une sorte de gouttière de tôle courbée en demi-cercle (fig. 7); à sa sortie des cylindres, la tige était ainsi conduite à un tube unique et guidée pour la passe suivante. La boucle débordait alors en dehors de la gouttière. Ce procédé s'est montré précis et pratique. Il a permis de n'employer que moitié moins de laminoirs et de faire passer la production de 15 ou 20 tonnes à 25 ou 30.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dévidoirs. — Jusque-là, les dévidoirs étaient manœuvrés à la main, de sorte qu'ils ne pouvaient suffire qu'à une production limitée. On eut alors l'idée de les commander mécaniquement au moyen de transmissions à courroie ou à friction. C'est ce qui permit d'accélérer le laminage et de forcer la production.

Suppression des réchauffages intermédiaires. — Les lingots étaient laminés en barres de 1 pouce 1/4 (75 $^{m}/_{m}$ de côté) ou de 22 $\times$ 40, puis réchauffés dans de grands fours, enfin laminés en fils n^{os} 4 à 5.

A ce moment *William Garrett*, directeur des laminoirs de la « Cleveland Rolling Mills Company », laminait au train à blooms des lingots de 4 pouces et plus, les réduisait à 1 pouce 1/4, les coupait en morceaux convenables pour la fabrication du fil, les laissait refroidir, puis les réchauffait. Il y avait trois trains finisseurs, dont un à côté du

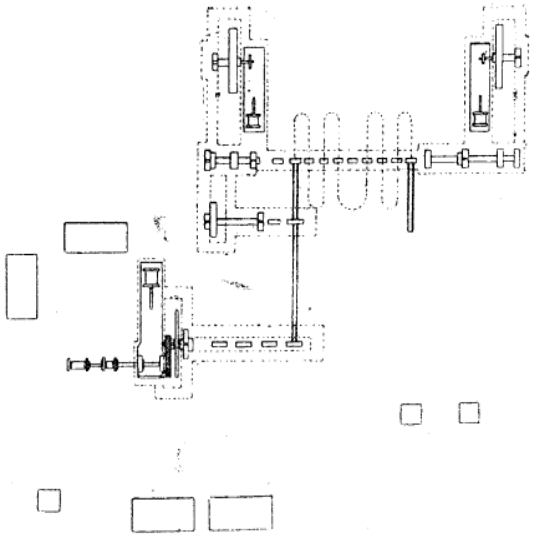


Fig. 8. — Laminoir *Garrett* avec une cage au train moyen.

train à bloooms. Garrett vit qu'on pourrait transformer directement les lingots en fils, sans réchauffage intermédiaire. Il fit des essais en faisant laminer immédiatement les barres de 1 pouce 1/4 ($32^{m}/_{m}$) avant leur refroidissement, et put annoncer qu'avec une disposition judicieuse des ateliers on pourrait supprimer le réchauffage.

Il construisit en 1882 le premier type des trains universellement connus sous le nom de Garrett (fig. 8 à 11). L'installation était pourvue d'une machine puissante, et la manœuvre des nouveaux lingots plus facile, de sorte qu'elle eut un succès complet. Cependant, il eut à lutter avec de grandes difficultés au commencement. Les ouvriers se firent bientôt à ce nouveau mode de travail, et la production atteignit le double de ce que pouvait fournir une ancienne installation. Le laminoir se composait d'un train ébaucheur à trois cages, d'un train moyen à une cage et de deux trains finisseurs à quatre cages chacun. La dernière cage du dégrossisseur, la moyenne et la première du finisseur se suivaient en ligne droite.

A la suite des résultats obtenus, *Garrett* construisit des laminoirs pour beaucoup

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'usines, entre autres pour la « Braddock Wire Company » à Rankin, où les plans primitifs étaient un peu modifiés.

Trains continus. — Cependant on améliorait toujours le train Bedson. *F. H. Daniels* et

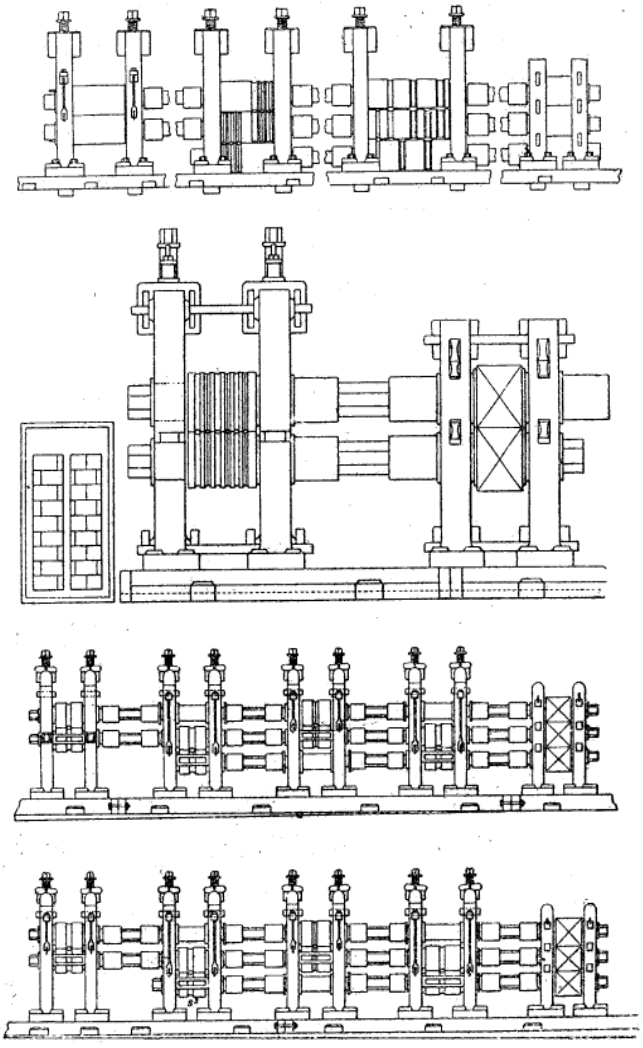


Fig. 9 à 11. — Laminoir *Garrett*.

C. H. Morgan y firent quelques perfectionnements. Entre autres, ils supprimèrent les cylindres verticaux, qui étaient d'un entretien difficile, et construisirent un guide pour assurer au fil une rotation de 90° entre une cannelure ovale et la cannelure carrée qui suit. Ils atteignirent ainsi une production de 40 tonnes.

Dévidoirs automatiques. — On employait alors des dévidoirs mus mécaniquement;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mais un gamin devait prendre l'extrémité du fil à sa sortie du laminoir, la porter au dévidoir, situé à 20 à 25 pieds de là, l'y fixer, enfin mettre le dévidoir en marche

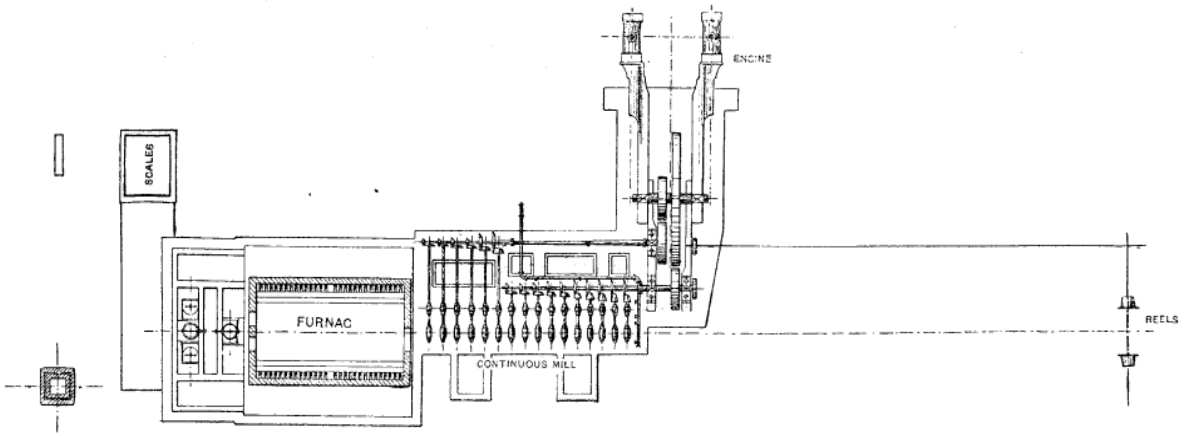


Fig. 12. — Laminoir continu *Morgan et Daniel.*

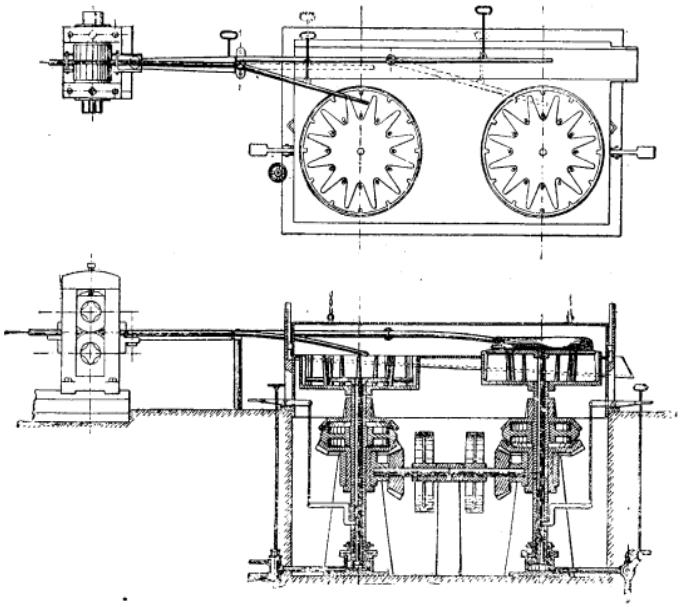


Fig. 13. — Dévidoir *Daniel.*

aussi vite que possible. Pendant tout ce temps, sur le sol, il se formait de grandes boucles qu'il fallait défaire sans accident. Pour les fortes productions, on employait deux dévidoirs. Mais il semblait qu'on ne pût dépasser 40 à 45 tonnes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Morgan et Daniel cherchèrent à établir des dévidoirs entièrement automatiques, où l'extrémité du fil se rendait d'elle-même, et qui enroulait le fil à la vitesse avec laquelle il arrivait. On les divise en deux classes : ceux dans lesquels le fil arrive sur un dévidoir qui tourne (système Daniel, fig. 13) et ceux dans lesquels le fil tombe sur le sol d'une embouchure guide qui tourne en cercle (système Morgan, fig. 14, 15 et 20).

Dans les deux systèmes, on compensait les faibles différences de vitesse du laminoir et du dévidoir par une variation correspondante du rayon d'enroulement.

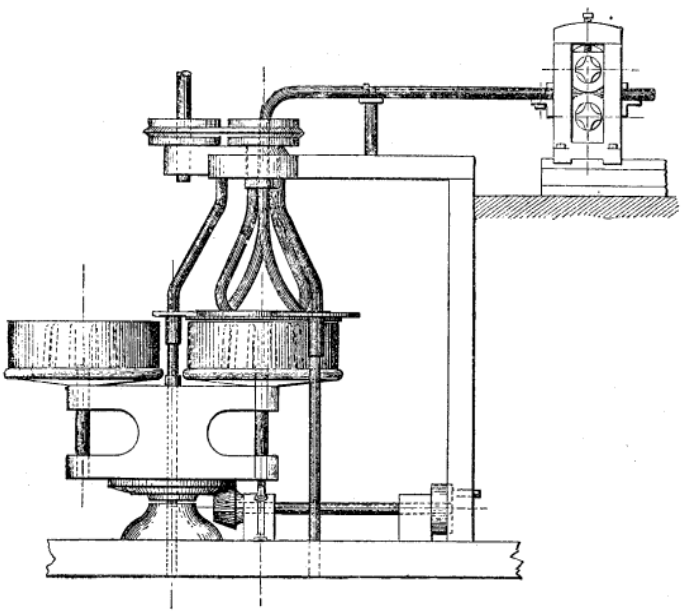


Fig. 14. — Dévidoir *Morgan*.

Garrett avait également imaginé un dévidoir composé de deux poulies verticales semblables à celles que l'on emploie pour la galvanisation. A l'arrivée du fil, un ouvrier ouvrait une poulie au moyen d'un levier et pinçait l'extrémité du fil en la refermant. Le fil s'enroulait alors, et le rouleau tombait quand on rouvrait la poulie. Mais ce système exige une certaine attention de la part de l'ouvrier; aussi n'emploie-t-on plus que les deux systèmes précédents et ceux qui en dérivent.

Guides modernes. — En 1886, Garrett construisit pour l'« American Wire Company » un laminoir, mais avec des modifications de son plan primitif (fig. 16). Il y a deux cages aux dégrossisseurs; la première est un trio où l'on fait six passes dans chaque sens, puis la barre est prise par un guide, conduite à la deuxième cage, en ligne droite avec la première cage du train moyen à trois cages. La deuxième passe s'y fait avec un guide, puis la troisième avec l'aide d'un lamineur. La dernière cage est en ligne droite avec la première du finisseur. Il y avait deux trains finisseurs identiques à ceux de ses premières installations. Garrett resta jusqu'en 1889

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sans établir de nouveaux laminoirs, mais il travailla continuellement à accroître la production de ceux qu'il avait établis précédemment par toute sorte de perfectionnements, principalement des guides mécaniques.

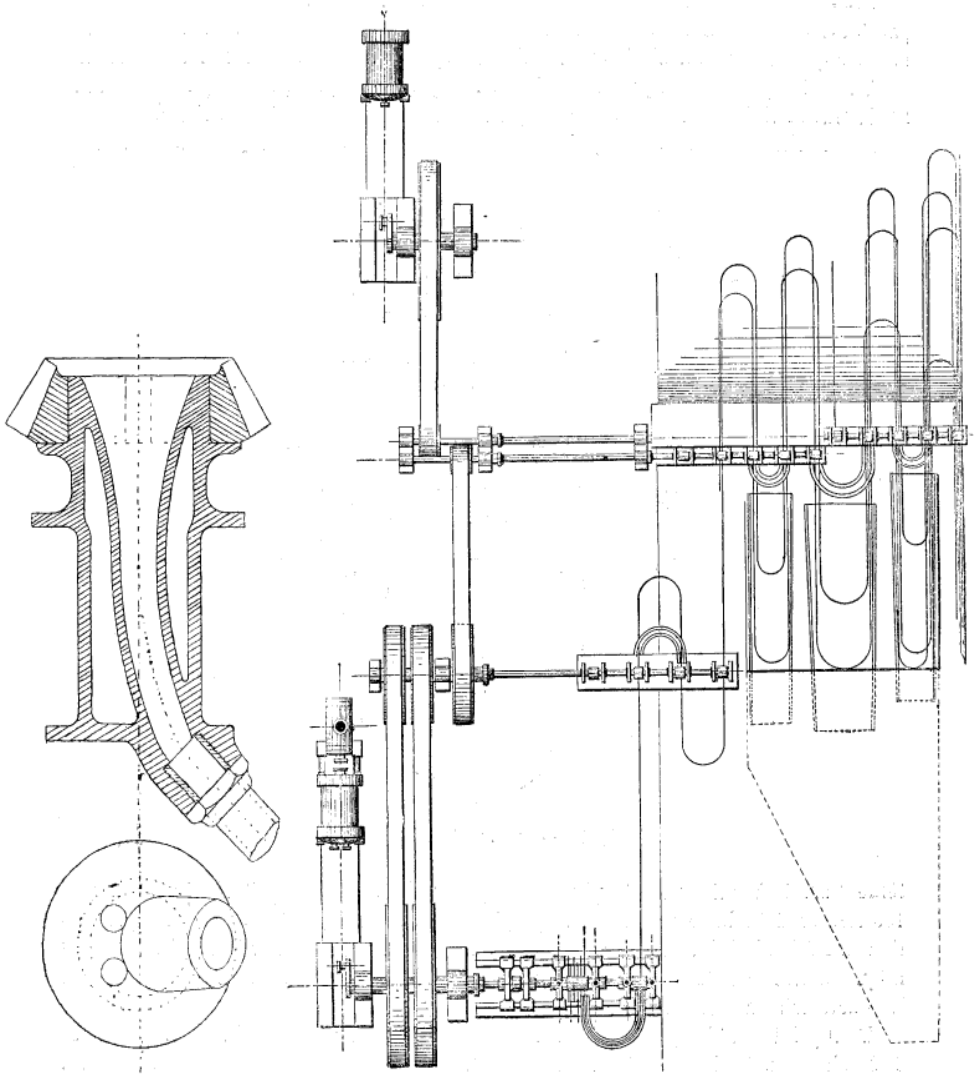


Fig. 15. — Dévidoir *Morgan*. Guide intérieur pour déposer le fil. — Fig. 16. — Laminoir *Garrett* de 1886 avec 3 cages au train moyen.

F. G. Tallman étudia la forme des guides en en modifiant chaque point, jusqu'à ce qu'il fut arrivé à un type exact qu'il reproduisit par moulage en fonte.

A cette époque (1887), W. *F. Thompson* et *John Walker* réussirent à placer côte à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

côte deux guides, pour permettre de faire passer simultanément deux barres au même laminoir (fig. 17). Les guides modernes sont ainsi constitués, souvent en trois parties, mais il y en a jusqu'à sept.

Tous ces perfectionnements permirent de réaliser des productions de 90 tonnes par jour. On se rendit compte alors combien il était difficile de bien diriger les boucles quand il y en avait deux ou trois superposées. *H. Robert* et son contremaître *A. J. Day* imaginèrent un plan incliné (fig. 18), qui rendit presque complètement inutile le travail si dangereux des gamins qui conduisent le fil avec des crochets.

Installations modernes. — Il y eut alors une lutte entre les différents laminoirs sys-

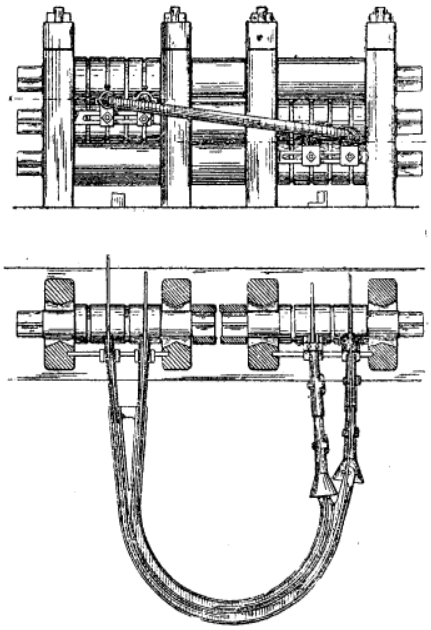


Fig. 17. — Guides *W. J. Thomson.*

tème Garrett à qui aurait la plus forte production. On atteignit ainsi peu à peu 130 tonnes. Cette lutte entraînait un gaspillage énorme. Cependant, une forte production une fois réalisée, on pouvait, tout en la maintenant, chercher à travailler économiquement. Toutes les usines voulaient alors être installées suivant le système Garrett. Il construisit un laminoir pour la « Joliet Steel Company ».

Tout y fut combiné pour réaliser une forte production : les machines développaient 4 000 chevaux. Au lieu de deux ou même trois fours à réchauffer, il y en eut quatre. On devait laminer des lingots de 70 kilos, tandis qu'on n'avait pas encore dépassé 60 kilos.

En 1892, l'auteur contruisit pour la « Baakes Wire Nail Co » un laminoir qui était une combinaison du laminoir continu belge et d'une disposition indiquée par Martin et Beanis, consistant à donner aux trains successifs une vitesse de plus en plus considérable de manière à réduire la longueur des boucles (fig. 19). Ce laminoir fonction-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

621.8.

Sauvage (E.). — **Air comprimé.**

1900. Rapport fait au nom du *Comité des Arts mécaniques*, sur un compresseur d'air à deux phases, présenté par la *Cie de Fives-Lille*.

Paris, *Bulletin de la Société d'Encouragement* pour l'Industrie nationale, février 1900, t. V, 5e série, n° 2, p. 157-170, 3 fig.

621.85.

Bourdon (Édouard). — **Courroies.**

1900. Rapport fait au nom du *Comité des Arts mécaniques*, sur le Monte-courroies articulé de *M. Eugène Micault*, mécanicien.

Paris, *Bulletin de la Société d'Encouragement* pour l'Industrie nationale, février 1900, t. V, 5e série, n° 2, p. 171-174, 4 fig.

542.4.

Violle (A.). — **Régulateurs de température.**

1900. Rapport présenté au nom du *Comité des Arts économiques*, sur le Thermostat régulateur de *M. Dorian*.

Paris, *Bulletin de la Société d'Encouragement* pour l'Industrie nationale, février 1900, t. V, 5e série, n° 2, p. 175-177, 2 fig.

664.6.

Muntz (A.). — **Panification.**

1900. Rapport fait au nom du *Comité d'Agriculture*, sur les procédés de mouture et de panification du *système Schweitzer*.

Paris, *Bulletin de la Société d'Encouragement* pour l'Industrie nationale, février 1900, t. V, 5e série, n° 2, p. 178-194, 8 fig.

---

63 (4422).

Guénaux. — **Agriculture.**

1900. La plaine de Caen, par *M. Guénaux*. (*A suivre.*)

Paris, *Bulletin de la Société d'Encouragement* pour l'Industrie nationale, février 1900, t. V, 5e série, n° 2, p. 195-211, 9 gravures, 1 carte.

338.4.

Levasseur (E.). — **Industrie.**

1900. Comparaison du travail à la main et du travail à la machine, par *M. E. Levasseur*, membre du Conseil. (Conférence faite à la séance du 22 décembre 1899. (*A suivre.*)

Paris, *Bulletin de la Société d'Encouragement* pour l'Industrie nationale, février 1900, t. V, 5e série, n° 2, p. 213-266, 33 fig.

666.9.

Deval (L.). — **Ciments**

1900. Essais des ciments par filtration, par *M. L. Deval*, Travail exécuté sous les auspices du *Comité des Arts chimiques*

Paris, *Bulletin de la Société d'Encouragement* pour l'Industrie nationale, février 1900, t. V, 5e série, n° 2, p. 267-270.

---

678 (662).

Hamet. (Résumé par A. Livache.) — **Caoutchouc.**

1900. Étude sur le caoutchouc du Soudan, par *M. Hamet*.

Paris, *Bulletin de la Société d'Encouragement* pour l'Industrie nationale, février 1900, t. V, 5e série, n° 2, p. 271-276.

678.

Livache (A.). — **Caoutchouc.**

1900. Sur un nouveau procédé d'extraction du caoutchouc contenu dans les écorces de diverses plantes et notamment des Landolfia, par *MM. A. Arnaud et A. Verneuil*. (Extrait des *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, p. 259, 1900.)

Paris, *Bulletin de la Société d'Encouragement* pour l'Industrie nationale, février 1900, t. V, 5e série, n° 2, p. 276-277.

621.99.

Société d'Encouragement. — **Filetages.**

1900. Unification des filetages sur tubes. Note de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale. Questionnaire de l'Institut royal des Ingénieurs Néerlandais.

Paris, *Bulletin de la Société d'Encouragement* pour l'Industrie nationale, février 1900, t. V, 5e série, n° 2, p. 278-283.

569.8.

Richard (Gustave). — **Métallurgie.**

1900. Notes de mécanique. — Chargeuse *Lentz* pour four à réchauffer.

Paris, *Bulletin de la Société d'Encouragement* pour l'Industrie nationale, février 1900, t. V, 5e série, n° 2, p. 284-285, 3 fig.

621.99.

Richard (Gustave). — **Vis.**

1900. Notes de mécanique. — Machines *Baker* à faire les vis à bois.

Paris, *Bulletin de la Société d'Encouragement* pour l'Industrie nationale, février 1900, t. V, 5e série, n° 2, p. 285-290, 11 fig.

539.4.

Richard (Gustave). — **Résistance des matériaux.**

1900. Notes de mécanique. — Le pressage de l'acier, d'après *M. H. V. Loss*. (Extrait du *Journal of the Franklin Institute*, décembre 1899, janvier et février 1900.)

Paris, *Bulletin de la Société d'Encouragement* pour l'Industrie nationale, février 1900, t. V, 5e série, n° 2, p. 290-297, 15 fig.

621.18.

Richard (Gustave). — **Injecteurs.**

1900. Notes de mécanique. — Appareil pour l'essai des injecteurs, installé au laboratoire de l'*Institut* technologique du Massachusetts. (Extrait de *Technology Quarterly*, septembre 1899. Note de *M. F. Park*.)

Paris, *Bulletin de la Société d'Encouragement* pour l'Industrie nationale, février 1900, t. V, 5e série, n° 2, p. 297-301, 6 fig.

628.17.

Richard (Gustave). — **Compteurs d'eau.**

1900. Notes de mécanique. — Les compteurs d'eau pour faibles débits, d'après *M. W. Shonheyder*. (Mémoire lu à l'*Institution of mechanical Engineers*. Londres, janvier 1900).

Paris, *Bulletin de la Société d'Encouragement* pour l'Industrie nationale, février 1900, t. V, 5e série, n° 2, p. 301-308, 23 fig.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

une dépense de force exagérée. Après la reconstruction, il en fut tout autrement : le dégrossisseur fit 85 tours; le moyen à 5 cages, 170; le continu, 300 à 390; enfin le finisseur, 490 à 500. Aussitôt, on atteignit une production de 95 tonnes, c'est-à-dire autant que pouvaient en fournir les deux fours à réchauffer. On en construisit un troisième qui coûta 2 000 dollars. La production s'éleva alors à 113, 123 et 136 tonnes. On fit même une fois 145 tonnes. En 1896, on adjoignit aux douze chaudières deux nouvelles, et on munit les machines de condenseurs Elles développèrent alors 3 700 à

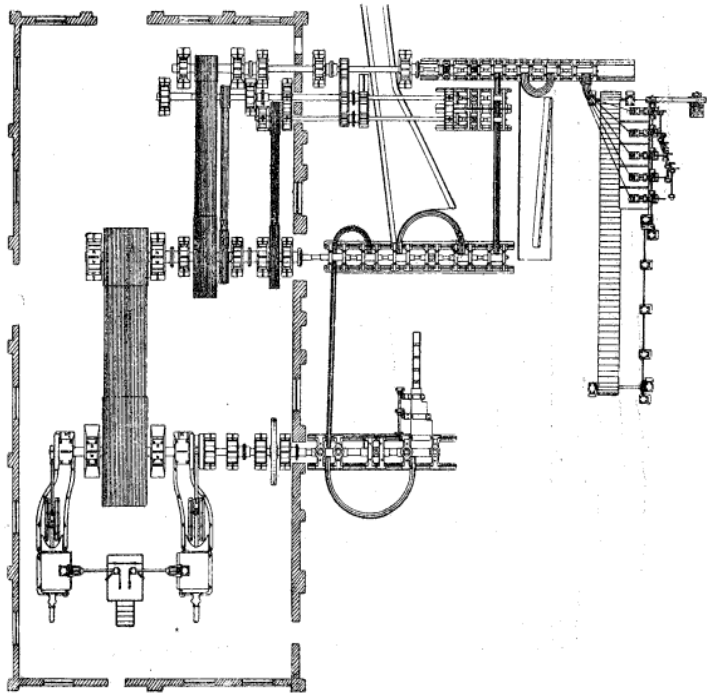


Fig. 19. — Laminoir *Baackes*.

3 800 chevaux. On construisit également deux fours automatiques de Alex. Laughlin; la production atteignit alors 169 tonnes et souvent 168 tonnes.

En 1897, l'usine Rankin, établie par Garrett en 1885 et considérablement améliorée depuis, ne pouvait produire que 117 tonnes au maximum. L'auteur la reconstruisit alors malgré les difficultés à vaincre du fait de la disposition des lieux. Quatre mois après, on produisait 177 tonnes.

Garrett reconstruisit pour l' « Illinois Steel Co » une usine travaillant par division (fig. 20). Elle se compose d'un dégrossisseur continu à six cages, suivi de deux cages à angle droit, chacune pour une des directions; d'un train moyen à trois cages et de deux trains finisseurs à quatre cages, comme d'ordinaire, pour chaque direction.

Il faut remarquer que le travail n'est pas le même sur les deux directions : un lamineur du train de droite est obligé de refaire un apprentissage pour travailler à celui de gauche, parce que les mouvements doivent se faire en sens inverse.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

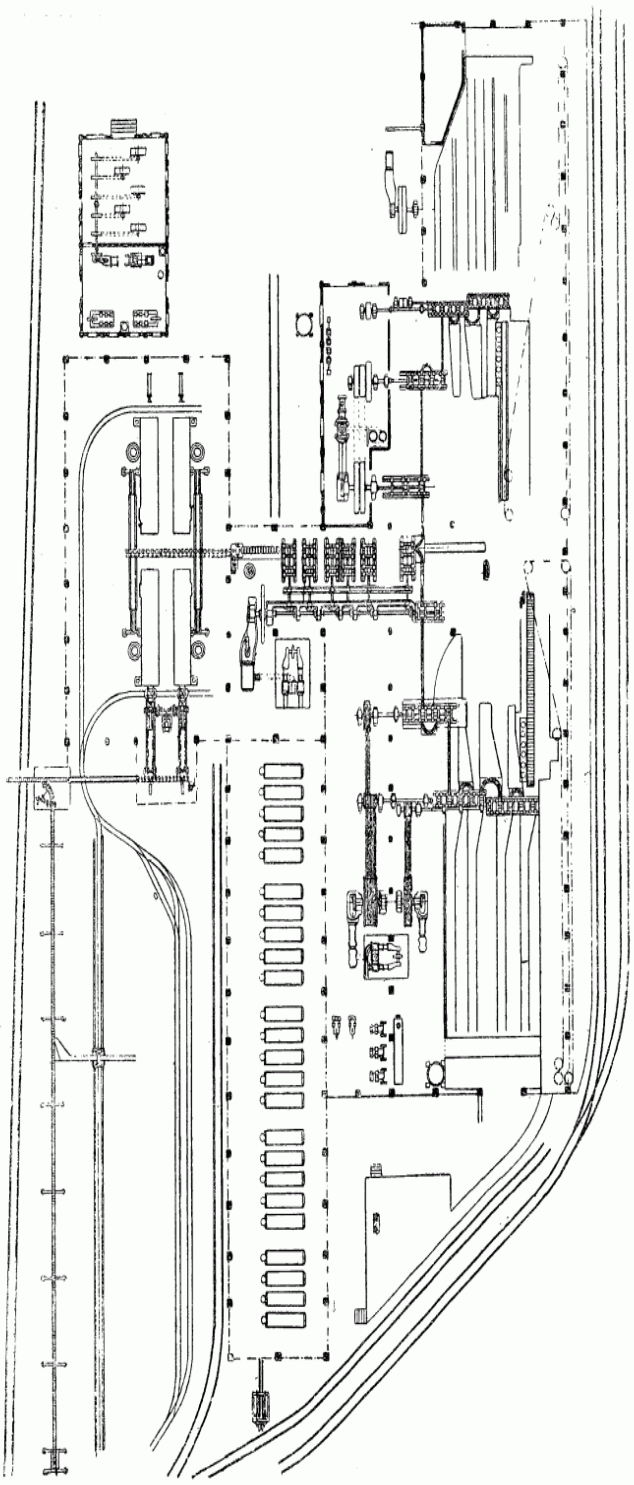


Fig. 20. — Laminoir *Garrett* aux aciéries de Joliet.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On espérait faire 360 tonnes, mais il semble qu'on n'ait pas réalisé cette production. Quoi qu'il en soit, une semblable installation est capable d'une forte production, avec son dégrossisseur prenant des lingots de 150 kilos, qu'il partage en deux pour

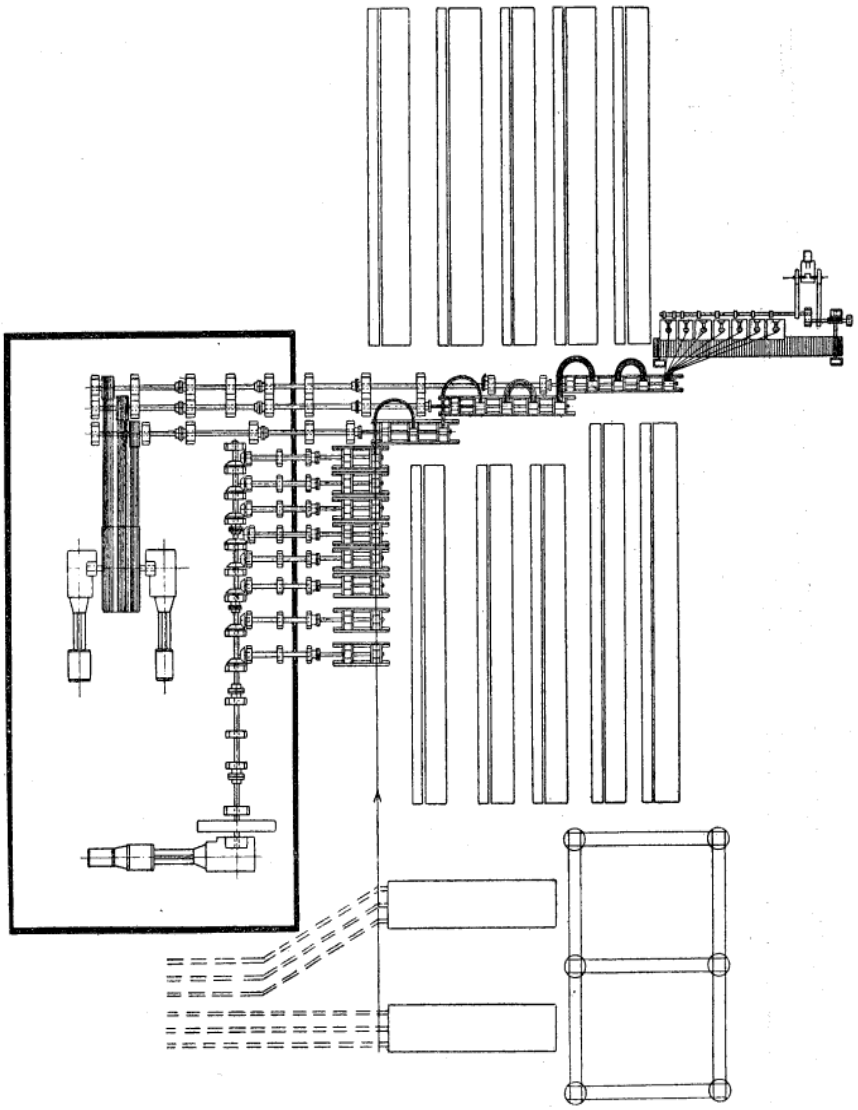


Fig. 21. — Nouveau laminoir, type *Baakes*.

les finisseurs. Mais les charges sont élevées et la conduite difficile. Il faut deux maîtres lamineurs et un contremaître par poste.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ajoutons, à propos de ces fortes productions, qu'il y a, dans les laminoirs modernes, des emplois qu'un seul homme ne peut remplir d'une manière continue. On en met alors deux qui se relayent de temps en temps, toutes les vingt minutes par exemple.

Il y a en général cinq endroits où on passe le fil à la main, mais il y en a de plus ou moins difficiles. De même, il faut plusieurs équipes pour tirer les lingots des fours à réchauffer.

L'auteur ne croit pas que les productions supérieures à 180 tonnes puissent se

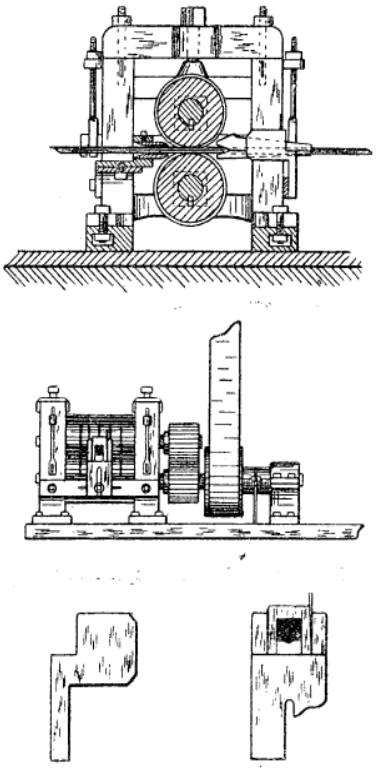


Fig. 22. — Guides *Day*.

justifier, et il indique une disposition qu'il croit capable de satisfaire l'industrie actuelle (fig. 21). Il y aura deux machines, donnant ensemble 4 000 à 4 500 chevaux-vapeur, ou même 4 800; un dégrossisseur continu à huit cages; un train moyen à deux cages, enfin deux finisseurs à quatre cages disposées le plus possible en ligne droite. Le passage d'un train à l'autre se fait par une boucle, de manière à éviter la traction qui se produit avec les autres dispositions, traction qui étire le fil et le rend plus mince au milieu qu'aux extrémités. Enfin, tous les lamineurs sont placés du même côté, ce qui rend la surveillance plus facile. Au sortir du laminoir continu, il y a un guide double, après la passe suivante un triple, puis un quadruple, un quintuple, enfin un sextuple. Il y a aussi toujours une place libre pour le fil qui arrive. Il faudra six dévidoirs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Enfin les boucles devront être parfaitement guidées, par exemple par le plan incliné de Roberts (fig. 18), et n'exiger aucun gamin pour les maintenir. Les guides doivent être disposés (fig. 22) pour qu'on puisse les enlever pendant la marche, s'il y a un accident produit par une mauvaise entrée du fil, par exemple. Il faut un courant d'air pour rafraîchir les laminoirs entourés de barres incandescentes. Deux grands fours automatiques sont reliés au laminoir par un chapelet pour transporter les lingots. Ils seront généralement chauffés au gaz.

Quelques détails. — Il faut couper les extrémités des barres pendant le laminage. L'expérience a montré que c'était entre la huitième et la neuvième passe qu'il con-

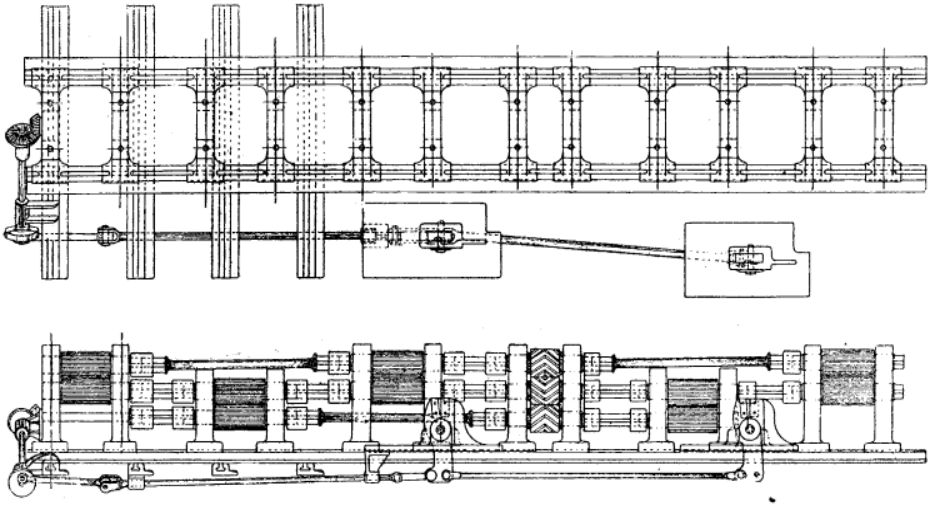


Fig. 23. — Cisailles *Martin* pour couper les bouts des barres.

venait de le faire. E. H. Martin a établi pour l'auteur (fig. 23) un bon système de cisailles. La première sert pour couper le bout avant de la barre et la deuxième pour le bout arrière. Elles sont placées de manière à éviter tout mouvement inutile.

On arrose fréquemment le fil qui s'enroule sur les dévidoirs pour le décaper, et parfois même les boucles.

Il y a une perte de 5 à 7 p. 100 pendant la fabrication, dont 1 à 1,5 p. 100 pour les extrémités que l'on coupe.

Les frais de fabrication sont en moyenne de 3 dollars 5 (17 fr. 50) par tonne de fil.

Le lamineur-finisseur reçoit.	0 fr. 43 à 0 fr. 46	par tonne.
Celui du dernier calibre.	0 fr. 40 à 0 fr. 405	—
Les 3 ou 4 hommes du dégrossisseur font 5 passes doubles et reçoivent ensemble. .	0 fr. 85	—
Le maître lamineur.	0 fr. 75 à 1 fr.	—
Son aide.	0 fr. 325 à 0 fr. 33	—

Le prix de revient, tout compris, varie de 3 dollars 5, à 4, 1/4 par tonne.

C. L. C.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHARGEUR ÉLECTRIQUE *Wellman*, POUR FOUR MARTIN

Cet appareil dont nous avons déjà décrit le type américain (1) commence à se répandre en Angleterre : les fig. 1 à 3 en représentent une application faite dans les ateliers Vickers, à Sheffield.

L'ensemble de l'appareil est roulé devant les fours par une dynamo de 25 chevaux A, à la vitesse de 1m,50 par seconde. Le chariot chargeur D roule sur le châssis B, dont les poutres C avancent presque jusqu'aux fours : il est mû par une dynamo de 25 chevaux E, actionnant deux de ses quatre roues, un contre-rail F l'empêche de se relever. Le chariot D porte, au bout de son bras G, le chargeur H, pivoté en K, et com-

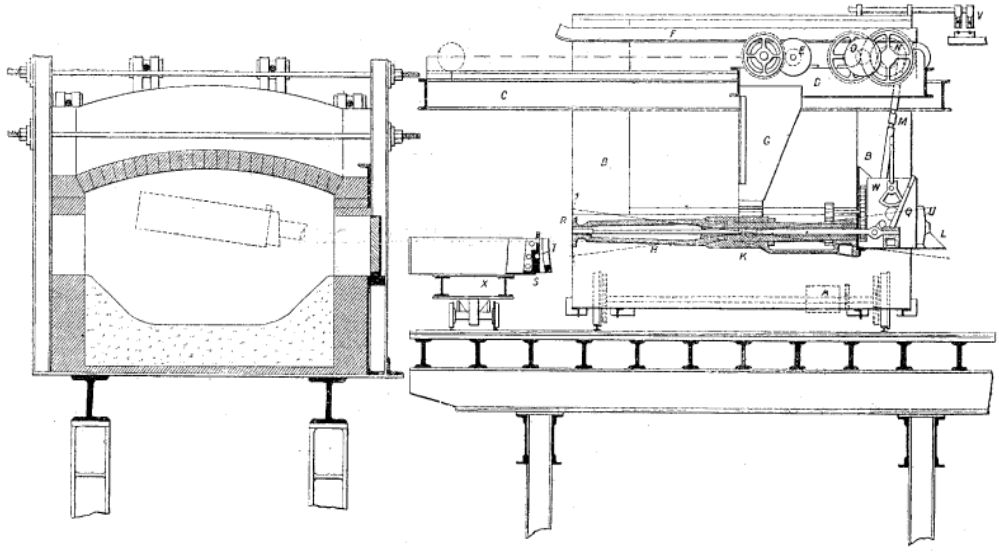


Fig. 1. — Chargeur électrique *Wellman*. Élévation ; — coupe.

mandé, de la dynamo de 25 chevaux O, par la transmission N M et le commutateur U de la plate-forme L.

Pour charger une boîte J du wagonnet X, on abaisse, par O, la tête R de H, puis on enclenche la boîte en T avec R, par un verrou que manœuvre le levier Q, on relève H et sa boîte par O, on la pousse par E dans le four, puis par la petite dynamo de 3,5 chevaux U, on déverse le contenu de la boîte, tantôt à droite, tantôt à gauche, de manière à répartir uniformément la charge dans le four ; après quoi, l'on ramène la boîte S sur X, et on retire le verrou de T.

Le bras H peut porter 3 000 kilogrammes et se remplace facilement une fois brûlé. Bien que la puissance totale des quatre dynamo soit de 78 chevaux 1/2, la puissance effectivement en jeu ne dépasse guère 25 chevaux. Le courant, de 220 volts, est amené au commutateur M par le trolly V, et la commande par dynamos seules est aussi précise et rapide que la commande hydro-électrique du type américain. Tous les mouvements

(1) *Bulletin* de décembre 1896, p. 1666, et l'*Éclairage Électrique*, 13 mars 1897, p. 349.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sont équilibrés, sauf la bascule du bras autour de K, mais, pour en arrêter le balourd, la dynamo O est pourvue d'un frein électromagnétique constitué (fig. 2) par 7 disques en bronze rainurés sur l'arbre de la dynamo et tournant entre autant de plateaux du manchon *a*, ordinairement serrés sur le disque par un ressort; quand on lance le courant dans la dynamo, il excite l'électro *b*, qui, attirant *a*, desserre le frein.

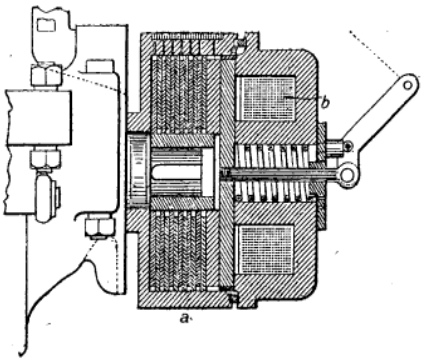


Fig. 2. — Chargeur électrique *Wellman*. Frein.

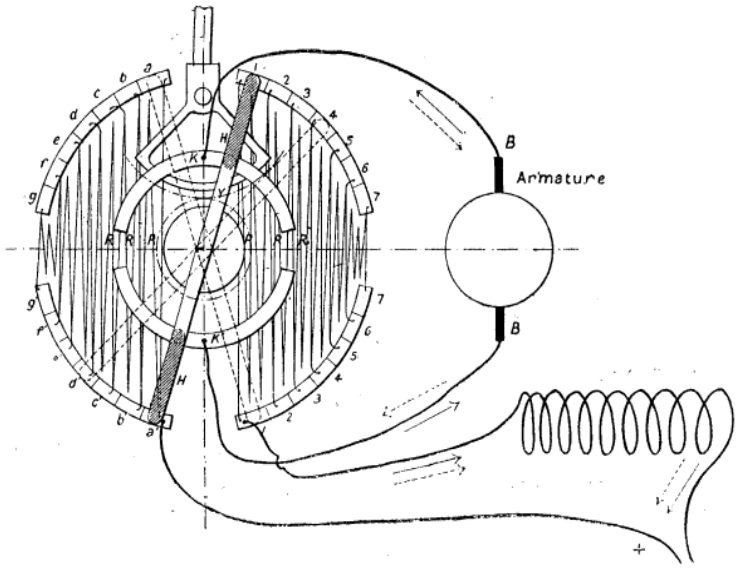


Fig. 3. — Chargeur électrique *Wellman*. Commutateur.

Le commutateur M, du type Dinkay, est représenté schématiquement par la figure 3. Le courant admis par *a*, passe par H_1 K, au balai B, de l'armature qu'il traverse pour aller, par H_{11}, aux inducteurs en série sur l'armature. Pour diminuer la vitesse, on amène la manette H H_1 dans la position pointillée à droite, ce qui oblige le courant à traverser de H en H_1 les résistances interposées entre a_1 et d_1, après quoi, il

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

traverse l'armature, puis revient au segment H, et traverse toutes les résistances interposées entre H et 1_1. Quand on amène H H_1 dans la position pointillée à gauche, on change le sens du courant dans l'armature et par suite la marche de la dynamo.

L'appareil, sur voie de $3^m,60$, dessert 3 fours de 20 tonnes. Le wagonnet X, sur voie de $0^m,60$, porte trois boîtes S de $1^m,650 \times 450 \times 600$ de large, pouvant renfermer chacune environ 2 tonnes de fonte ou une tonne de riblons.

Aux aciéries de Homestead, États-Unis, une batterie de six fours de 35 tonnes divisés en 3 paires, avec chacune deux ouvriers et un gamin pour ouvrir les portes, est desservie par deux enfourneurs Wellman, avec chacun son mécanicien, bien qu'un seul puisse suffire à la rigueur. Le chargement d'un four dure 50 minutes au lieu de 3 heures à la main, ce qui permet d'augmenter de 15 p. 100 la production des fours. Ces changeurs ont économisé à Homestead, en 1896, directement, en salaires, 1 franc par tonne de lingot et indirectement 1 fr. 75, soit en tout 2 fr. 75. Dans une autre installation, le personnel d'un four de 20 tonnes fut réduit de 14 à 8, avec une économie de salaire de 33 1/3 p. 100 et de 1 fr. 85 par tonne de lingot (1).

G. R.

MACHINES A MOULER DE *Knuttel*.

Cette machine a principalement pour objet la fabrication rapide et précise des moyeux pour petites pièces de fonderie en séries nombreuses, d'une façon entière-

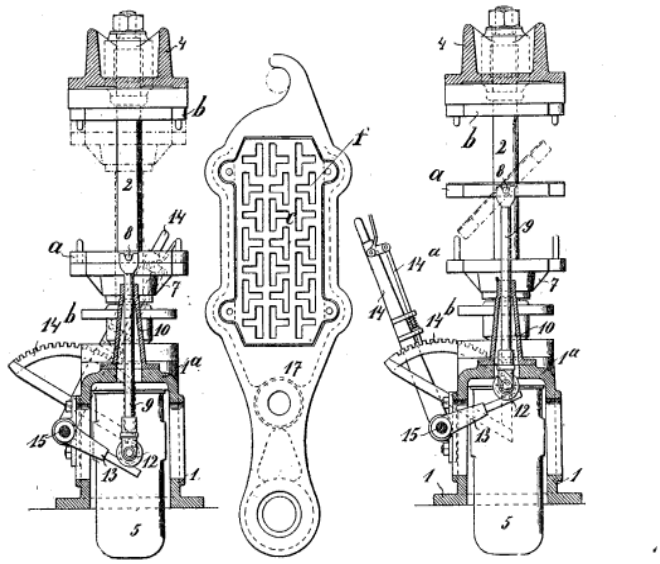


Fig. 10 à 12. — Machine à mouler *Knuttel*. Coupes III-III (fig. 8). Plan du plateau et vue par bout.

ment mécanique, et sous une pression qui leur assure une grande résistance.

Voici comment procède en gros cette machine. Soit, par exemple, à faire le moyeu

(1) *The Engineer*, 16 mars, 273.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

(figure 2) du robinet (figure 1) ; on commence par faire comme nous le verrons, au moyen des plaques *a b* et *c*, (figure 3), le moyeu provisoire *f* (fig. 4), au moyen des plaques *a* et *c*, puis on parfait cette ébauche au moyen des plaques *a* et *b*, c'est-à-dire en remplaçant la moitié de moule ébauchée *c* par la moitié finie *b*, qui chasse l'excès du sable en *f* et tasse fortement le sable même du moyeu. Des réserves *e e* (fig. 6) permettent le dégagement du sable en excès et assurent l'exacte fermeture des moules.

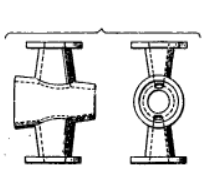


Fig. 1.

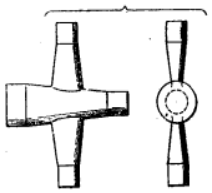


Fig. 2.

Fig. 4.

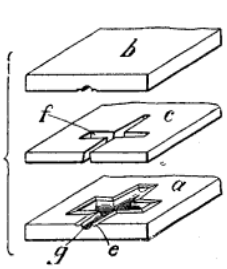


Fig. 3

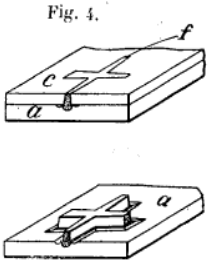


Fig. 5.

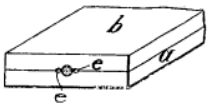


Fig. 6.

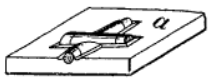


Fig. 7.

Fig 1 à 7. — Machine à mouler *Knuttel*. Fonctionnement des plateaux.

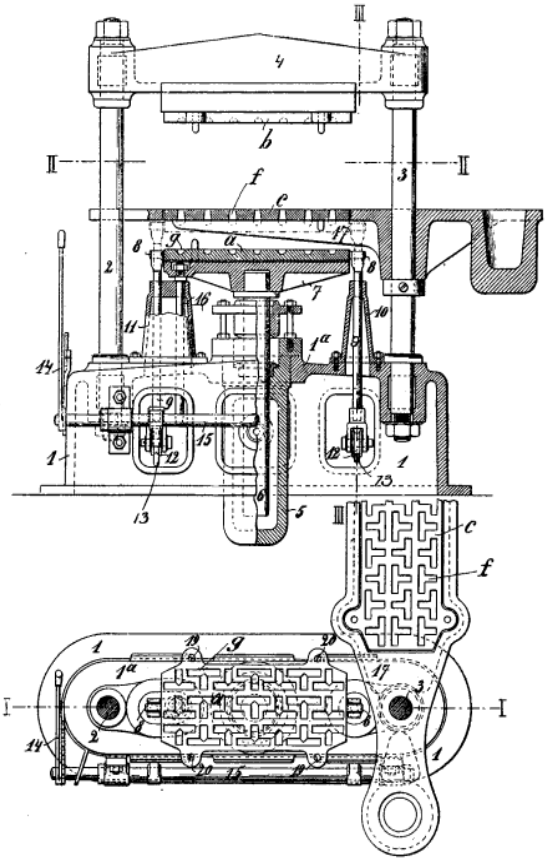


Fig. 8 et 9. — Machine à mouler *Knuttel*. Coupes II et II-II.

On reconnait sur les figures 8 à 12 les trois plaques *a*, *b* et *c*, dont les moulures représentent, sur *a* et *b*, exactement les formes du moyeu, tandis que les percées *f* de *c* ne les reproduisent que d'une façon approximative, et avec une capacité sensiblement égale à celle des moulures de *a*. La plaque *b* peut pivoter autour de la colonne 3 et se dérober ; une tige 16, guidée dans 11, empêche le plateau 7 de *a* de pivoter sur son piston G.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le fonctionnement de cette presse est le suivant. On soulève d'abord, par le levier 14 et le mécanisme 9, 12, 13, 14, 15, la plaque *a*, jusqu'à lui faire toucher la plaque *c*, puis on la fixe dans cette position en enclenchant le levier 14 par 14_a 14_b, et l'on emplit exactement *a* et *c* de sable bien tassé, après les avoir enduites d'une petite couche de poussier de charbon de bois; on frappe légèrement *c* pour en décoller le sable et on abaisse *a*, qui se trouve ainsi porter l'ébauche du moyeu comme en figure 5.

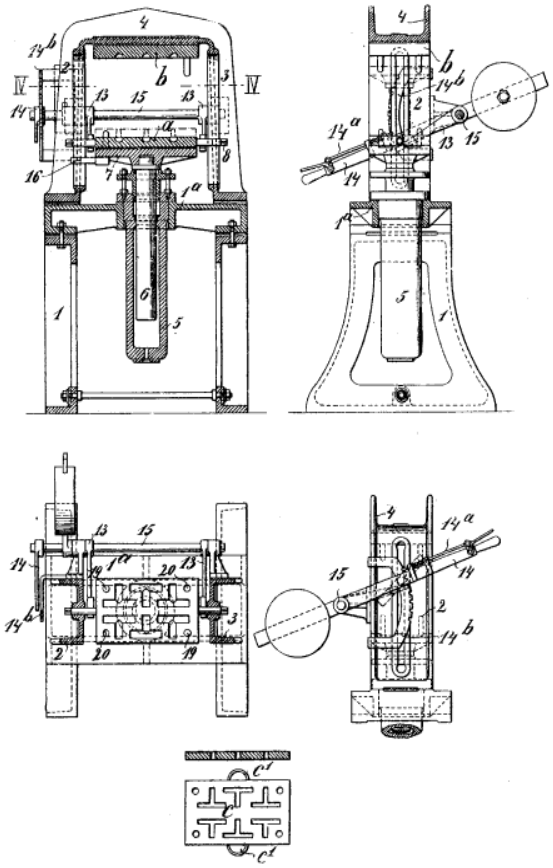


Fig. 13 à 17. — Petite machine à mouler *Knuttel*. Coupes verticales. Coupes IV-IV. Plan. Détail du plateau *c'*.

On défile alors *c* de 90° autour de la colonne 3, puis on soulève et presse la plaque *a* sur *b* par le piston hydraulique G, en la faisant suivre par les tiges *q*, qui, à la descente de 7, en détachent *a* et la supportent, de sorte qu'il suffit alors de faire basculer *a* comme en figure 11 pour en retirer les moyeux.

Dans la machine figures 13 à 16, plus petite et plus légère, les tourillons *v* de la plaque *a* sont guidés par les coulisses 2-3 du châssis, et portés par des leviers 13, calés sur l'arbre 15 de 14. La plaque intermédiaire *c* est posée puis retirée par les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

poignées c'. Le fonctionnement de cette petite machine est le même que celui de l'appareil précédent, et n'exige aucune explication complémentaire.

FABRICATION DES TUBES D'ACIER NERVURÉS SANS SOUDURE (1)

Cette fabrication a pris une grande extension en Allemagne, notamment aux aciéries de Duisbourg.

On part d'un lingot creux, que l'on aplatit par laminage, puis ce lingot b (fig. 1),

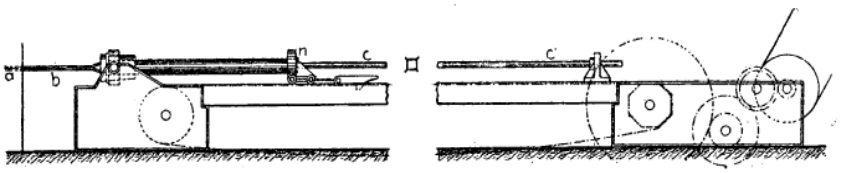


Fig. 1. — Étirage des tubes nervurés. Ensemble du banc.

Fig. 2. — Sections diverses des tubes nervurés.

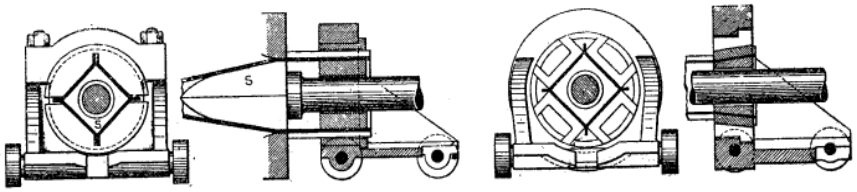


Fig. 3. Fig. 4. Fig. 5. Fig. 6.

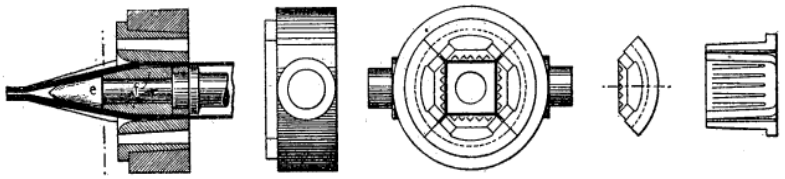


Fig. 7 et 8. Fig. 9.

Fig. 10 à 12.

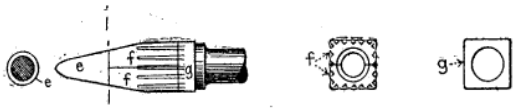


Fig. 13. Fig. 14.

sortant au rouge d'un four a, est passé au banc d'étirage, constitué par un chariot tracteur n (fig. 1 et 6) qui tire le tube sur un mandrin fixe c, à tête s (fig. 4) en forme de

(1) *Engineering News*, 1er mars, p. 142.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

coin *c* (fig. 7), terminés par une partie cylindro-conique *g*, qui refoule graduellement le métal du tube ouvert par *e* dans les creux de la filière (fig. 3), de manière à donner à sa section le profil correspondant (fig. 5), qui peut être (fig. 2) des plus variés.

Dans certains cas (fig. 15), on remplace la filière par un laminoir avanceur.

On emploie pour ces tubes de l'acier Martin résistant à 40 et 50 kilogrammes par

Fig. 15.

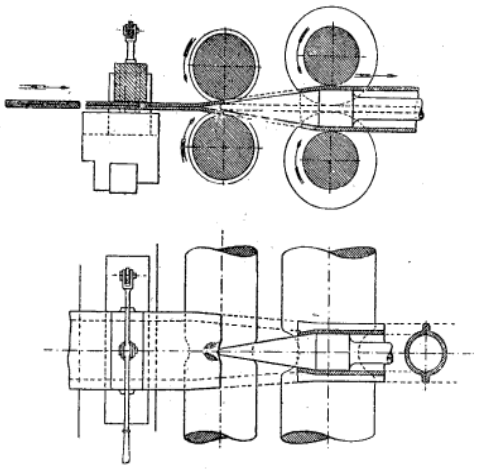


Fig. 16.

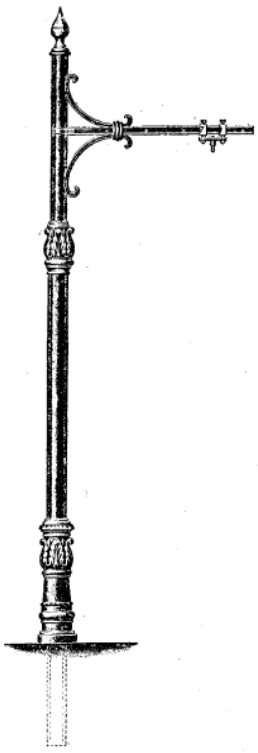


Fig. 16. — Poteau de tramway en tube nervuré.

millimètre carré, avec un allongement de 20 à 30 p. 100 ; les tubes ont jusqu'à 10 mètres de long et 100 millimètres de diamètre.

Ces tubes rigides, et très légers, moins sujets à la cassure que les colonnes rivées- sont susceptibles d'un grand nombre d'applications. La figure 16 en montre l'utilisa, tion comme poteaux de tramways électriques.

G. R.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

NOTES DE MÉCANIQUE

EXPÉRIENCES EXÉCUTÉES SUR DES HÉLICES AÉRIENNES DE $9^m,14$ DE DIAMÈTRE PAR *MM. P. Alexandre et W. G. Walker* (1).

Ces expériences ont porté sur cinq hélices désignées par les lettres A B C D E, de $9^m,143$ de diamètre, différentes par la disposition des toiles sur leur ossature, de $1^m,83 \times 9^m,143$ de long (fig. 1 et 2), aussi légère que possible, en tubes d'acier reliés par des raccords brasés. Quatre de ces hélices étaient du type Mangin, à 4 ailes, l'une derrière l'autre, à un écartement de 953 millimètres. L'ossature, montée sur un arbre

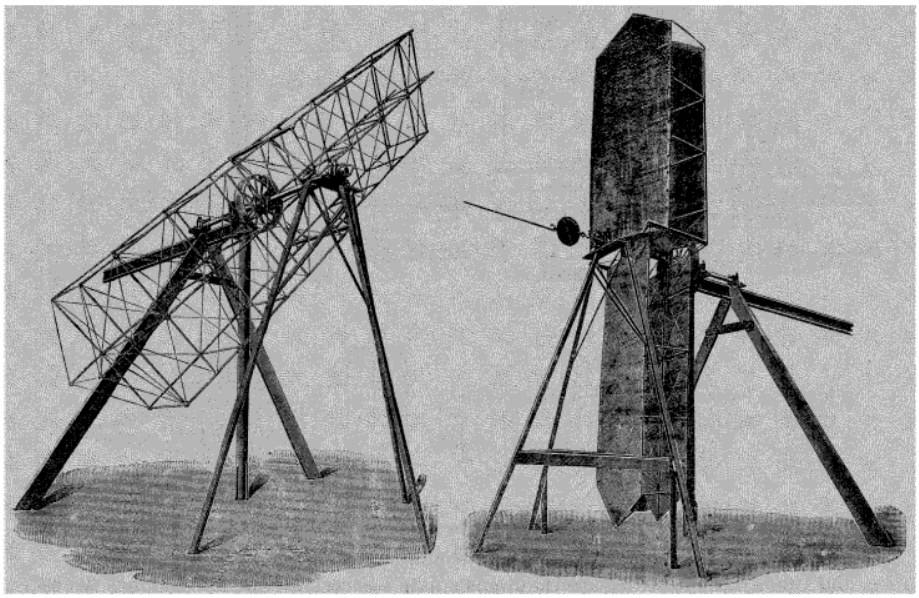


Fig. 1 et 2. — Ossature et montage des hélices.

de 100 millimètres, était actionnée par une machine à vapeur au moyen d'une courroie de 150 de large et d'une poulie de $1^m,50$, le diamètre de la poulie motrice variait de $0^m,60$ à $0^m,90$. Il ne se produisit pas de glissement sensible pendant les expériences. La poussée sur l'arbre était reçue, du côté du refoulement des hélices, par un dynamomètre à ressort de Saltaire, pouvant enregistrer jusqu'à 450 kilogrammes : un déplacement longitudinal de l'arbre de 37 millimètres suffisait pour faire faire à l'aiguille un tour du quadrant et l'amener à 450 kilogrammes.

(1) *Engineering*, 16 fév., 233.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les hélices A et D avaient leurs faces inclinées de 12° 1/2 sur leur plan de rotation; celles de l'hélice E étaient inclinées de 21°. A avait 4 ailes de 1m,83 de large, surface 32m2,5; B deux ailes de 1m,83, surface 16m2,25; C quatre ailes de 0m,91, surface 16m2,25, en toile tendue sur la moitié de la longueur de l'ossature; D quatre ailes de 0m,91, surface 9m2,57, semblable à celle de C, mais en quatre bouts de 2m,72 × 0m,91 aux extrémités de l'ossature; E (fig. 2) avait quatre ailes comme A, mais inclinées à 21° sur le plan de rotation.

On expérimenta (fig. 3) dans une salle de 64 mètres de long × 20m,70 × 18m,30 de haut. L'axe des propulseurs était à 5m,18 de haut et à 9m,15 du fond de la salle. La surface du disque du propulseur était de 66 mètres carrés et la section de la salle de 334 mètres, ce qui laissait une section de 268 mètres carrés pour l'accès de l'air au propulseur, cet air refoulait suivant les flèches en une colonne d'air de 9m,14, revenant le long des murs de la salle au propulseur par cette section libre de 268 mètres.

Chacune des hélices fut essayée à environ 10 vitesses différentes, variant de 20 à 60 tours par minute; les principaux résultats de ces essais sont représentés par les courbes des figures 5 à 15; les résultats principaux en sont les suivants :

La poussée est proportionnelle au carré de la vitesse en tours par minute;

La puissance en chevaux est proportionnelle au cube de cette vitesse;

La poussée par cheval varie en raison inverse de cette vitesse.

Avec une puissance de 16 chevaux, la poussée a été de 97 kilogrammes pour E, 79 pour A et C, 71 pour D, 49 pour B. A vitesse égale, la poussée de A fut presque le double de celle de B.

La poussée par cheval a été, à vitesse égale, à peu près la même pour C et E; l'hélice B, à deux ailes, a été la moins efficace de toutes. A 50 tours par minute, la poussée par cheval a été, pour B et E, de 3k,5 et 5k,6. Il fallait, pour faire marcher E à 50 tours, dépenser 18ch,7 indiqués, dont 7,2 absorbés par les résistances de l'armature, 2,1 par celles du moteur, soit 9ch,4 par le propulseur même.

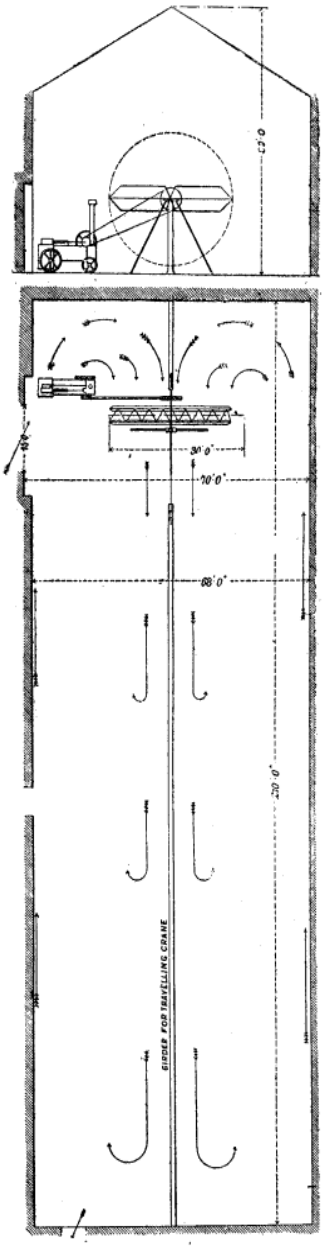


Fig. 3. — Disposition de la salle d'expériences.

On mesura la vitesse de l'air à 0m,60 en avant et en arrière des propulseurs B et E,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

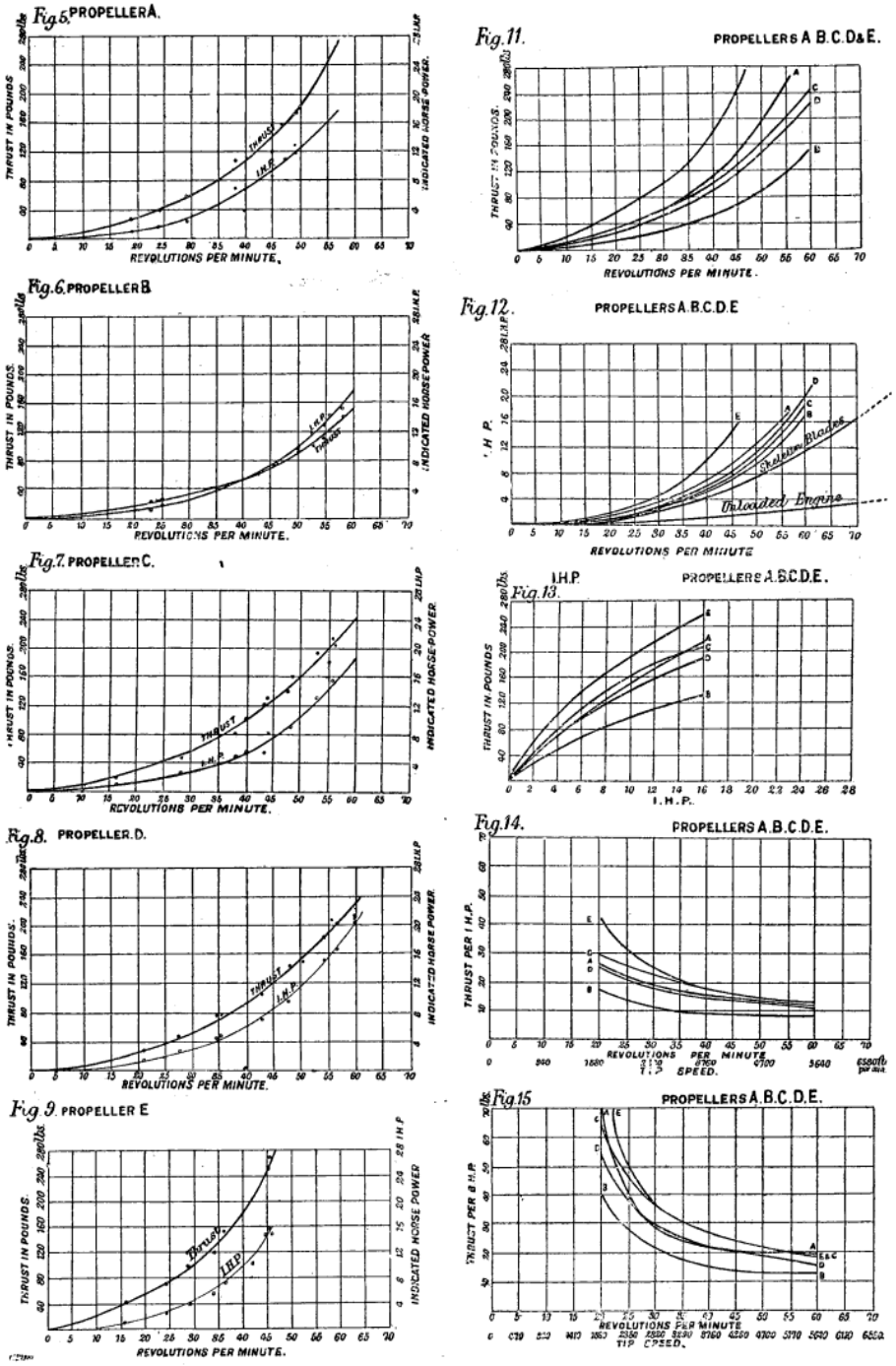


Fig. 5 à 9 et 11 à 15. — Diagrammes des essais *Thrust in Pounds*. Poussées en livres de 0k,454. *Indicated Horse Power*. Puissances indiquéss. *Tip Speed*. Vitesse au bout des ailes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et sur des rayons croissants de $0^{m},60$; la figure 16 donne les vitesses de l'air en ces différents points en pieds par minute ($0^{m},05$ par seconde). L'air est refoulé dans une direction axiale sous la forme d'une colonne cylindrique animée d'un mouvement hélicoïdal de pas fonction de l'inclinaison des ailes. On divisa le cercle des ailes en huit anneaux ou zones concentriques (fig. 16), on fit le produit de la vitesse de l'air en ces zones par leurs surfaces, et l'on obtint ainsi le débit de l'air en pieds cubes par minute (1 pied cube par minute — $47^{lit},2$ par seconde). L'hélice B fournissait $6^{m3},52$ par minute à 35 tours, avec une puissance de $3^{ch},8$ indiqués et une poussée ou réaction de $15^{k},7$, et l'hélice E $1^{m3},020$ à 32 tours et demi avec $5^{ch},8$ et une poussée de $44^{k},8$. On peut estimer la poussée aux différentes roues d'après leur débit, comme l'indique la courbe (fig. 16).

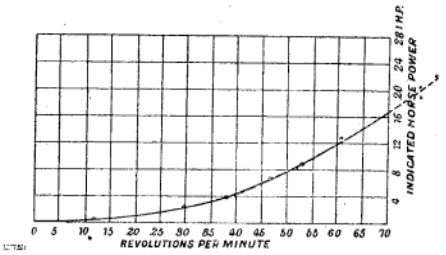


Fig. 10.

La carcasse des propulseurs pesait environ 45 kilogrammes et pouvait supporter une réaction de 225 kilogrammes avec un facteur de sûreté de 3,5, en admettant

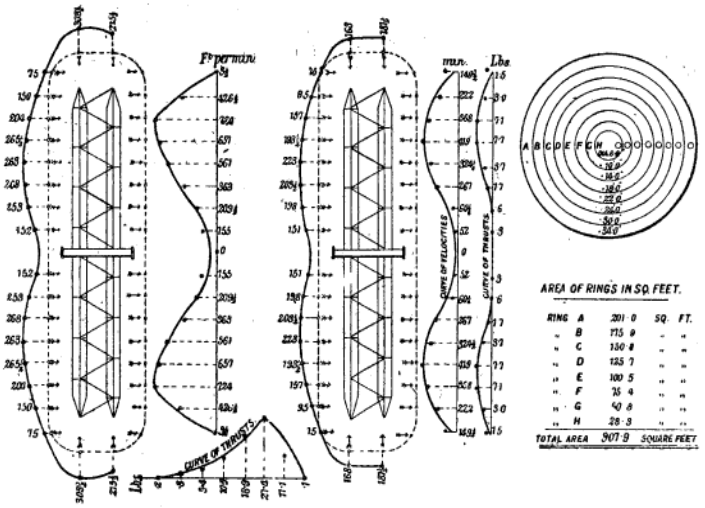


Fig. 16. — Diagramme des débits de l'air en pieds cubes par minute ($47^{l},2$ par seconde), des vitesses en pieds par minute (5 millimètres par seconde) et des poussées en livres de $0^{k},454$ sur les différentes zones (*Rings*) A B C D E F G H, dont les surfaces sont données en pieds carrés ($0^{m2},093$).

47 kilogrammes par millimètre carré pour la résistance des tubes d'acier à la rupture. L'essai de la résistance des ailes à la flexion, fait en attachant des poids à leurs extrémités, a donné les résultats représentés par la figure 18, qui montre que la limite d'élasticité n'a jamais été dépassée, jusqu'à la rupture, occasionnée par la suspension d'un poids de 225 kilogrammes en un point à l'extrémité d'une aile.

La comparaison des résultats fournis par les propulseurs A et B montre que la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

proximité des ailes du propulseur type Mangin ne diminue pas leur poussée, car, à vitesse égale, la poussée de A est presque le double de celle de B. Le propulseur C avait quatre ailes étroites : surface totale, 16^{m2}, 25, et A, quatre grandes ailes de $32^{m2},5$ et, néanmoins, leurs efficacités sont presque égales ainsi que leurs poussées, à vitesses égales. Au propulseur D, l'on avait enlevé $1^{m},80$ de toile à partir du centre, seule différence avec C, et pourtant, à 50 tours, les poussées de C et de D étaient presque égales : 60 et 56 kilogrammes, ce qui démontre bien le peu d'efficacité de la partie centrale.

L'ossature absorbait une grande puissance : pour A, à 60 tours, 60 p. 100 de la puissance totale, de sorte que la puissance exigée par les $32^{m2},5$ de toile, avec une réaction de 69 kilogrammes, n'était que de 6 chevaux.

Dans une hélice pour la navigation aérienne, il ne faudrait pas rechercher une trop

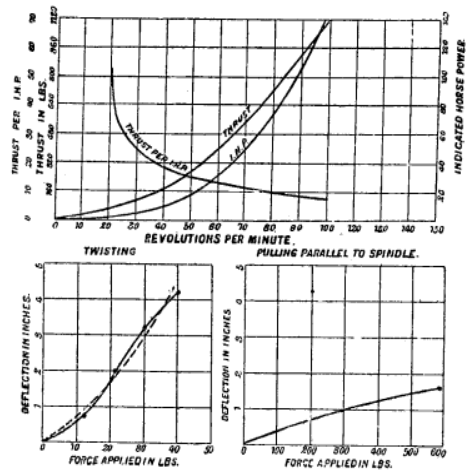


Fig. 17 et 18.

grande réaction par cheval indiqué, ce qui conduirait à un poids trop considérable de l'armature : pour chaque valeur de ce poids, il y a une réaction qui donne le rendement maximum.

Ces expériences permettent de projeter des hélices de diamètres très différents de celui essayé, et à des vitesses aussi fort différentes. C'est ainsi que le propulseur E exigerait, à 100 tours, environ 100 chevaux effectifs, et donnerait une poussée de 420 kilogrammes.

Ce propulseur E donne, à 45 tours, une poussée de 109 kil. ou de $7^{k},8$ par cheval indiqué, rendement que l'on peut améliorer en diminuant le frottement de la surface des ailes, par exemple de moitié, en réduisant d'autant leur surface, et en diminuant les résistances de l'armature par l'élimination de quelques tubes inutiles. On pourrait ainsi obtenir une poussée de $9^{k},30$ par cheval effectif, puis, en multipliant les ailes, avec, par exemple, 12 ailes, une poussée de 270 kilogrammes avec 33 chevaux, de 403 kilogrammes avec 18 ailes et $49^{ch},5$, et enfin de 680 kilogrammes, avec 18 ailes, 60 tours à la minute et 125 chevaux.

Avec 18 ailes et un propulseur de 15 mètres de diamètre, on aurait, à 30 tours par

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

minute, une poussée de 1 400 kilogrammes, exigeant 190 chevaux, et, à 20 tours, 610 kilogrammes avec 57 chevaux (1).

PERFECTIONNEMENT AUX TURBINES A VAPEUR *Parsons*.

La vapeur admise par *l* (fig. 1, 2 et 3) traverse les aubes croissantes *a*, *c*, *m*, puis passe directement autour des tubes *b* du condenseur à surfaces *c*, pour s'évacuer, par

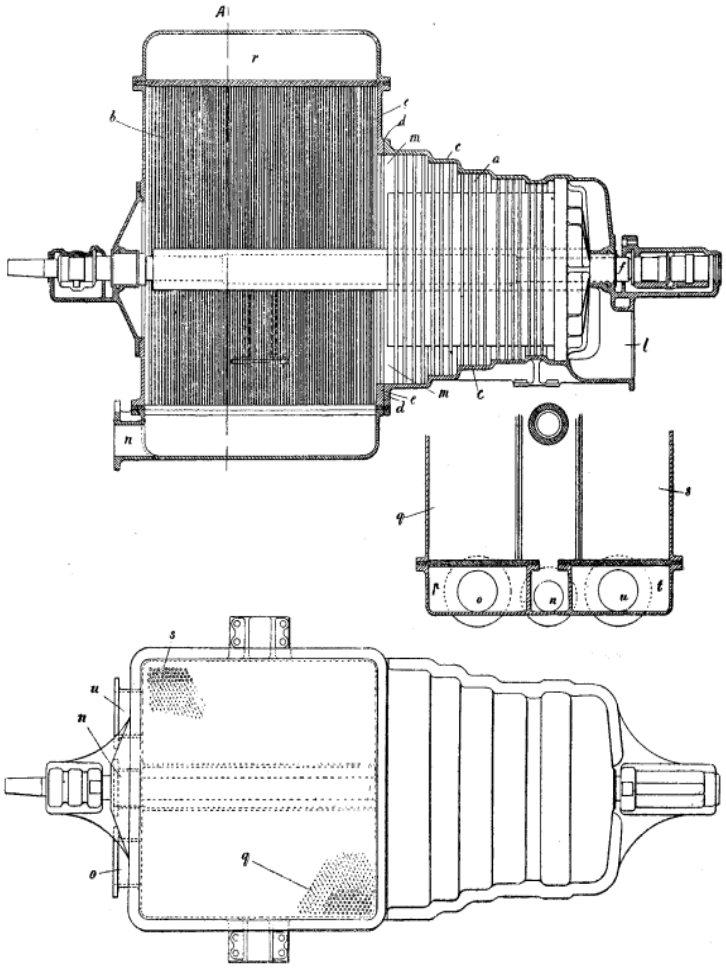


Fig. 1 à 3. — Turbine *Parsons* à condensation.

n, à la pompe à air. L'eau amenée par la pompe de circulation en *o p*, traverse de bas en haut les tubes *q*, puis, de haut en bas, les tubes *s*, et s'évacue par *t u*.

(1) Ces prévisions approximatives paraissent confirmées par la pratique des moulins américains. (*Bulletin* d'avril 1898, p. 599.) G. R.

A consulter aussi les mémoires suivants : de M. Walker, *Experiments on Screw Propeller Sur-*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cette communication directe au condenseur diminue considérablement la contre-pression et permettrait d'augmenter la détente et d'abaisser la pression en m jusqu'à 1/30 d'atmosphère, conditions très favorables au rendement de la turbine.

LES OUTILS PNEUMATIQUES PORTATIFS D'APRÈS *M. E. C. Amos* (1).

Ces outils, très répandus aux États-Unis, principalement dans les chantiers de navires, commencent à se propager en Europe: les plus usités sont les marteaux ou frappeurs, les riveuses, les perceuses et les grues.

FRAPPEURS. — Les marteaux se divisent en deux classes : avec ou sans distributeur, suivant que la distribution de l'air comprimé y est faite par un distributeur séparé ou par le piston lui-même. Les types sans distributeurs sont à course courte, très simples et durables, rapides : 10000 à 20000 coups par minute, excellents pour le travail du bois et de la pierre, le matage, mais leur puissance est trop faible pour le rivetage et les gros travaux de chaudronnerie. Il faut alors employer les types à distributeurs, plus lents : 1000 à 2000 coups par minute, mais d'une course plus longue et d'une frappe plus énergique et souvent plus efficace à puissance égale dépensée. La pression de l'air employé varie ordinairement de 4 à 6 kilogrammes par centimètre carré.

Le frappeur *Ross* (fig. 1) est du type sans distributeur. Son piston E va et vient dans un cylindre en bronze phosphoreux B, serti dans le tube d'acier A. Dans la position figurée, l'air introduit par F, dans la poignée F_1, passe, suivant les flèches, par KCC_1, à droite du piston E, pendant que l'air de gauche s'échappe par CDG, de sorte que ce piston est repoussé à gauche pour venir frapper l'outil M ; en ce point, l'air de droite s'échappera par C_1DG et l'air comprimé sera admis par KC, C à gauche du piston E, qui est ainsi renvoyé sur le fond E, toujours chargé par de l'air comprimé admis par L, et qui fonctionne comme un ressort amortisseur des chocs. Pour arrêter le marteau, il suffit de lâcher la gachette H et de laisser ainsi un ressort fermer G.

Dans le marteau également sans distributeur représenté par la fig. 2, quand on ouvre, par F, la valve E, l'air comprimé passe de G, par $d\ b$, dans la chambre D, et pousse en avant le piston C, pour la frappe, qui s'effectue avec une certaine détente de l'air, puis b s'ouvre sur l'échappement c, et la pression de l'air de d sur l'épaulement de C le ramène en arrière. Ce frappeur peut donner jusqu'à 20 000 coups par minute. On le construit aussi avec deux pistons l'un derrière l'autre, et l'air admis entre les deux pistons, dispositif qui réduit considérablement les vibrations.

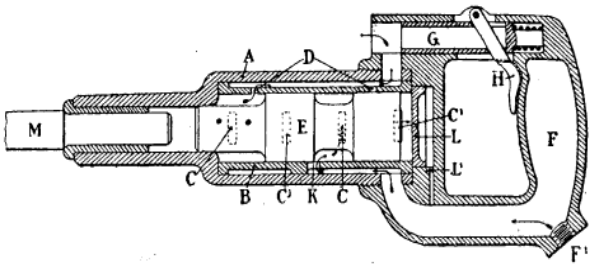
Le frappeur *Little Giant* représenté par les fig. 3 à 8 est du type à distributeur E. Quand ce distributeur occupe la position fig. 5, et qu'on lui admet, en abaissant I, l'air comprimé par H g', cet air passant par e sous le piston de E, le maintient dans cette position, et, passant au cylindre A par e', il repousse le piston frappeur B dans la posi-

face, Institution of Mechanical Engineers, 1892 ; *Experiments on Ventilating Fans*, British Association, 1893 ; *Experiments on Propeller Ventilating Fans*, Inst. of. M. E., 1897 ; *Supplementary Experiments on Propeller Fans*, id. 1897 ; *Speed Trials*, British Association, 1897, et *Lifting Power of Air Propellers*, id., 1890.

(1) *Institution of Mechanical Engineers London*, février 1900. Voir aussi les appareils de Rinsch (*Bulletin* d'avril 1897, p. 544) ; Hartham et Moore (*Revue de mécanique*, février 1898, p. 222) ; Parfitt (*id.*, juillet 1898, p. 109) ; Ross et Hotten (*id.*, février 1899, p. 212).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Fig. 1.



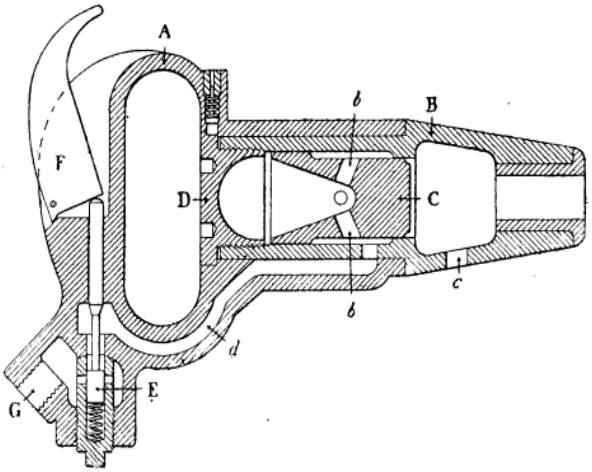


Fig. 2.

Fig. 1. — Frappeur *Ross*. — Fig. 2. — Frappeur *Q* et *C*.

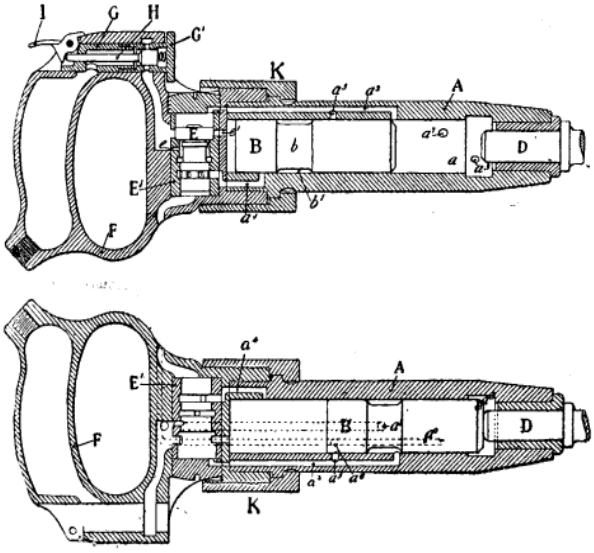


Fig. 3 et 4. — Frappeur *Little Giant*. Coupe longitudinale à droite et à gauche.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tion fig. 4, sur l'outil D. En ce point, l'air comprimé passe par $e\,a$ (fig. 7), dans l'espace annulaire b', constitué par le rétrécissement b de B et va, de b', par a_2, au-dessus de E,

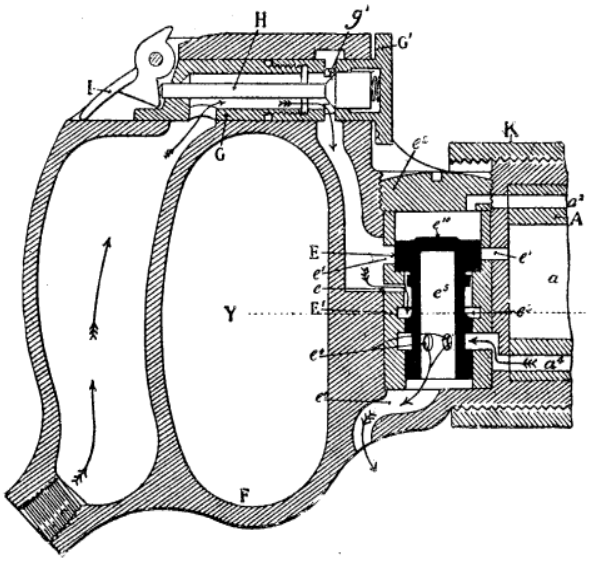


Fig. 5. — Frappeur *Little Giant* à l'aller.

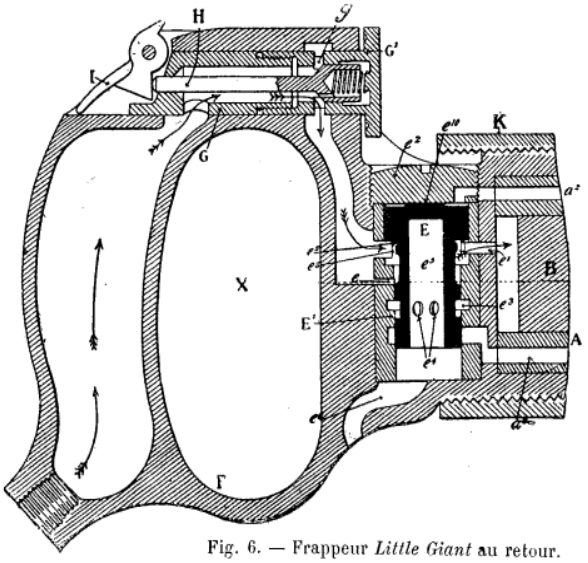


Fig. 6. — Frappeur *Little Giant* au retour.

qu'il abaisse comme en fig. 3 et 6. Dans cette position, l'air comprimé passe (fig. 8) par $c\,e_3\,a_3$ à l'avant du piston, dont l'arrière est ouvert à l'échappement par (fig. 6)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

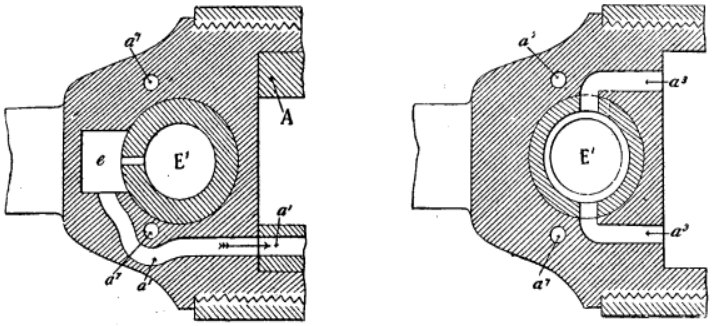


Fig. 7 et 8. — Frappeur *Little Giant*. Coupes X (fig. 5) et Y (fig. 6).

Numéro des catalogues.	Pistons — Course.	Pistons — Diamètre.	Pistons — Poids.	Vitesse en coups par minute.	Dépense d'air ramené à la pression atmosphérique, en mètres cubes par minute.	Poids de la machine.
			Type *Ross* (fig. 1).			
	Millim.	Millim.	Kilog.		Mètres cubes.	Kilog.
	22	45	0,07	11 000	0,85	5,2
	21	41	0,06	11 000	0,71	4,8
	19	38	0,05	11 000	0,51	4,7
	17,5	35	0,04	11 000	0,42	3
	16	32	0,03	11 000	0,37	2,7
			Type *Q and C* (fig. 2).			
A marteau simple.	C 25	38		10 000 à 15 000	0,31	2,6
	D 13	38			0,31	2,4
	F 13	32			0,28	1,6
A double marteau.	A 25	44			0,51	4,8
	C 25	44			0,37	4,2
			Type *Little Giant* (fig. 3 à 9).			
0	127	28,6	0,57	1 200	0,56	7,3
1	100	28,6	0,45	1 500	0,42	5,5
2	76	28,6	0,40	2 000	0,42	4,3
3	57	28,6	0,40	2 000	0,42	3,9
			Type *Boyer* (fig. 10 à 15).			
000	126	33	0,96	1 000	0,56	11,8
0	126	27	0,66	1 800	0,56	5,9
1	100	27	0,48	2 200	0,42	4,4
2	76	27	0,37	2 600	0,42	3,7
3	44	27	0,37	3 000	0,37	3,7
B	50	27	0,34	3 500 à 5 500	0,28	3,6
BB	44	27	0,23		0,28	3
F	25	19	0,11		0,28	1,8
U	20	16	0,09		0,28	1,4

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

a_1 e_1 e_6. Le piston B, ainsi ramené en arrière, quand sa partie b arrive en a_2, laisse l'air s'échapper du dessus de E par a_2 a_5 b_1 a_6 a_9, de sorte que E reprend sa position primitive (fig. 5) rechassant le piston dont l'air d'avant s'échappe d'abord par a_7, puis par e_3 e_4 e_6, quand a_7 est recouvert et E relevé. Pour éviter les chocs au fond de course

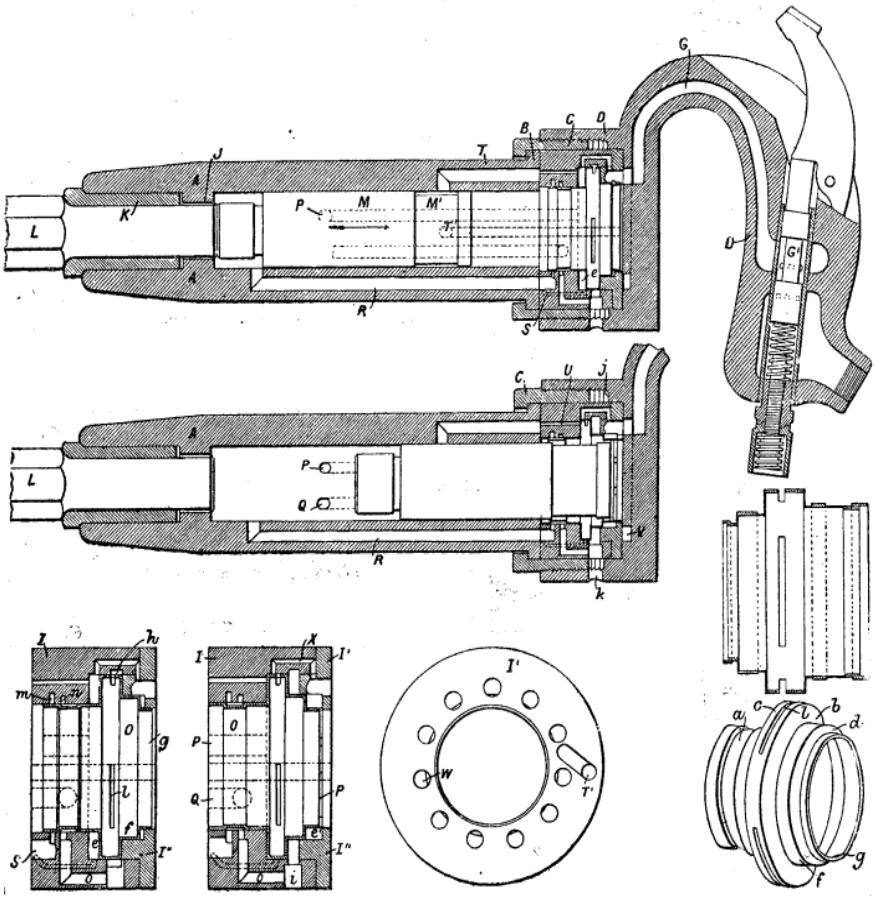


Fig. 9 à 15. — Frappeur *Boyer*.

arrière, le piston B ferme a_1 avant d'atteindre ce fond. De même, à la fin de sa levée, le bossage e_{10} de E étrangle l'échappement a_1 et, à la fin de sa descente, l'anneau e (fig. 5) agit comme coussin par l'échappement du passage e_9. La force des coups se gradue par la gâchette I et se limite par l'ajustement du manchon G' (fig. 3) qui règle l'ouverture maxima des orifices g'. La valve H est équilibrée par une petite admission d'air comprimé sur sa face avant; le cylindre A est fixé à la poignée H par un joint fileté K, facilement étanche. L'amortissement des chocs se fait sans dépense *ad hoc* d'air comprimé, et l'appareil est relativement simple et robuste.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le frappeur *Boyer* (1), également très répandu, fonctionne (fig. 10 à 15) comme il suit.

Quand le piston B et le distributeur O *a* (fig. 13 et 15) occupent les positions fig. 10 et 12, l'air comprimé, admis par H G' D G, passe par W et par X sur les faces *d* et *c* de O, et le maintient dans la position fig. 12, en raison du plus grand diamètre de *c*, et dans cette position, l'air passe par X S R à l'avant du piston M, dont l'arrière est ouvert à l'échappement par *l h i j k*. Dans sa course arrière ainsi provoquée, le piston M découvre les lumières Q et P, dont la première, Q, échappe l'air en avant de M par *n o i j k*, et l'autre, l'air de *e*, par P, Q, *n*, *o*, *i*, *j*, *k*, et comme la section de P est plus grande que celle du canal *o*, par où l'air comprimé arrive en *e*, la pression baisse, sur la face *c* de O assez pour que la pression en *d* repousse O, dans la position fig. 13, où *b*, fermant X, maintient la pression en *d*, et O dans cette position, où il admet, par l'espace annulaire *p*, de l'air qui arrête le piston M, puis le chasse en avant. Pendant cette course, l'air en avant du piston s'échappe d'abord par Q, puis par R *m a n o j k*, et quand le piston occupe la position fig. 12, au fond de sa course de frappe, l'air comprimé passe par T_1 M, T U en *e*, sur la face *c* de O, qu'il repousse dans la position fig. 12, rouvrant X, et admettant l'air comprimé à l'avant du piston par *e*, S, R.

Pendant le retour du piston M, l'air d'arrière s'échappe par *l*, *h*, *i*, *j*, *k*, jusqu'à la fermeture des lumières Q et P, comme précédemment.

La soupape O, très légère et à courte course, n'a pas besoin d'air amortisseur de chocs, et sa traversée par le piston M a permis d'augmenter la course de ce piston.

Le tableau p. 479 donne les poids et les consommations d'air minima des marteaux que nous venons de décrire : ces dépenses d'air, indiquées par les constructeurs, peuvent d'ailleurs varier considérablement suivant le soin de l'ouvrier et l'entretien de l'outil, les fuites inévitables, etc., et elles sont loin de constituer le seul facteur de l'efficacité de l'appareil.

Les vibrations ne peuvent jamais être qu'atténuées, mais leur gêne pour l'ouvrier diminue considérablement à mesure qu'il apprend à mieux tenir et manier son outil. On ne peut, d'autre part, obtenir un bon rendement qu'en choisissant un outil bien adapté au travail qu'on en exige : coupage, chanfreinage, matage, rivetage, écaillage des tôles, sculpture, dressage, perçage des pierres, polissage des bronzes et cuivres, frappage des clous, etc.

Riveuses. — Les riveuses à air comprimé peuvent se diviser en deux grandes classes, suivant qu'elles opèrent par pression ou par frappage ; nous ne parlerons que de ces dernières, que nous diviserons en deux genres : à la main ou à cadres.

Riveuses à la main. — Ces riveuses ne sont que des frappeurs fonctionnant comme les précédents, avec un outil de la forme nécessaire pour le rivetage. La pression de l'air peut y être avantageusement portée à 7 et 9 kilogrammes. Ce sont des appareils très utiles dans la rivure des navires et des constructions, pour y frapper des rivets inaccessibles aux autres machines, mais ils doivent être maniés par des ouvriers habiles et soigneux, s'attachant à frapper le rivet bien droit. La bouterolle est généralement maintenue par un piston à air comprimé. Les riveuses sont parfois montées sur châssis pivotants permettant de frapper des rivets de chaudières ou de coques inaccessibles aux riveuses suspendues.

Riveuses à cadres. — Les figures 16 et 17 représentent une de ces riveuses où l'on peut régler l'écartement de la bouterolle au marteau suivant l'épaisseur des tôles, mais sans aucun dispositif pour le serrage des tôles autour du rivet à frapper. Dans le

(1) *Bulletin* d'avril 1896, p. 619 et *Revue de Mécanique*, mai 1897, p. 501.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

type fig. 18 à 20, à cadre a, châssis a', et serrage g, l'air admis par k en j et c, sur le piston fixe b, dans le cylindre d, repousse tout l'appareil à droite, jusqu'à ce que i

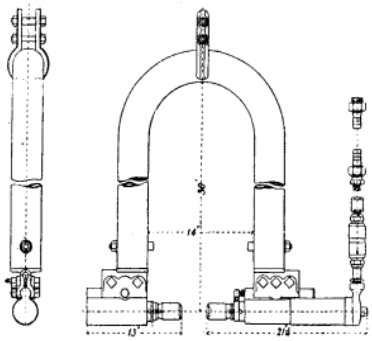


Fig. 16 et 17. — Riveuse *Boyer*.

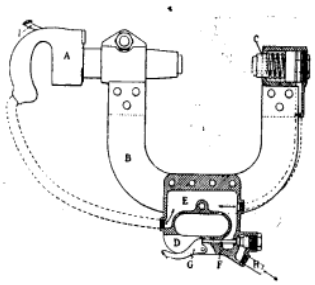


Fig. 20 *bis*. — Riveuse *Little Giant*.

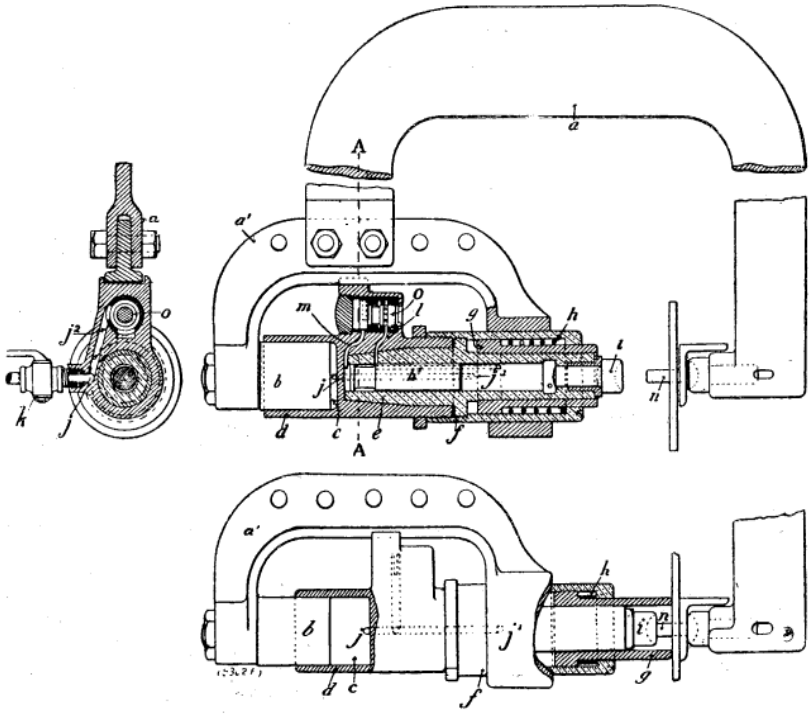


Fig. 18 à 20. — Riveuse *Little Giant*.

vienne sur le rivet n, puis l'air admis par j, derrière g, le repousse malgré son ressort h, de manière qu'il serre les tôles avec une grande force, avantage très important.

Le type (fig. 20 *bis*), extrêmement léger et simple, dérive immédiatement du frap-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

peur fig. 3. L'air comprimé admis par H F G dans le frappeur A pénètre aussi derrière le piston de la bouterolle. Ce riveur est facilement manié par un seul homme et peut frapper des rivets de 8 millimètres à froid et de 10 millimètres à chaud. Son cadre B a 300 millimètres d'ouverture en profondeur.

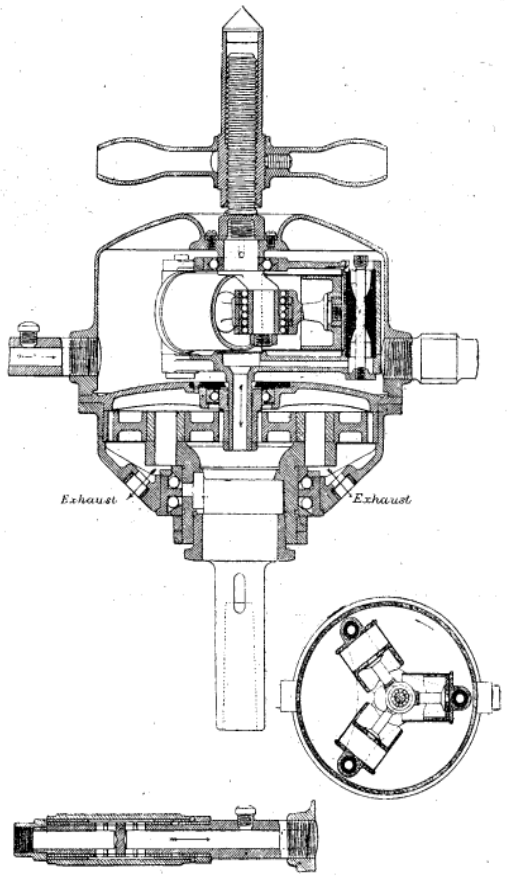


Fig. 21 à 23. — Perceuse *Boyer*.

Ces riveuses à air comprimé sont plus maniables et plus légères que les riveuses hydrauliques sans percussion, qu'on leur préfère encore en Angleterre pour les travaux de grosse chaudronnerie. D'après des relevés faits aux chantiers de construction de navires de Chicago, la pose d'un rivet de 20 millimètres reviendrait, avec les riveuses pneumatiques, à 7 centimes et demi au lieu de 16 centimes à la main, soit une économie de 53 p. 100.

Perceuses. — Les perceuses pneumatiques portatives permettent de percer avantageusement, avec plus de précision et de rapidité, de nombreux trous d'assemblage

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

autrefois percés séparément sur les pièces à assembler : on peut aussi employer ces machines pour l'alésage des robinets Corliss, le mandrinage des tubes, le nettoyage

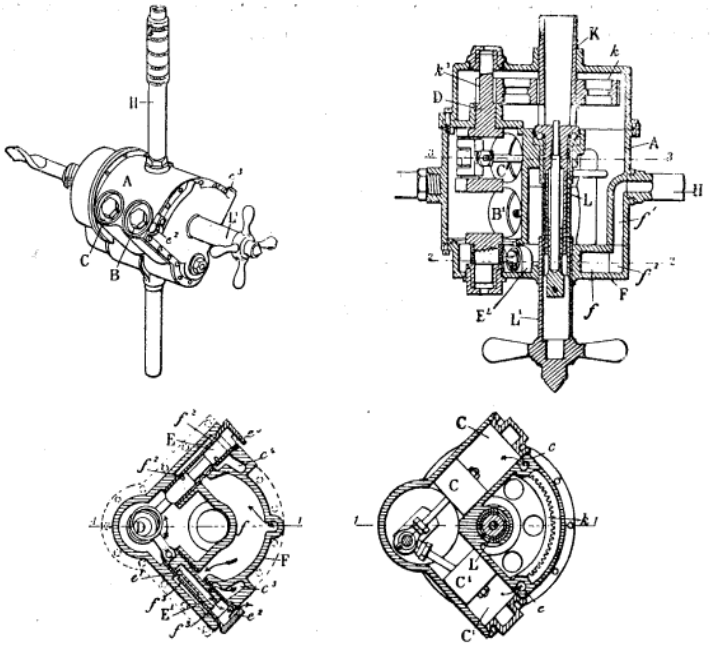


Fig. 24-27. — Perceuse *Little Giant*. Élévation. Coupes (1-1) (2-2) et (3-3).

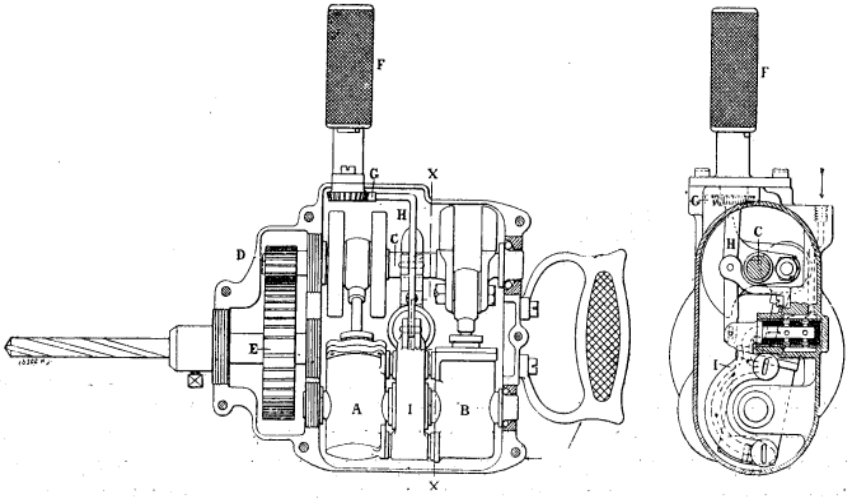


Fig. 28 et 29. — Perceuse *White.aw*.

des fontes, le vissage des écrous, le tournage sur place des boutons de manivelles, le montage des petites pièces sur place, etc., beaucoup plus vite et meilleur marché

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qu'à la main. On les fait depuis les plus faibles puissances jusqu'à 2 et 3 chevaux, marchant à des pressions de 4 à 5 kilogrammes.

La perceuse *Boyer* (fig. 21 à 23) est à trois cylindres, oscillants autour de leurs distributeurs, et à un simple effet, genre Bertherhood, renfermés dans un tambour plein d'air comprimé, et successivement ouverts à l'atmosphère par des distributeurs débouchant sur l'arbre creux central dont le pignon, entraîné dans la rotation du plateau triangulaire des cylindres autour de sa manivelle fixe, engrène avec deux autres pignons en prise avec une couronne dentée fixe, de sorte que leurs axes entraînent le porte-foret avec une vitesse réduite.

Le moteur du type *Little Giant* représenté par les figures 24 à 27, est à quatre cylindres à simple effet, disposés par paires BB et CC, sur manivelles D à 90°, avec distributeurs cylindriques équilibrés EE; l'air comprimé, admis par H en f, passe par f_2 et f_3 en B B_1, c_3 et c_4, en C et C_1, et s'échappe, par C^4 et f^5, en C_1 et B_1, pendant que C et B échappent par f_2 et c_3. Le porte-foret K est commandé par le train kk', et son avance est commandée par écrou et vis LL_1. Le moteur est, en outre, pourvu d'un mécanisme de changement de marche non figuré.

La perceuse *Whitelaw* est (fig. 28 et 29) commandée, du train DE, par deux cylindres A et B, à double effet, avec distributeur central I, à changement de marche FGH.

Les principales données de ces machines sont résumées au tableau ci-dessous :

Désignation.	Poids. Kilog.	Tours par minute. à vide.	Puissance au frein. Chevaux.	Dépense d'air par minute à la pression atmosphérique. Litres.	Diamètre maximum des trous percés. Millim.	
			Type *Little Giant* (fig. 24 à 27).			
0	20	125	2,5	1 275	76	dans des métaux.
1	16	190	1,5	990	50	
2	8,6	250	1	710	32	
3	3,6	750		425	13	
			Type *Whitelaw* (fig. 28 et 29.			
4		1 000	$\frac{1}{4}$	425	6 (métaux).	
6	6,3	720	$\frac{3}{4}$	565	76 (bois tendre)	
7	9	250	1	710	(pour mandrinage)	
8	17,6	120	1,5	850	76 (métal)	
			Type *Boyer* (fig. 21 à 23).			
2	21	180	$1\frac{1}{4}$	850	76 (métal)	
3	19	240	1	710	25 (métal)	
6	8	500	$\frac{3}{4}$	565	76 (bois tendre) 76 (métal)	

Grues. — Les grues à air comprimé, très usitées en Amérique, commencent à se répandre en Europe, elles sont le plus souvent constituées par un simple cylindre suspendu au plafond, et dont le crochet est directement attaché à la tige du piston (1).

(1) Ally, *Revue de mécanique*, mai 1899, p. 549. Mason (*id.*), mai 1898, p. 525. Shipley (*id.*), sept. 1899, p. 331.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Leur distributeur, très simple, est manœuvré par une ficelle (fig. 30-36); il comporte parfois, comme dans les grues de fonderie, un robinet supplémentaire permettant l'arrêt du piston au point voulu. La matière la plus fréquemment employée pour la garniture du piston est la Woodite, préférable au cuir comme ne durcissant pas.

On peut aussi faire actionner par de petits moteurs à air comprimé les palans à chaînes.

Les cisailles portatives à air comprimé, suspendues par des chaînes, peuvent aussi

Le distributeur est constitué par un robinet avec clapet de retenue, qui, en cas de rupture de la conduite d'air ne laisse l'air comprimé s'échapper que lentement, par une dérivation, de manière à empêcher tout accident par une descente brusque de la charge.

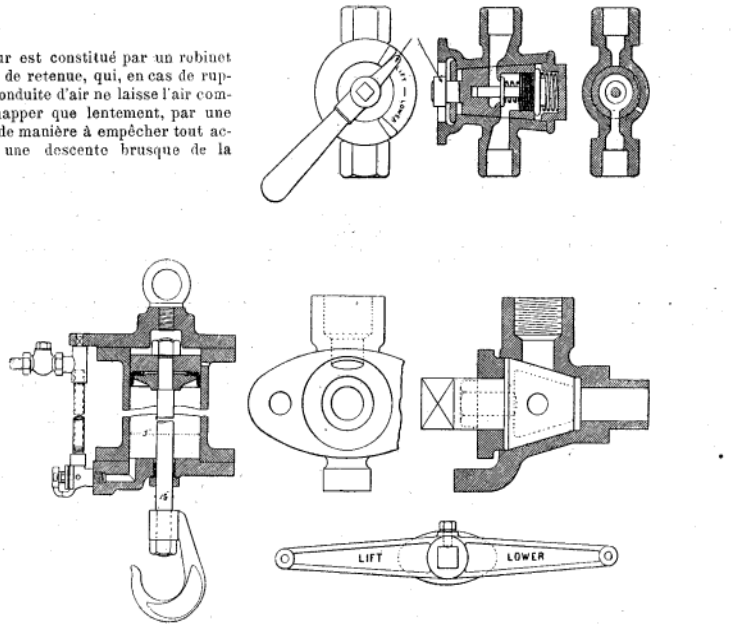


Fig. 30 à 36. — Crochet à air comprimé. Ensemble, détail du distributeur et de son levier de manœuvre.

rendre de grands services sur les chantiers de navires pour le coupage de bouts de tôles, de tiges ou de rivets peu accessibles. Le piston agit par l'intermédiaire d'un genou, ce qui permet de couper des tiges de 30 millimètres.

Avec ces outils à air comprimé, le matage est mieux fait et plus vite, une machine fait l'ouvrage de cinq à six ouvriers, avec une économie de 50 à 60 p. 100, elles effectuent les travaux de perçage beaucoup plus vite qu'à la main (54 trous de 25 millimètres × 19 en 1 heure 10, au lieu de 8 heures et demie), de même qu'avec les perceuses à arbre flexible.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LABORATOIRE DE MÉCANIQUE DE L'ÉCOLE ROYALE TECHNIQUE DE HANOVRE, d'après *F. Frese* (1).

La réorganisation du laboratoire, en 1876-98, coûta 85 000 marks. Son but principal était l'enseignement. On devait se réserver la possibilité de faire des recherches scientifiques, mais pas d'essais pour les particuliers.

Les figures 1 à 4 indiquent la disposition du laboratoire : la pièce A, qui est voûtée, a 369 mètres carrés; son plancher était à 2 mètres en dessous du sol. A côté, se trouvait une deuxième pièce, également voûtée et au même niveau et de 140 mètres carrés; elle fut divisée en deux : B et F. On construisit dans une cour voisine les pièces C, D et E, ayant ensemble 240 mètres carrés. Le plancher, commun aux différentes pièces, fut établi à 1 mètre en dessous du sol.

La force motrice est fournie actuellement par un moteur à gaz 22ᶜ de 8 chevaux, qui actionne les transmissions soit directement, soit par l'intermédiaire d'un dynamomètre de transmission Rieter. Les arbres principaux font 120 tours. Par mesure de sécurité, et contrairement aux habitudes, les courroies inutilisées ne marchent pas. Les transmissions de F peuvent être séparées du reste par un embrayage et actionnées par un moteur à pétrole 25ᶜ. Les transmissions sont protégées par des grillages ou des barrières. Enfin l'éclairage au gaz est suffisant pour travailler et faire toutes les observations à la lumière.

Les études durent deux années, dont la deuxième est réservée aux essais qui exigent l'emploi de l'indicateur.

Essai des matériaux. — Le laboratoire possède trois machines :

Une de Schenk (1), semblable au type Mahr et Federhaff, de 50 tonnes, et verticale. La mise en charge se fait par une vis mue mécaniquement; les mesures se font avec une romaine et elle peut tracer des diagrammes. Elle permet des essais à la traction, la flexion et la compression. Pour les coefficients d'élasticité, on peut y disposer l'appareil à miroir de Mertens;

Une de Tarnogrocki (2), également verticale et de 10 tonnes. La mise en charge est effectuée par un piston hydraulique de 70 millimètres de diamètre, qui reçoit l'eau d'un réservoir sous une pression de 2ᵏᵍ,6. Les mesures se font avec un peson à cadran. Elle est spécialement destinée aux tôles, courroies, câbles, arbres, etc.;

Une de Lenner (3), de 3 tonnes et horizontale. La mise en charge se fait à la main, avec une vis. On observe les flexions d'une barre d'acier de 1 mètre de long au moyen d'une lunette et de miroirs. Un deuxième groupe de miroirs et de lunette permet d'observer l'allongement réel des éprouvettes. Elle trace également des diagrammes à la traction, flexion, compression et torsion, pour de petits échantillons.

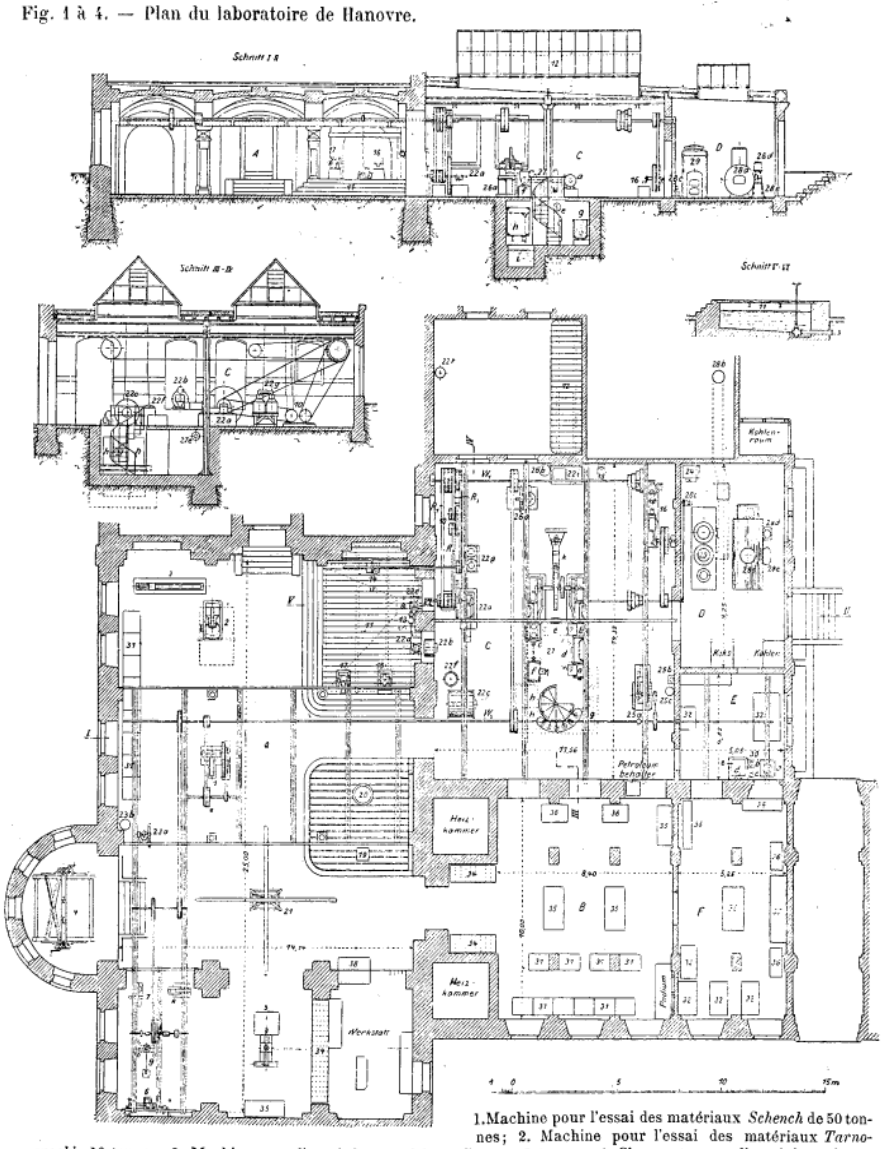
Engins de levage. — La charpente (4) qui existait avant la réorganisation du laboratoire sert aux essais de crics et de moufles. Pour les premiers, on emploie une manivelle dynamométrique, et, pour les seconds, un dynamomètre de traction tiré régulièrement de haut en bas par un treuil.

Pour les vérins, on emploie l'installation (5), représentée en figures 5 et 6 : on charge le vérin par l'intermédiaire d'un levier et d'articulations destinés à éviter les efforts latéraux. On peut employer la manivelle dynamométrique, ou, quand cela est néces-

(1) *Vereines. Deutscher Engenieure*, 17 et 24 février 1900.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Fig. 1 à 4. — Plan du laboratoire de Hanovre.



1. Machine pour l'essai des matériaux *Schench* de 50 tonnes; 2. Machine pour l'essai des matériaux *Tarnogrocki*; 10 tonnes; 3. Machine pour l'essai des matériaux *Lenner*, 3 tonnes; 4. Charpente pour l'essai des crics et des moufles; 5. Appareil pour l'essai des vérins; 6. Tour parallèle; 7. Étau limeur; 8. Fraiseuse; 9. Dynamomètre de transmission *Butchelder;* 10. Dynamomètre de transmission *Rieter;* 11. Réservoir d'eau en maçonnerie de 30 mètres cubes; 12. Réservoir d'eau en tôle de 20 mètres cubes; 13. Compteur d'eau; 14. Pompe rotative; 15. Pulsomètre; 16. Pompe différentielle; 17. Roue *Pelton;* 18. Machine à eau sous pression de *Schmid;* 19. Déversoir *Weisbach* pour l'écoulement des liquides; 20. Appareil pour l'écoulement des gaz; 21. Tarage des anémomètres; 22. Moteur à gaz: *a*, moteur de 8 chevaux; *b*, compteur de précision pour le gaz; *c*, compteur de précision pour l'air; *d*, ventilateur *Root; e*, roue *Pelton; f*, gazomètre; *g*, refroidissement: *h*, pot d'échappement, *i*, table pour le calorimètre *Junker*; 23. *a*, machine à gaz, atmosphérique; *b*, mesure de l'eau de refroidissement; 24. Compteur pour le moteur à gaz; 25. *a*, moteur à pétrole de 3 ch. 5; *b*, mesure du pétrole; *c*, mesure de l'eau de refroidissement; 26. *a*, machine à air chaud *Rider* de 1 cheval; *b*, mesure de l'eau de refroidissement; 27. Machine à vapeur : *a b c*, cylindres à haute, moyenne et basse pression; *d e*, réservoir; *f*, pompe à air du condenseur; *g*, récipient pour l'eau des purges; *h*, mesure de l'eau de condensation; *i*, écoulement du condenseur: *k*, frein; 28. Chaudières : *a*, chaudières; *b*, cheminées; *c*, pompe alimentant; *d*, mesure de l'eau d'alimentation; *e*, échappement de la pompe alimentaire; 29. Surchauffeur; 30. Tarage des indicateurs; *a*, chaudière, *b*, cylindre à eau sous pression; *c*. réservoir à mercure; *d*, échelle et manomètre à mercure; *e*, sortie du mercure; 31. Table pour les étudiants; 32. Table pour les professeurs; 33. Table pour le calorimètre *Junker*; 34. Armoires pour les étudiants; 35. Armoires pour les instruments; 36. Armoires pour les notes et les registres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

saire, un volant *c*, qui entraîne le bras *b* par l'intermédiaire d'un dynamomètre de traction *f*.

Essais au dynamomètre de transmission. — Ils se font en général dans la pièce A, où se trouvent un tour (6), un étau limeur (7) et une fraiseuse (8), machines qui servent aux travaux du laboratoire : à la fabrication des éprouvettes, par exemple. On emploie un ancien dynamomètre emprunté à la collection des modèles, qu'on charge de poids, ou, quand l'effort est variable (étau limeur), avec un dynamomètre de traction. Pour les autres machines, on se sert du dynamomètre Rieker. Il faut naturellement défalquer les résistances des transmissions qu'on étudie au frein.

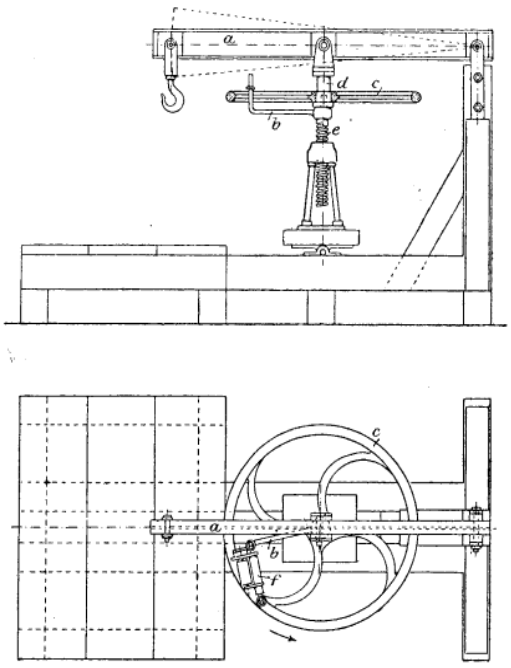


Fig. 5 et 6.

Hydraulique. — Pour les essais de pompes et de moteurs, le laboratoire possède trois réservoirs : l'un (11) de 30 mètres cubes, un autre (12) de 20 mètres cubes, enfin un dernier de 10 mètres cubes, au sommet d'une tour voisine. Les hauteurs au-dessus du premier pris comme 0 sont $7^m,76$ et $26^m,67$. L'eau qui s'écoule dans le réservoir inférieur passe dans un compteur (13), insuffisant pour les mesures, mais commode pour régler le débit. Le niveau dans les réservoirs est indiqué par des manomètres à mercure et des flotteurs à signal électrique correspondant à l'arrivée ou à l'écoulement de chaque mètre cube, dont les figures 7 et 8 indiquent la commande, disposée pour que les contacts ne se prolongent pas, sauf pour celui qui indique que le réservoir est plein.

Les pompes sont : une pompe rotative (14) dont la turbine a 176 millimètres de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

diamètre, qui se déverse dans le réservoir de 20 mètres cubes; un pulsomètre Körting n° 3 (15) et une pompe à piston différentiel (16), qui se déversent dans le réservoir de 10 mètres cubes.

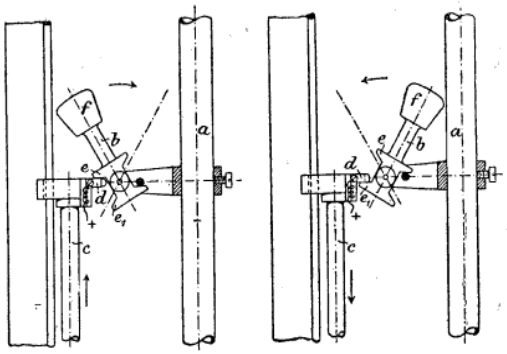


Fig. 7 et 8.

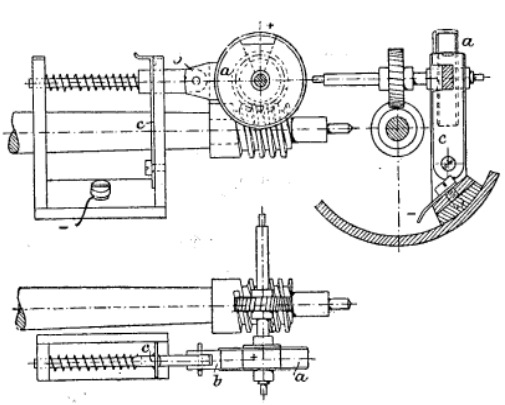


Fig. 9 à 13.

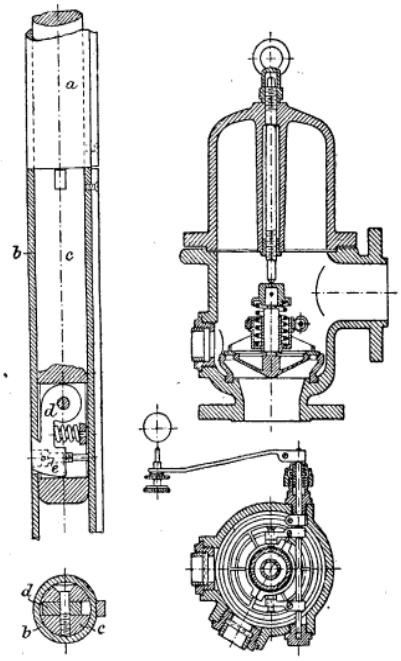


Fig. 14 et 15.

Les moteurs sont : une roue Pelton 22e, attenante au moteur à gaz de 0chl,1 ; une plus grande de 1 cheval, enfin une machine à colonne d'eau empruntée à la collection des modèles, de 80 millimètres de diamètre et 1 mètre de course. On y a adjoint une turbine radiale d'environ 1 cheval, avec vannage central du professeur Riehn.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La reconstruction des établissements hydrauliques de la ville a pu se faire de manière à se prêter aux essais que font les élèves pendant l'été.

Cette installation comprend trois turbines, qui actionnent chacune deux corps de

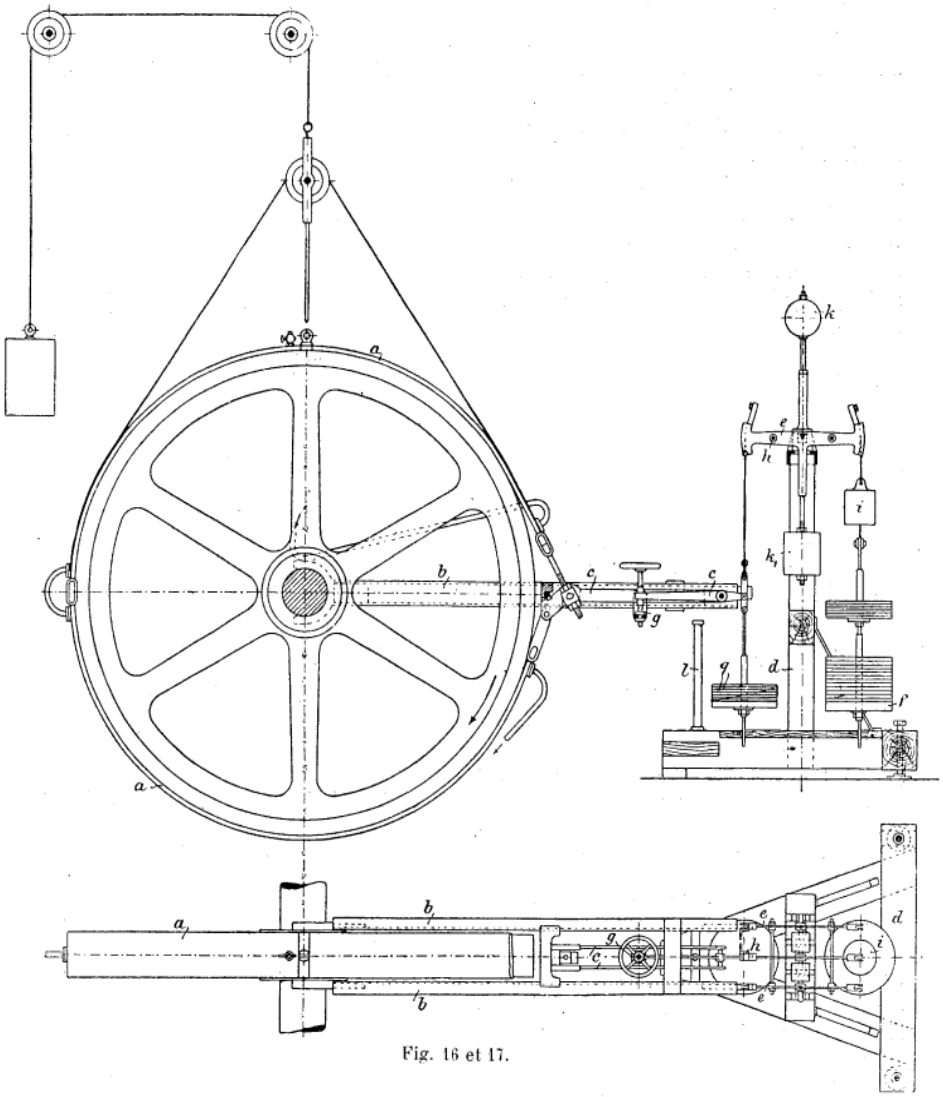


Fig. 16 et 17.

pompe à piston plongeur. Chaque turbine se compose de deux couronnes concentriques de $2^m,520$ à 1 300 de diamètre moyen, fonctionnant : la première comme turbine à réaction et la deuxième comme turbine d'impulsion. La chute moyenne est de 2 mètres. Elles étaient livrées avec une poulie de frein de $1^m,50$ de diamètre, de sorte que le laboratoire n'avait qu'à établir le frein. C'était un frein de Prony,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mais dont l'une des mâchoires était remplacée par une bande garnie de petits sabots en bois, et serrée par des boulons, avec une roue à main pour le réglage. Le levier était formé par un fer en I de longueur effective $L = 4{,}297$ $\left(\frac{2\,L\,\pi}{60{,}75} = 0{,}007\right)$; les poids étaient suspendus à une corde très flexible. Le refroidissement était assuré par une circulation d'eau tombant dans la poulie et se déversant ensuite à la périphérie.

On a absorbé jusqu'à $92^{chx},8$ à 44 tours 2.

On mesure la vitesse de l'eau avec un loch à signal électrique, dont le contact est représenté figures 9 à 13. *a* est la roue en communication avec le pôle positif; *b*, la pièce de contact, pressée par un ressort à boudin; enfin *c*, un ressort qu'il suffit de dégager pour démonter le contact et le nettoyer. Les différents tubes qui transmettent le mouvement de rotation sont réunis entre eux au moyen de l'accouplement fig. 12 et 13. La pièce *c*, fixée au tube *a*, pénètre dans le tube *b* et est retenue par un crochet *d*, maintenu par une vis *e*. Le tarage se fait encore au moyen du réservoir des jardins attenants à l'installation.

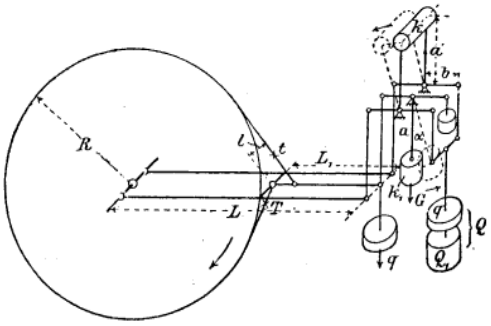


Fig. 18.

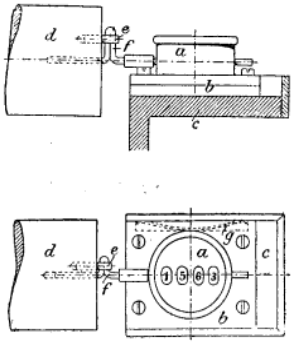


Fig. 19 et 20.

Les essais hydrauliques sont complétés au laboratoire avec l'appareil de Weisbach (39), emprunté à la collection des modèles.

On est enfin installé pour étudier l'écoulement de l'air à travers les orifices, tarer les anémomètres et les compteurs (20, 21).

Dans la deuxième année on étudie :

Un *pulsomètre*, dont l'indicateur est commandé par un mouvement d'horlogerie;

Une *pompe différentielle* Knœnangel, dont le piston a 130 millimètres de diamètre et 300 millimètres de course maximum. La vitesse peut varier de 30 à 180 tours; la pression de refoulement de 2,5 à 10 atmosphères. Des regards permettent de surveiller le fonctionnement des soupapes, faciles à changer et à charger. On peut disposer l'indicateur en six endroits différents. Enfin, les figures 14 et 15 montrent comment on peut prendre des diagrammes de levée des soupapes. On peut commander les cylindres des indicateurs à volonté par la crosse du piston ou par un excentrique calé à 90°.

Machines thermiques. — Le laboratoire possède 3 moteurs à gaz : celui de 8 chevaux qui actionne l'atelier, un vieux de 1/3 de cheval, enfin une machine atmosphérique de 1/3 de cheval; un moteur à pétrole Hornsby-Akroyd de 3 chevaux et demi; une machine à air chaud Rider de 1 cheval; enfin une machine à vapeur à triple expansion, de 40 chevaux, avec ses chaudières. Il a en outre une turbine Laval.

Le moteur à gaz (22 *a*) de 8 chevaux (type K_2 de la *Gasmotorenfabrik-Deutz*) est

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

horizontal, à glissière, à distribution par soupape et allumage par incandescence. La tige du piston peut se changer pour faire varier la compression dans de grandes limites. L'air et le gaz sont mesurés par des compteurs de précision (22 *b*, *c*). Pour éviter une résistance à l'admission de l'air, il est refoulé sous une faible pression par un ventilateur Root (22 *d*) actionné par une petite roue Pelton (22 *e*), et passe par une cloche de gazomètre convenablement chargée. On observe la compression, la température du gaz, de l'air, de l'eau à son entrée et à sa sortie; un pyromètre Le Chatelier donne la température moyenne de l'échappement; un robinet sert aux prises pour les analyses. Le frein est à pendule, du type de la Gasmotorenfabrik de Deutz. On

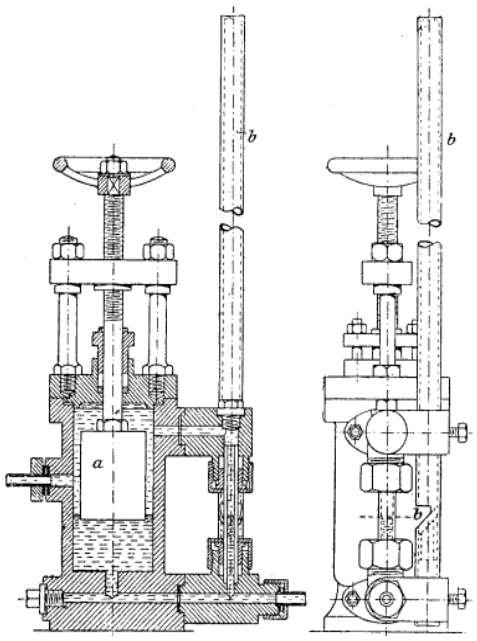


Fig. 21 et 22.

prend des diagrammes normaux et inversés, comme précédemment. Le robinet de l'indicateur en est arrosé pour éviter le grippage. On fait des analyses de gaz et des mesures de pouvoir calorifique.

Le moteur à pétrole Hornsby-Akroyd de 3,5 chevaux (25ª) a son vaporisateur derrière le cylindre. Le régulateur agit sur la pompe à pétrole. L'allumage spontané résulte de la compression même. La densité du pétrole est prise avec un aréomètre.

La petite machine à air chaud Rider (26ª) a été établie pour faire des essais. Cette machine, ainsi que les deux petits moteurs à gaz, n'ont aucun intérêt pratique, mais ils permettent de donner un peu de variété aux essais.

Machine à vapeur. — La vapeur est produite par une chaudière locomobile (28ª) d'environ 20 mètres carrés de surface de chauffe, dont les fumées vont dans une cheminée en tôle de 22 mètres de haut. Elle possède deux injecteurs et une pompe alimen-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

taire à débit variable, qui permet de maintenir le niveau de l'eau bien constant. En dehors des installations ordinaires, il y a un manomètre enregistreur, des appareils de mesure pour le tirage, l'eau d'alimentation, etc. A côté se trouve un surchauffeur au coke (29) qui permet des degrés.

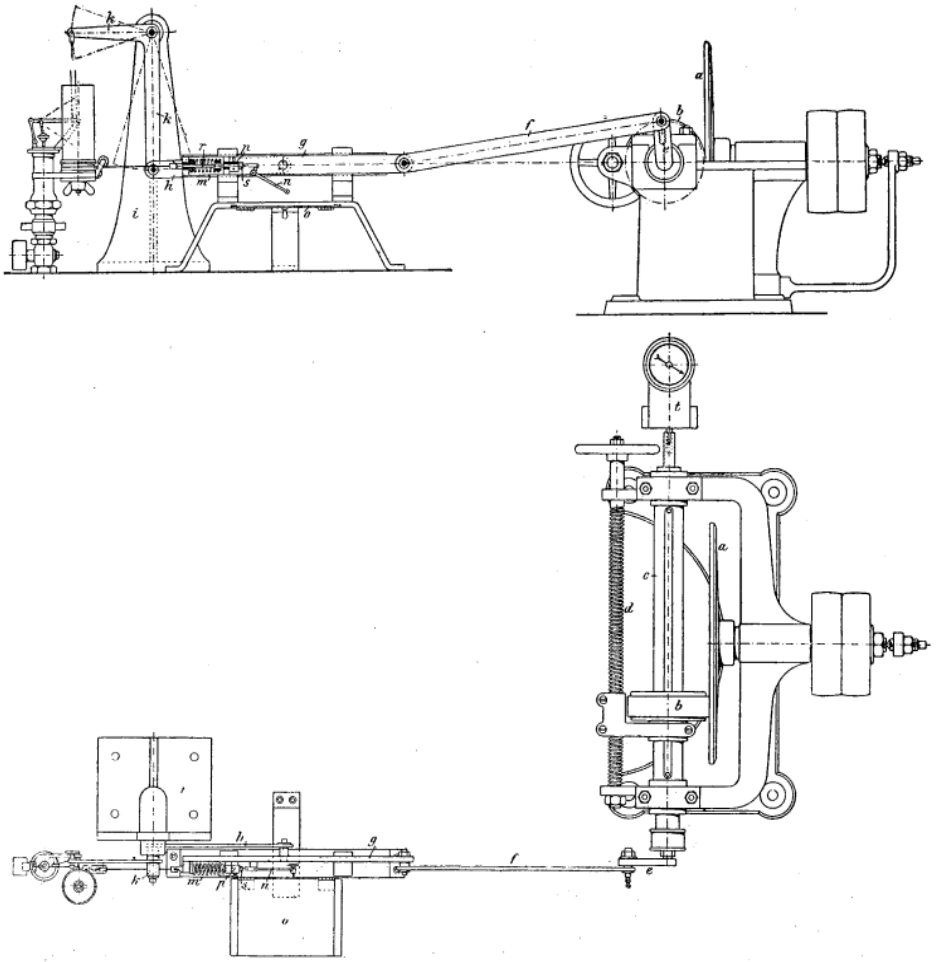


Fig. 23 et 24.

La machine à vapeur Knœnangel (27) est au milieu de la grande salle des machines, accessible de tous côtés. C'est une machine horizontale, à triple expansion. Les cylindres ont 200, 300 et 400 millimètres de diamètre pour 400 de course. Les cylindres à haute et à moyenne pression sont en tandem d'un côté, le cylindre à basse pression et le condenseur de l'autre, sur manivelles à 90°. La distribution se fait aux deux premiers par tiroir Rider, l'admission au troisième, par soupape, et l'émission,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

par robinets. La machine peut fonctionner en triple expansion, en Compound ou en Woolf. Les cylindres sont à enveloppes de vapeur complètes ; la compression peut varier dans le grand. Elle développe 40 chevaux à 120 tours. On y place quatre indicateurs.

La grosse difficulté était d'établir un frein automatique et absolument sûr. Le frein, qui fut breveté plus tard par M. Degn, assistant au laboratoire, est représenté en 16 et 17. La bande du frein est un tube Manenman, avec circulation d'eau a, dont le poids est supporté par un câble. Le gros bout de la bande est fixé au levier principal b, s'appuyant sur l'arbre, et formé de deux fers E, entre lesquels passe le levier de

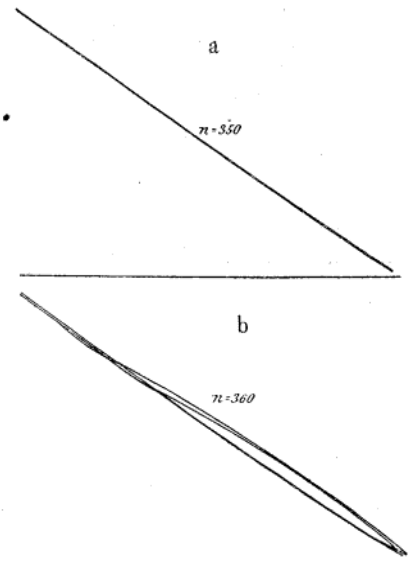


Fig. 25.

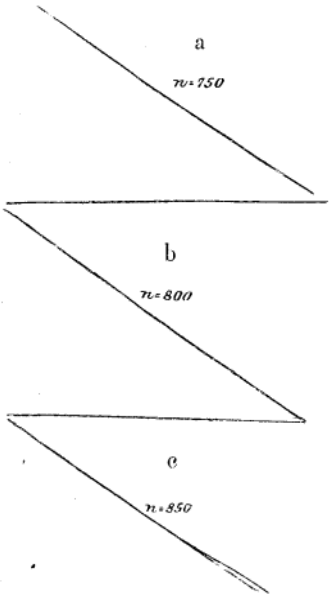


Fig. 26.

réglage c. Des câbles flexibles relient les extrémités des leviers aux balanciers ee, auxquels sont suspendus des contrepoids f. Au-dessus du balancier e, est un poids k, et au-dessus du balancier h un autre k^1. Ils sont égaux et à égale distance de l'axe.

On règle les trois leviers au parallélisme. La figure schématique 18 montre qu'on a : $(T\text{-}t)\ R = (Q\text{-}q)\ L$ et $t\,l = q\,L_1$ quand l'appareil est en équilibre. S'il se produit un changement dans le frottement, s'il augmente, par exemple, les leviers baissent, et les contrepoids prennent la position indiquée en pointillé. Il en résulte une diminution de la tension t, donnée par la formule

$$t\,l = \left(q - G\,\frac{a \sin \alpha}{b}\right) L_1.$$

Ce mouvement dure jusqu'à une nouvelle position d'équilibre, qui correspond à un même moment résultant que précédemment, puisque les poids k et k se font équilibre. Pour cela il faut que les balanciers soient rigoureusement parallèles. On les règle au moyen du volant g.

En cas de variation brusque, le levier bute sur le taquet l, et le poids q se dépose

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sur le plancher, de sorte que le serrage est complètement relâché. A part le graissage, le frein est complètement abandonné à lui-même pendant la durée d'une expérience.

Le compteur de tours a été disposé d'une manière particulière pour assurer l'exactitude de ses indications. Il peut coulisser dans une glissière *b* (fig. 19, 20). Son axe coudé en *f* est entraîné par un pivot *e*, fixé dans l'arbre *d*.

Pour tarer les indicateurs, on se sert d'une chaudière sphérique 30ª, à haute pression, munie d'un manomètre de contrôle et d'un manomètre à mercure 30ᵉ, qui peut aller jusqu'à 14 atmosphères. Les figures 21 et 22 montrent comment on peut régler le zéro de la colonne de mercure. On enfonce plus ou moins un piston *a* dans le mercure, et on observe le niveau dans un tube *b*, analogue aux tubes de niveau des chaudières.

Les figures 23 et 24 représentent une machine pour étudier les effets de l'inertie sur les indicateurs : elle se compose d'une transmission par galets de friction *a b*, per-

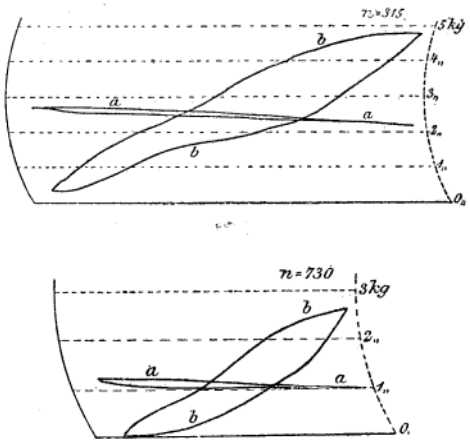


Fig. 27 et 28.

mettant de régler la vitesse de l'arbre *c*, donnée par le compteur *t* au moyen de la vis *d*. L'abre *c* porte une manivelle ajustable *e*, commandant, au moyen d'une bielle *f*, la glissière *g*, reliée d'une part à la commande de l'indicateur et, d'autre part, par l'intermédiaire du levier coudé K, à son crayon.

La figure 25 montre les tracés donnés par l'indicateur normal de Rosenkranz grand modèle ; la figure 26, ceux du petit modèle. Les figures 27 et 28 sont les tracés correspondants obtenus avec une commande plus longue et élastique : *a* à petite vitesse ; *b*, à grande vitesse.

Organisation des études. — Les étudiants de troisième année ont une heure de cours par jour et quatre de travaux pratiques en hiver. Ceux de quatrième année ont une heure de cours en hiver et tous ont huit heures de travaux pratiques en été.

On a eu :

77 élèves pendant le premier semestre 1896-97 ; 47 pendant le deuxième ; 109 et 60 en 1897-98 ; 97 et 80 en 1898-99.

Il est interdit de passer d'un essai à l'autre avant d'avoir terminé le premier. Par exception, on a dû le faire parfois en première année, pour suivre un programme déterminé. Enfin, pour que les élèves s'intéressent aux travaux, on laisse les machines à leur disposition en dehors des travaux réguliers.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

THÉORIE DES HÉLICES PROPULSIVES. Note de **M. Rateau** (1).

A la suite de M. Drzewiecki, on traite maintenant la théorie des hélices provulsives en décomposant la surface de chaque aile en éléments de hauteur radiale *dr*, que l'on assimile à des plans minces en mouvement oblique dans le fluide ambiant. On parvient ainsi, suivan l'expression que l'on adopte pour la réaction normale au plan mobile, à des résultats plus ou moins d'accord avec l'expérience.

Mais cette manière d'envisager la question ne tient pas compte de la face arrière ou des ailes, qui pourtant, ce n'est pas douteux, joue un rôle très important, aussi important sans doute que celui de la face impulsive. Cette théorie laisse aussi à peu près inexpliqués quelques faits essentiels bien connus, notamment les reculs négatifs, qui sont si fréquemment constatés, et l'avantage, bien démontré, d'une forte inclinaison des ailes vers l'arrière du bateau.

Dans la théorie que je propose ici, j'abandonne complètement la considération du plan mince. Je m'appuie, d'une part, sur la formule générale des turbo-machines, et, d'autre part, sur deux hypothèses fondamentales qui tiennent compte du dos des ailes autant que de la face impulsive. J'arrive ainsi à des résultats qui concordent avec ceux de M. Drzewiecki, mais plus généraux à certains égards.

Avant de donner mes hypothèses, je crois devoir faire remarquer que contrairement à ce que l'on pense généralement, l'eau possède, à travers l'hélice en fonctionnement normal, un mouvement centripète et non pas centrifuge. On le voit en composant entre elles la force centrifuge d'entraînement $m\omega^2 r$ et la force centrifuge composée $2m\omega w_a$ (2) qui, dans le cas des hélices, est double de la première et dirigée exactement en sens contraire, c'est-à-dire, en réalité, centripète. Il faut bien, du reste, que l'eau ait un mouvement légèrement centripète pour que la section de la veine d'eau qui arrive à l'hélice avec la vitesse relative V_0, sensiblement égale à la vitesse V du bateau, se réduise à la valeur qui correspond à la vitesse relative axiale, plus grande que V_0. après le passage à travers l'hélice (3).

L'inclinaison des ailes vers l'arrière favorise ce mouvement centripète; c'est là, à mon avis, sa raison d'être.

Considérons (fig. 1) un élément d'aile de section cylindrique A B et de hauteur radiale infiniment petite *dr*. Cet élément se meut avec une vitesse transversale $u = \omega r$ (représentée par O A) due à la rotation de l'hélice, et avec une vitesse axiale V (représentée par O D) due à l'entraînement par le bateau. D'un autre côté, l'eau est légèrement entraînée par la carène. Soit $V - V_0 = CC_0$ sa vitesse absolue quand l'hélice l'atteint. La vitesse relative de l'eau par rapport à l'élément d'hélice est, à l'entrée sur cet élément, $w_0 = AC_0$.

Le profil AIB de la face avant de l'élément est habituellement une droite. On appelle alors angle d'attaque l'angle ABC_0 que fait w_0 avec AIB. Mais cet angle n'est pas celui qu'il est le plus utile d'envisager, car il ne tient aucun compte du profil du dos des ailes.

Les hypothèses que je fais sont les suivantes :

1° *L'élément d'aile influence, de part et d'autre de cet élément, une lame d'eau dont l'épaisseur totale* h *est proportionnelle à la longueur* $l = A B$ *de l'élément* (1). *Si les lames d'eau influencées empiètent les unes sur les autres, ce qui arrive généralement dans la région centrale de l'hélice au-*

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences,* 19 février et 12 mars 1900.

(2) En appelant w_a la composante de la vitesse relative perpendiculairement à l'axe de rotation, $w_a = u$ au point d'entrée.

(3) Il faut naturellement chercher à faire que le dos de l'aile soit tangent à cette vitesse relative afin d'éviter une poussée contraire à celle que l'on veut obtenir.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dessous d'un certain rayon r_x, *tout le cylindre d'eau de rayon* r_x *doit être considéré comme influencé.*

2° *Cette lame d'eau subit dans son ensemble, pendant le passage de l'aile, une petite réduction de vitesse relative et un changement de direction tels que la vitesse* w_1, *à la sortie de l'élément, est égale à* $(1 - \varepsilon)\, w_0$, ε *étant un coefficient* (très petit puisqu'il est probablement inférieur à 0,01 dans la plupart des cas) *qui dépend de la forme et de la section de l'aile et de la rugosité des parois, mais est sensiblement indépendant de l'angle d'attaque, dans de certaines limites, et que cette vitesse* w *a pour direction, non pas celle de* AB, *comme on l'admet généralement, mais une direction intermédiaire entre les tangentes à la face et au dos de l'aile au point de sortie.* L'expérience pourra faire connaître comment cette direction moyenne d'ensemble partage l'angle des deux tangentes ; il est probable qu'elle est plus voisine de celle de la face que de la tangente au dos de l'aile.

Ce qui précède revient encore à dire que les pas importants à considérer dans une hélice

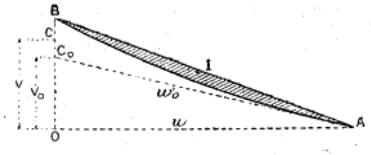


Fig. 1.

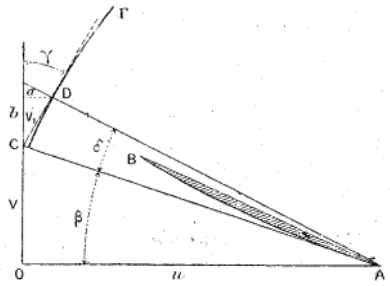


Fig. 2.

sont : à l'entrée le pas du dos et, à la sortie, une certaine moyenne entre le pas de la face et celui du dos. Si l'on base le calcul des reculs sur les pas ainsi déterminés, on trouve évidemment des reculs plus forts que ceux qui résultent du mode de calcul habituel, et les reculs négatifs n'existent plus.

L'angle que la vitesse relative de l'eau, à la sortie de l'hélice, fait avec la vitesse relative à l'entrée est donc toujours plus grand que l'angle d'attaque. Je l'appellerai angle de déviation et le désigne par δ. Disons de suite que, pour l'eau, sa meilleure valeur est vraisemblablement voisine de 8°.

Voyons rapidement les conséquences principales des hypothèses que je viens de poser.

Pour simplifier, je négligerai, ainsi qu'on le fait toujours en pareille circonstance, le déplacement centripète des filets d'eau à travers l'hélice et l'entraînement de l'eau par la carène.

Soient (fig. 2) OC la direction de l'axe de l'hélice, et CO la vitesse V du bateau ; OA la vitesse $u = \omega\, r$ de l'élément dS d'hélice au rayon r ; AC, la vitesse relative w_0 de l'eau par rapport à l'élément de l'hélice à l'entrée ; AB la coupe cylindrique développée de l'aile.

Quand la lame d'eau sort de l'hélice, elle prend la direction de la vitesse relative $w_1 =$ AD, telle que AD $= (1 - \varepsilon)$ AC, et que l'angle DAC est l'angle de déviation δ. Alors, la vitesse de l'eau, d'abord nulle, est devenue, à la sortie de l'élément d'hélice, CE $= v_1$, faisant l'angle γ avec OC. Ce sont les composantes $b = v_1 \cos\gamma$ et $a = v_1 \sin\gamma$ de cette vitesse absolue qui

(1) Et le report $h : l = k$ est probablement peu éloigné de l'unité.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

donnent, la première, l'impulsion élémentaire dF sur le plateau, et, la seconde, le moment résistant dM à la rotation, ou encore la puissance élémentaire absorbée $d\mathcal{C} = \omega\, dM$.

Si dm est la masse d'eau influencée dans une seconde par l'élément dS, on a

$$(1) \qquad dF = b\, dm = v_1 \cos\gamma\, dm, \quad \text{et} \quad d\mathcal{C}_m = ua\, dm = uv_1 \sin\gamma\, dm$$

La puissance utile fournie par l'élément d'hélice est $V_0\, dF$; on a donc, pour expression du rendement élémentaire

$$(2) \qquad \rho\beta = \frac{V_0\, dF}{d\mathcal{C}} = \frac{V_0}{u} \cot\gamma = \operatorname{tang}\beta \cot\gamma.$$

Pour un angle β, le rendement est maximum lorsque γ est minimum. Or le point D, quand δ varie, décrit une courbe Γ, qui, d'après notre hypothèse, est sensiblement un arc de cercle de centre A. Le maximum de $\rho\beta$ a lieu quand CD est tangent à cet arc Γ, c'est-à-dire lorsque

$$(3) \qquad \cos\delta_m = 1 - \varepsilon, \quad \text{ou approximativement} \quad \delta_m = \sqrt{2\varepsilon}.$$

Cette valeur de δ est indépendante de β. Si ε est constant, l'angle de déviation qui procure le rendement maximum est donc le même tout le long de l'aile, et nous trouvons ainsi la propriété indiquée par M. Drzewiecki pour les angles d'attaque. On voit, de plus, que l'on peut, sans que le rendement s'abaisse notablement, faire varier l'angle de déviation entre des limites très écartées autour de la valeur $\sqrt{2\varepsilon}$, qui correspond au maximum, puisque le point C est très voisin de la courbe Γ.

Posons $\gamma = \beta + \theta$, il vient approximativement

$$\operatorname{tang}\theta = \frac{\delta}{2} + \frac{\varepsilon}{\delta},$$

ce qui montre que tang θ est minimum et égal à $\sqrt{2\varepsilon}$ pour $\delta = \sqrt{2\varepsilon}$.

Puis

$$(4) \qquad \rho\beta = \frac{\operatorname{tang}\beta}{\operatorname{tang}(\beta + \theta)} = \frac{\operatorname{tang}\beta\,(1 - \operatorname{tang}\theta \operatorname{tang}\beta)}{\operatorname{tang}\theta + \operatorname{tang}\beta}.$$

Cette formule du rendement élémentaire est identique à celle de M. Drzewiecki; mais nous voyons ici la valeur du coefficient $\mu = \operatorname{tang}\theta$ en fonction de δ et de ε.

Si l'on suppose θ constant, $\rho\beta$ est une fonction de l'angle β seulement, qui est maximum et égale à $\left(\frac{1 - \sin\theta}{\cos\theta}\right)^2$ pour $\operatorname{tang}\beta = \frac{1 - \sin\theta}{\cos\theta}$. L'angle β qui réalise le maximum est donc un peu plus petit que 45° et voisin de 40°. Lorsque β s'écarte de cette valeur, le rendement s'abaisse lentement.

En remplaçant, ci-dessus, γ par la valeur $\beta + \theta$, on obtient approximativement

$$(5) \qquad \begin{cases} a = V_0 \cos\theta \sin\delta\,(1 + \operatorname{tang}\theta \cot\beta), \\ b = u \cos\theta \sin\delta\,(1 - \operatorname{tang}\theta \operatorname{tang}\beta. \end{cases}$$

Comme θ et δ sont de petits angles, cos θ sin δ diffère très peu de δ et les parenthèses s'éloignent peu de l'unité. Si δ est constant, a est donc peu variable et b est presque proportionnel à u.

Calculons la poussée totale donnée par les n ailes de l'hélice, en distinguant la partie centrale, du rayon r_0 au rayon r_x, où tout le cylindre d'eau est attaqué, et la partie extérieure, du rayon r_x au rayon r_1, où il n'y en a qu'une partie, conformément à notre hypothèse. Désignons par Π le poids spécifique de l'eau.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans la partie centrale, pour l'ensemble des ailes,

$$dm = \frac{\Pi}{g} V_0 \, 2\pi r \, dr,$$

et alors, si δ et θ sont constants,

$$F^c = 2\pi \frac{\Pi}{g} \cos\theta \sin\delta \, V_0 \omega \int_{r_0}^{x} \left(r^2 - \operatorname{tang}\theta \frac{V_0}{\omega} r \right) dr. \tag{6}$$

Dans la partie extérieure, si kl représente l'épaisseur des lames influencées,

$$dm = n \frac{V_0}{\sin\beta} \frac{\Pi}{g} kl \, dr;$$

et, si θ et δ sont constants,

$$F_e = nk \frac{\Pi}{g} \cos\theta \sin\delta \, V_0^2 \int_{r_x}^{r_1} \frac{\cos\beta - \operatorname{tang}\theta \sin\beta}{\sin\beta^2} l \, dr. \tag{7}$$

De même, on a les formules qui donnent les puissances absorbées par les deux parties de l'hélice :

$$\mathcal{C}_c = 2\pi \frac{\Pi}{g} \cos\theta \sin\delta \, V_0^2 \omega \int_{r_0}^{r_x} \left(1 + \operatorname{tang}\theta \frac{\omega}{V_0} r \right) r^2 \, dr, \tag{8}$$

$$\mathcal{C}_e = nk \frac{\Pi}{g} \cos\theta \sin\delta \, V_0^2 \int_{r_x}^{r_1} \frac{\cos\beta + \operatorname{tang}\theta \cot\beta \cos\beta}{\sin\beta^2} l \, dr. \tag{9}$$

Les formules (7) et (9) ne diffèrent pas de celles qu'a données M. Drzewiecki en groupant les termes $k \frac{\Pi}{g} \cos\theta \sin\delta$ en un seul coefficient λ dont on voit ici la valeur.

Je ne développerai pas ici davantage les conséquences pratiques de ma théorie. Je ferai seulement remarquer combien le coefficient de ralentissement ε de la vitesse relative fait tomber rapidement le rendement maximum, puisqu'il suffit que, par exemple, ε atteigne 1 p. 100 pour que le rendement s'abaisse à 0,75. On s'explique ainsi l'intérêt considérable qui s'attache à rendre les surfaces des ailes aussi lisses que possible.

SUR LES MOTEURS A GAZ A EXPLOSION. Note de M. **L. Marchis**[1].

La théorie actuellement adoptée pour les moteurs à gaz à explosion contient, au point de vue thermodynamique, un certain nombre d'erreurs assez graves. Montrons en quoi consistent ces erreurs, et comment on peut donner une théorie logique de ces moteurs.

Nous ne nous occuperons que des moteurs à quatre temps avec compression préalable, du type Otto.

La figure ci-dessous représente le diagramme théorique tel qu'il résulte de l'analyse des quatre temps du fonctionnement du moteur.

Première course. — Déplacement du piston EB en VD; introduction du mélange explosif. L'aspiration se faisant sous une pression voisine de la pression atmosphérique, le travail utile produit sur le piston est nul.

Deuxième course. — Compression adiabatique du mélange explosif de D en G.

Troisième course. — Explosion à volume constant; détente adiabatique des produits de l'explosion de C en F.

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 12 mars 1900.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Quatrième course. — Expulsion des gaz brûlés. La pression décroît rapidement suivant DFKLD. Le travail utile produit sur le piston est égal à l'aire négative DFKLD.

On ne peut appliquer le principe de l'équivalence qu'aux phénomènes produits pendant les deuxième et troisième courses, parce que le système qui se transforme ne garde une masse constante que pendant ce temps.

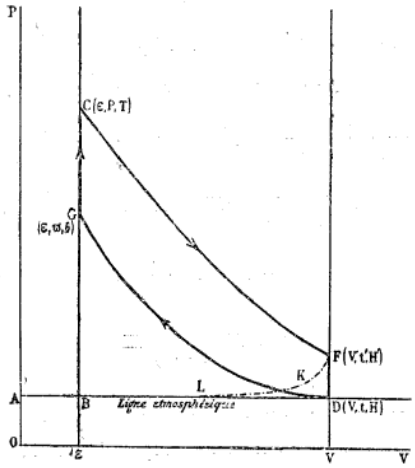


Fig. 3.

L'application du principe de l'équivalence aux transformations DG + GC + CF donne l'équation suivante :

$$- Q_\theta + M c' (T - \theta) - \text{aire } DGCFD = E (U_F - U_D)$$

dans laquelle Q_θ est la quantité de chaleur dégagée par l'explosion faite à volume constant et à la température θ; M, la masse du mélange explosif introduit; c', la chaleur spécifique à volume constant du mélange des produits de la combustion; $T - \theta$, l'élévation de température produite par l'explosion.

Supposons que la réaction explosive soit adiabatique; on a alors

$$(1) \qquad - \text{aire } DGCFD = E (U - U_D),$$

$$(2) \qquad Q_\theta = M c' (T - \theta).$$

Pour calculer $(U_F - U_D)$ prenons le mélange explosif dans son état primitif en D; produisons l'explosion à la température t, puis supposons le mélange des produits de la combustion porté sous le volume V à la température t', il revient au même état final que précédemment. Le principe de l'équivalence appliqué à cette transformation donne l'équation

$$(3) \qquad - Q_t + M c' (t' - t) = U_F - U_D.$$

D'où, en combinant les équations (1) et (3)

$$(4) \qquad \frac{1}{E} \text{aire } DGCFD = Q_t - M c' (t' - t).$$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le travail utile produit sur le piston pendant les quatre temps du fonctionnement du moteur a pour expression

$$\text{aire DGCFD} - \text{aire BLKFDB}.$$

Le rendement thermique est donc égal à

$$\rho = \frac{\text{aire DGCFD} - \text{aire BLKFDB}}{\text{EQ}_\theta},$$

ou, en tenant compte des relations (2) et (4) et de l'équation

$$Q_t - Q_\theta = M\,(c' - c)\,(\theta - t). \tag{5}$$

qui relie les valeurs de combustion aux températures t et θ, et où c est la chaleur spécifique à volume constant du mélange explosif,

$$\rho = \frac{c'\,(T - t') - c\,(\theta - t)}{c'\,(T - \theta)} - \frac{\text{aire BLKFDB}}{\text{EQ}_\theta}.$$

Or le dernier terme est très petit, et l'on peut prendre pour expression du rendement thermique d'un cycle Otto

$$\rho_1 = \frac{c'\,(T - t') - c\,(\theta - t)}{c'\,(T - \theta)}. \tag{6}$$

En appliquant aux transformations DG, GC, CF les lois des gaz parfaits, on sait exprimer les diverses quantités précédentes en fonction de la compression initiale $\frac{\omega}{H}$.

Arrivons maintenant à la critique de la théorie exposée dans tous les traités sur les moteurs à gaz.

1° *On fait coïncider* F *et* D.

Or, en écrivant ainsi $H' = H$ dans les équations qui permettent de calculer les coordonnées des sommets du cycle en fonction de $\frac{\omega}{H}$, on trouve la formule

$$\frac{\omega}{H} = \left(\frac{T}{t}\right)^{\frac{\gamma}{\gamma - 1}}, \tag{7}$$

où γ est le rapport des deux chaleurs spécifiques du mélange explosif avant la combustion et γ' le rapport des deux chaleurs spécifiques des produits de la combustion. *Or l'équation* (7) *conduit à des valeurs inadmissibles de la compression initiale.*

2° *On écrit à la fois* $H' = H$, $\gamma' = \gamma$ (1).

Ces hypothèses conduisent à ce résultat : *l'explosion ne produit aucune augmentation de pression.*

A la condition de ne pas écrire $H' = H$, on peut faire l'approximation $\gamma' = \gamma$. Cette approximation conduit, pour le rendement thermique, à l'expression

$$\rho_2 = 1 - \frac{t' - t}{T - \theta}.$$

Les auteurs écrivent

$$\rho'_2 = 1 - \gamma\,\frac{t' - t}{T - \theta}.$$

(1) M. Brillouin avait déjà signalé l'impossibilité d'une telle hypothèse. (Voir *Revue générale des Sciences*, p. 478 ; 30 juin 1898.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cette dernière formule est fausse; on s'appuie, en effet, pour la démontrer, sur les hypothèses inexactes suivantes :

Première hypothèse.

$$H' = H, \qquad \gamma' = \gamma.$$

Deuxième hypothèse. — Assimilation d'un moteur à gaz à explosion à un moteur à air chaud ayant un foyer intérieur; or il n'y a aucune relation de nature entre deux telles machines.

Troisième hypothèse. — Les points F et D coïncidant, l'ensemble des transformations DG + GC + CD constitue un *cycle fermé* pendant lequel le mélange gazeux indroduit (assimilé à une masse d'air qui se transforme sans réaction) emprunte à un foyer une quantité de chaleur

$$Q = Mc\,(T - \theta)$$

et cède à un réfrigérant une quantité de chaleur

$$q = MC\,(t' - t),$$

C étant la chaleur spécifique sous pression constante des gaz qui évoluent dans le moteur. Le rendement thermique a dès lors pour valeur $\frac{Q-q}{Q}$, d'où l'on déduit l'expression considérée. Or le cycle en question *n'est pas fermé et, d'autre part, le foyer et le réfrigérant considérés sont des fictions purement arbitraires.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PROCÈS-VERBAUX

Séance du 23 février 1900.

Présidence de *M. A. Carnot*, président.

Correspondance. — *M. Collignon*, secrétaire, dépouille la correspondance.

M. Joly, 16, rue Macoult, à Saintes, présente une *Serrure de sûreté* pour voitures à voyageurs. (Arts mécaniques.)

M. Toulon remercie le Conseil de sa nomination de *membre du Comité des Arts économiques*.

M. S. Pector, membre du Conseil, 9, rue Lincoln, présente le programme du *Congrès international de photographie* de l'Exposition de 1900, qui se tiendra du 23 *au* 28 *juillet*, et se met à la disposition des membres de la Société d'Encouragement pour leur procurer tous les renseignements nécessaires au sujet de ce congrès, dont il est le secrétaire général.

Correspondance imprimée. — *M. Collignon* présente au Conseil, avec remerciements aux donateurs, les ouvrages mentionnés à la page 311 du *Bulletin* de février, notamment la brochure de M. *Pillet*, membre du Conseil, intitulée: *L'Enseignement général du dessin dans les lycées et collèges de France*, qui est distribuée à ses collègues.

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

M. Ollivier (F.), ingénieur-constructeur, à Paris, présenté par *M. E. Simon ;*

M. Levêque de Vilmorin, présenté par MM. *Lavalard* et *G. Richard*.

La *Société anonyme des usines du Pied-Selle*, à Fumay, présentée par *M. G. Richard*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CONFÉRENCE. — *M. Candlot* fait une conférence sur l'*Industrie des ciments*.

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

Séance du 9 mars 1900.

Présidence de *M. A. Carnot*, président.

M. le Président fait part à la Société d'Encouragement de la mort de *M. Samson Jordan*, membre du Conseil. Les obsèques ont eu lieu le 28 février, et un grand nombre des membres du Conseil ont pu venir, ainsi que lui-même, y assister et rendre les derniers honneurs à leur très regretté confrère. M. Carnot y a exprimé les sentiments d'unanime regret laissés par cet ingénieur éminent, qui était, depuis dix années, membre du Comité des *Arts chimiques*.

Professeur de métallurgie à l'École centrale depuis un très long temps, M. Jordan avait acquis une réputation universelle dans cette branche de la science appliquée à l'industrie. Au Comité des Arts chimiques, il représentait plus particulièrement la métallurgie du fer et de l'acier ; son érudition remarquable apparaissait bien, en même temps que sa justesse d'esprit, dans les nombreux rapports qu'il a rédigés au nom du Comité, notamment pour l'attribution de récompenses à des auteurs d'ouvrages métallurgiques. C'est sur son rapport que la Société, en 1897, a décerné sa grande médaille de Lavoisier à M. Osmond pour ses belles recherches sur la microstructure de l'acier et sur ses transformations par la trempe.

A titre de souvenir personnel, le Président rappelle qu'il a connu pour la première fois M. Jordan pendant la douloureuse période du siège de Paris en 1870-71 ; ingénieurs l'un et l'autre, ils étaient les collaborateurs dévoués du grand ministre des Travaux publics : Dorian, qui a tant fait pour la défense nationale.

Les efforts faits en commun, les émotions partagées pendant de pareilles épreuves laissent un souvenir ineffaçable.

En outre de sa haute valeur scientifique, M. Jordan était doué de qualités morales qui l'avaient fait apprécier et affectionner de tous ses confrères. L'un d'eux voudra bien se charger de préparer sur lui une notice biographique pour le *Bulletin* de la Société.

CORRESPONDANCE. — *M. Collignon*, secrétaire, dépouille la correspondance.

M. Valdel, 83, rue des Archives, demande une annuité de brevet pour une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

boîte d'allumettes permettant l'allumage malgré le vent et la pluie. (Arts économiques.)

M. Bacquart-Choppin, à Arques (Pas-de-Calais), demande une annuité de brevet pour une *machine à fermer les moules à bouteilles* (Arts chimiques.)

M. le colonel Renard adresse à la Société le programme d'un concours ouvert au ministère de la Guerre pour la *téléphotographie en ballon*. Ce programme sera déposé à la Bibliothèque.

M. H. Brough, secrétaire général de l'*Iron and Steel Institute*, nous informe que le Conseil de cette Société a décerné la médaille d'or de Bessemer à *M. H. de Wendel*, membre de la Société d'Encouragement. *M. le Président* remercie M. Brough d'avoir bien voulu nous annoncer cette bonne nouvelle et félicite M. de Wendel de cette haute distinction.

M. de Saint-Remy, 25, rue Rousselle, à Puteaux, demande l'appui de la Société pour breveter un *appareil de sécurité pour chemins de fer*. (Arts mécaniques.)

M. Hélouis, chimiste, à Colombes, dépose un pli cacheté relatif à la *fabrication du ferro-vanadium et du bronze vanadié*.

Correspondance imprimée. — *M. Collignon* présente au Conseil, avec remerciements aux donateurs, les ouvrages mentionnés à la page 511 du présent *Bulletin*.

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

M. N. Belelubsky, directeur du Laboratoire mécanique de l'Institut Impérial des ingénieurs des voies de communication à Saint-Pétersbourg, présenté par *MM. Haton de la Goupillière* et *Carnot;*

M. Convert, administrateur délégué de la Société des chaux de l'Aube, présenté par *M. Candlot;*

M. Fauh, fabricant de chaux, à Issy-les-Moulineaux, présenté par *M. Candlot*.

Rapports des Comités. — Sont lus et approuvés les rapports de :

M. Livache, au nom du Comité des Arts chimiques, sur le *Fibroleum de M. Brigalant* et sur les *Enduits métalliques et les peintures vernissées de M. Delbeke* (pages 336 et 341 du présent *Bulletin*);

M. Simon, au nom du Comité des Arts mécaniques, sur l'ouvrage de *M. Persoz, Essais des matières textiles* (p. 344);

M. Carpentier, au nom du Comité des Arts économiques, sur la *Règle dactylographique* universelle de *M. Bessat*).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Bardy, au nom du même Comité, sur le *Viscoïd* (page 321);

M. Linder, au nom du Comité des Arts mécaniques, sur l'appareil de *MM. Vinsonneau et Secrétan* pour la *vérification optique des tubes de chaudières*.

Communications. — Sont présentées les communications suivantes :

M. Marion, *Reliefs photographiques;*

M. Vincey, *Projet d'un régime nouveau pour l'évacuation des ordures ménagères de Paris*.

M. le Président remercie *MM. Marion* et *Vincey* de leurs intéressantes communications, qui seront renvoyées aux Comités des *Beaux-Arts* et du *Bulletin*.

ERRATUM

Page 333, ligne 24, au lieu de « deux molécules de chlorure d'acétyle pour une molécule de chlorure de magnésie », lire : « deux molécules de chlorure d'acétyle pour *deux molécules d'acétate de magnésie* ».

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

BIBLIOGRAPHIE

Mesure des températures élevées, par H. Le Chatelier, ingénieur en chef des mines, professeur au Collège de France, et O. Boudouard, préparateur au Collège de France. 1 vol. in-8; Carré et Naud, éditeurs, Paris, 1900.

Wedgwood s'est, le premier, occupé de la détermination précise des températures élevées, et, depuis cette époque, l'importance capitale que présentent de semblables recherches avait conduit de nombreux savants à chercher des méthodes pyrométriques se prêtant à la fois à des mesures exactes et rapides : il suffit de mentionner les travaux bien connus de Wedgwood, Becquerel, Pouillet, Sainte-Claire Deville, Siemens, Le Chatelier, etc.

La littérature scientifique présentait une lacune, et on saura gré à MM. Le Chatelier et Boudouard de l'avoir comblée en rassemblant tous les travaux relatifs à cette question, qui intéresse aussi bien la science que l'industrie.

Après quelques considérations générales sur l'échelle normale des températures et le thermomètre normal, les auteurs décrivent successivement le pyromètre à gaz, le pyromètre calorimétrique, le pyromètre à résistance électrique, le pyromètre thermo-électrique, les pyromètres à radiation calorifique et à radiation lumineuse, le pyromètre par retrait, les montres fusibles et les pyromètres enregistreurs. Dans chacune des méthodes, après en avoir donné la théorie, ils insistent particulièrement sur le côté pratique de la question : ce n'est pas là, en effet, un des côtés les moins importants du problème au point de vue de ses applications.

Dans leur conclusion, MM. Le Chatelier et Boudouard appellent l'attention des expérimentateurs sur les points dont l'étude paraît la plus urgente pour faire progresser nôtre connaissance des températures élevées (détermination des points fixes pour la graduation des pyromètres; détermination de la fonction qui relie la résistance électrique du platine à la température, et des lois de la radiation d'un corps rigoureusement noir); ils font, de plus, remarquer que, bien souvent, les préoccupations pratiques ont une répercussion sur les progrès de la science pure, et que beaucoup de problèmes de science pure ne sont arrivés à des solutions satisfaisantes que sous l'influence de recherches industrielles.

Les alliages métalliques, par A. Hiorns; traduction augmentée d'un appendice par O. Boudouard; préface de H. Le Chatelier. 1 vol. in-8, 440 pages. O. Steinheil, éditeur, Paris, 1900.

Les alliages métalliques occupent dans l'industrie une place très importante; presque toujours, ils sont employés de préférence aux métaux purs en raison des qualités spéciales qu'ils possèdent. Mais, tandis que les progrès faits par la chimie depuis le commencement du siècle ont donné à un grand nombre d'industries une impulsion toute nouvelle, l'industrie des alliages a échappé à ce mouvement. Depuis cinq ans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

seulement, les recherches sur les alliages ont pris un essor imprévu, par suite de l'introduction des méthodes de la métallographie microscopique, dues au professeur Sorby de Sheffield et à M. Osmond.

Le traité de M. Hiorns, antérieur à la date de ces dernières études, mérite une place à part en raison de l'expérience personnelle de son auteur. Il clôt une longue période de tâtonnements empiriques et fait connaître les résultats obtenus avec toute la précision que comporte le sujet. Il restera un guide précieux pour les industriels, et sera indispensable aux travailleurs qui se préoccupent des applications pratiques de la science jusqu'au jour où l'étude rationnelle des alliages sera assez avancée pour établir les liaisons multiples qui rattachent nécessairement la théorie à la pratique.

Après avoir donné un résumé très bien fait des lois générales de la chimie et des propriétés chimiques des métaux et un exposé très succinct des généralités se rapportant aux alliages, M. Hiorns étudie en détail, au point de vue de leur préparation, de leurs propriétés et de leurs usages, les alliages de cuivre (laitons et bronzes), le maillechort, les alliages d'étain, de plomb, les amalgames, les alliages d'or, d'argent et de platine; il termine par les alliages du fer.

M. Boudouard a fait suivre l'ouvrage d'un appendice où il expose sommairement les principes des nouvelles méthodes employées dans l'étude des alliages (métallographie microscopique; fusibilité, conductibilité, dilatation des alliages, etc.), ainsi que les résultats les plus importants obtenus au cours de ces dix dernières années.

Les matières odorantes artificielles, par M. JAUBERT, docteur ès sciences (*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire*). Paris, Gauthier-Villars.

La première *matière odorante artificielle* fabriquée en grand vers 1855 fut la nitrobenzine ou *essence de mirbane;* peu après, lui succéda l'aldéhyde benzoïque ou *essence d'amandes amères artificielle*, puis la série des parfums synthétiques résultant des travaux de Tiemann en Allemagne et de De Laire en France, travaux inaugurés par la synthèse de la vanilline et continués par la découverte de l'ionone ou *essence de violette artificielle*.

Dans un autre domaine de la chimie, Baur trouvait le *musc artificiel* et, de différents côtés, on entreprenait la fabrication de l'héliotropine ou *héliotrope artificielle*. Cet aperçu de l'activité développée depuis quelques années par les chimistes de tous pays, travaillant au vaste champ des matières odorantes artificielles, montre que ces dernières, pour ainsi dire inconnues il y a un quart de siècle, occupent aujourd'hui, tant dans la science que dans l'industrie, une place considérable.

La fabrication synthétique des parfums s'est développée d'abord lentement, mais ces dernières années ont été fécondes en travaux parfois contradictoires et un peu dispersés.

La tâche de M. George-F. Jaubert a donc été de dégager de tous ces documents les points les plus intéressants et de faire un choix parmi les nombreuses hypothèses soumises à la discussion et qui ont résisté à l'expérience.

Dans cet Aide-Mémoire, M. Jaubert s'est notamment étendu sur les matières odorantes halogénées ou nitrées, sur les matières odorantes aldéhydiques, oxyaldéhydiques et dialdéhydiques; enfin, tout un chapitre est consacré aux matières odorantes phénoliques.

Le Cidre, par M. ROQUES, expert chimiste principal au Laboratoire municipal de Paris (*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire*). Paris, Gauthier-Villars.

Cet Aide-Mémoire résume nos connaissances actuelles sur l'industrie du cidre. L'auteur s'est efforcé d'y montrer les progrès qui ont été réalisés et ceux qu'elle peut encore réaliser en s'inspirant des progrès de la science.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La culture rationnelle des fruits à cidre, la fabrication du cidre, ses maladies, son analyse, ses fraudes, sont l'objet des principaux chapitres.

Le livre se termine par deux chapitres que liront avec intérêt et avec fruit nos industriels; la fabrication du cidre en Allemagne et l'industrie des fruits évaporés aux États-Unis.

Cet Aide-Mémoire rendra de grands services aux cultivateurs, aux industriels, aux chimistes, à tous ceux, en un mot, qui s'occupent du cidre.

L'échappement dans les machines à vapeur, par M. C. Leloutre. (*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire*). Paris, Gauthier-Villars.

En étudiant l'échappement au condenseur, l'auteur s'occupe de quelques faits qui ont une grande influence sur la marche économique d'un moteur.

Les conditions de l'échappement sont fort différentes dans une machine sans enveloppe et dans celles dont le cylindre est entouré d'une chemise de vapeur à action très énergique ou qui sont alimentées avec de la vapeur surchauffée. Dans ce dernier cas, les parois internes du cylindre, correspondant à l'admission, restent, à la fin de la course de piston, à une température bien supérieure à celle de la vapeur à la fin de la détente, d'où il résulte que ces parois renferment, au moment où l'échappement commence, une *réserve de chaleur* qui est la seule cause d'une économie sérieuse de combustible. Mais cette réserve de chaleur sera emportée inutilement au condenseur si la vapeur d'échappement renferme une certaine quantité d'eau ou si les fuites de vapeur par le piston apportent, elles aussi, une forte proportion de vapeur condensée.

L'auteur détermine cette proportion d'eau pour un point quelconque de l'échappement et développe de nombreux contrôles, afin de ne laisser aucun doute au sujet de l'exactitude des résultats obtenus.

Si la réserve de chaleur est lancée dans le condenseur, les parois internes du cylindre sont considérablement refroidies et, au coup de piston suivant, la vapeur d'admission devra rétablir cette réserve, d'où une perte de chaleur et de travail. L'auteur dresse le compte de ces pertes et les vérifie par de nombreux contrôles.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LIVRES ET OUVRAGES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE

EN MARS 1900

De la Collection Léauté. **Produits aromatiques artificiels et naturels,** par M. G.-F. Jaubert. In-18. Paris, Gauthier-Villars.

De la Bibliothèque de la Revue générale des Sciences. **Mesures des températures élevées,** par MM. H. Le Chatelier et O. Boudouard. In-8°, 220 p., 50 fig. Paris, Carré et Naud.

De la Smithsonian Institution. **Index to the Litterature of Zirconium.** par MM. Langunie, et Baskerville. In-8°, 30 p. Washington.

Répertoire bibliographique des principales revues françaises, par M. D. Jordell. 2e année. In-8°, 270 p. Paris, Lamm, 7, rue de Lille.

Bulletin de la Société d'Économie politique. Année 1899. In-8°, 275 p. Paris, Guillaumin.

Traité pratique de comptabilité commerciale, par M. Bertin Hamel. In-8°, 176 p. chez Foucault, à Vire.

Anlyse électrochimique, par M. E. Smith, traduction par M. Rosset. In-18, 205 p. Paris, Gauthier-Villars.

Notes sur l'épandage des eaux d'égout de la ville de Paris, par M. Badois. Extrait des *Comptes rendus de la Société des Agriculteurs de France.*

Tramways et automobiles, par MM. Aucamus et Goline. In-8°, 481 p. 234, fig. Paris, Dunod.

Statistique viticole de la Côte-d'Or, publiée par le Comité d'études viticoles du département. 2e année 1899. In-8°, 40 p. Dijon, Sirodot-Carré.

Du Ministère de l'Intérieur. **Situation financière des départements en 1897.** In-4°, 420 p. Melun, Imprimerie administrative.

Du Ministère de l'Instruction publique. Comité des travaux historiques et scientifiques. **Compte rendu du Congrès des Sociétés savantes de Paris et des départements, tenu à Toulouse en 1899** (*Section des Sciences*). In-8°, 240 p. Imprimerie nationale.

Manuel pour l'usage du répertoire bibliographique des sciences physiques établi d'après la *Classification décimale,* et *Annuaire de l'Institut international de bibliographie pour l'année 1899.* In-8°. Bruxelles, au siège de l'Institut Bibliographique, 1, rue du Musée.

Manuel du répertoire bibliographique des sciences agricoles établi d'après la *Classification décimale,* par M. Vermorel. In-8°, 240 p. Paris, Béranger.

Association des propriétaires d'appareils a vapeur. *23e Congrès des ingénieurs en chef,* tenu à Paris en 1899. In-8°, 180 p., 15 pl. Paris, imprimerie Capiomont.

La pratique industrielle des courants alternatifs, par M. G. Chevrier. In-8°, 270 p., 109 fig. Paris, Carré et Naud.

The Cristalline structure of Metals, par MM. J. A. Ewing et W. Rosenhain. In-4°, 28 pl., publié par la Royal Institution. London.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LITTÉRATURE

DES

PÉRIODIQUES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIÉTÉ

Du 15 Février au 15 Mars 1900

DÉSIGNATIONS ABRÉGÉES DES PUBLICATIONS CITÉES

Ag. . . . Journal de l'Agriculture.
Ac. . . . Annales de la Construction.
ACP. . . . Annales de Chimie et de Physique.
AM. . . . Annales des Mines.
AMa . . . American Machinist.
Ap. . . . Journal d'Agriculture pratique.
APC. . . . Annales des Ponts et Chaussées.
Bam. . . . Bulletin technologique des anciens élèves des écoles des arts et métiers.
BMA . . . Bull. du ministère de l'Agriculture.
CN. . . . Chimical News (London).
Cs. . . . . Journal of the Society of Chemical Industry (London).
CR. . . . Comptes rendus de l'Académie des Sciences.
DoL. . . . Bulletin of the Department of Labor, des États-Unis.
Dp. . . . Dingler's Polytechnisches Journal.
E. . . . . Engineering.
E'. . . . . The Engineer.
Eam. . . . Engineering and Mining Journal.
EE. . . . . Eclairage électrique.
Elé. . . . L'Électricien.
Ef. . . . Économiste français.
EM. . . . Engineering Magazine.
Es. . . . . Engineers and Shipbuilders in Scotland (Proceedings).
Fi . . . . Journal of the Franklin Institute (Philadelphie).
Gc. . . . Génie civil.
Gm. . . . Revue du Génie militaire.
IC. . . . . Ingénieurs civils de France (Bull.).
Ie. . . . . Industrie électrique.
Im . . . . Industrie minérale de St-Étienne.
IME. . . . Institution of Mechanical Engineers (Proceedings).
IoB. . . . Institution of Brewing (Journal).
La . . . . La Locomotion automobile.
Ln . . . . La Nature.
Ms. . . . . Moniteur scientifique.
MC. . . . Revue générale des matières colorantes.
N. . . . . Nature (anglais).
Pc. . . . Journal de Pharmacie et de Chimie.
Pm. . . . Portefeuille économ. des machines.
Rcp . . . Revue générale de chimie pure et appliquée.
Rgc. . . . Revue générale des chemins de fer et tramways.
Rgds. . . . Revue générale des sciences.
Ri . . . . Revue industrielle.
RM. . . . Revue de mécanique.
Rmc. . . . Revue maritime et coloniale.
Rs. . . . . Revue scientifique.
Rso. . . . Réforme sociale.
RSL. . . . RoyalSocietyLondon(Proceedings).
Rt. . . . . Revue technique.
Ru. . . . . Revue universelle des mines et de la métallurgie.
SA. . . . Society of Arts (Journal of the).
SAF . . . Société des Agriculteurs de France (Bulletin).
ScP. . . . Société chimique de Paris (Bull.).
Sie. . . . . Société internationale des Électriciens (Bulletin).
SiM. . . . Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse.
SiN. . . . Société industrielle du Nord de la France (Bulletin).
SL. . . . . Bull. de statistique et de législation.
SNA. . . . Société nationale d'agriculture de France (Bulletin).
SuE. . . . Stahl und Eisen.
USR. . . . Consular Reports to the United States Government.
VDI. . . . Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure.
ZOI. . . . Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieure und Architekten-Vereins.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

Bétail. Établissement des rations alimentaires. *Ap.* 8 *Mars*, 344.

Betteraves. Rendement et récolte de 1898-99. *BMA. Déc.*, 1281.

— Meilleures semences. *USR. Fév.*, 157.

Beurres français exportés en Angleterre (Pureté des) (Grandeau). *Ap.* 15 *Fév.*, 233.

Blés gelés. *SNA. Janv.*, 25.

— (Desprez). *Ap.* 15 *Fév.*, 230.

— — (Résistance à la) (Thiry). *Id.*, 235.

— — (Heuzé), 236.

— Production et commerce (Méline). *Ag.* 3 *Mars*, 327.

— tendres français et étrangers (Composition des) (A. Girard et Fleurant). *BMA. Déc.*, 1030.

— Effanage par les moutons. *Ap.* 1er *Mars*, 308.

— Semis en mars. *Ap.* 1er *Mars*. 312.

Céréales (Noir des) en Sologne. *Ag.* 24 *Fév.*, 289.

Cochenille de l'oranger. *Ap.* 15 *Fév.*, 240.

Défoncements (Chantiers de). *Ap.* 22 *Fév.*, 285.

Engrais. Fosses à fumier. *Ap* 15 *Fév.*, 242.

— Chaux dans les scories et phosphates fossiles (Joulie). *Ag.* 10 *Mars*, 368.

— Utilisation par les plantes de la potasse dissoute dans le sol (Schlœsing). *CR.* 12 *Fév.*, 422.

— Empoisonnement par le nitrate de soude. *Ap.* 1er *Mars*, 213.

— Le Crud-ammoniac. *Ap.* 1er *Mars*, 318.

— Phosphates de la Floride. *Enm.* 17 *Fév.*, 201.

— — d'alumine préparé (Zecchini). *Ms. Mars*, 179.

— Analyse des engrais. *Ms. Mars*, 175, 181, 184.

Fruits (Commerce des) et époque de leur récolte. *SNA. Janv.*, 21.

Grêle (Défense contre la) par des détonations. *Ag.* 24 *Fév.*, 298.

Insectes nuisibles (Lutte contre les) (Marlait). *Rs.* 3 *Mars*, 257.

Lupins bleus (Culture des) (Dehérain et Demoussy). *CR.* 19 *Fév.*, 465.

Osier. Expériences sur sa culture. *Ag.* 17 *Fév.*, 260.

Pommier (Plantation du). *Ap.* 22 *Fév.*, 275.

Pommes de terre. Sélection pour semences. *Ap.* 28 *Fév.*, 278.

— Culture industrielle (Lavollée) *SAF.* 1er *Mars*, 326.

— Presse à paille. Concours de Meaux. *SAF.* 1er *Mars*, 316.

Pressoirs continus. Concours de Jouarres. *SAF.* 1er *Mars*, 311.

Tabac (Exigences du) en principes fertilisants (Rousseau et Girard). *BMA. Déc.*, 1162.

Vins salés de Tunisie (Les) (Bertinchaud). *BMA. Déc.*, 1154.

— Sucrage avant fermentation. *BMA. Déc.*, 1286.

— Emploi du nitrate de soude dans la fumure intensive (Sagnier). *SNA. Janv.*, 39.

— Protection contre les gélées printanières. *Ap.* 1er *Mars*, 316.

— Abris en papier contre la gelée. *Ap.* 8 *Mars*, 364.

CHEMINS DE FER

Chemins de fer et canaux américains. *E.* 16 *Fév.*, 227.

— Vers l'Inde (Maclean). *IA.* 16 *Fév.*, 274.

— de Tananarive à Madagascar. *Gc.* 24 *Fév.*, 260.

— Métropolitain de Berlin. *Rgc. Mars*, 200.

— Suisses. Statistique pour 1897. *Rgc. Mars*, 253.

— *Électriques*. Barnem-Eberfield. *Gc.* 10 *Mars*, 289.

— — de Laon. *Ln.* 10 *Mars.*, 253.

Locomotives express du Chicago-Alton; des chemins de l'État (Desdouits). *Rgc. Mars*, 191.

— (Essais de) (Lutzmann). *Société d'Encouragement de Berlin. Fév.*, 71.

— à 3 essieux couplés du Midland. *E'.* 23 *Fév.*, 195. Atchison-Topêka. *RM. Fév.*, 229.

— à voie de 0m,90 Hudswell. *E.* 23 *Fév.*, 253.

— Corrosion des tubes de chaudière. *SuE.* 1er *Mars*, 260.

— Charges remorquées et dépense de vapeur (Maison). *AM. Nov.*, 499.

— Démarrage des trains. *Gc.* 3 *Mars*, 283.

— Bogie Hollingsworth. *RM. Fév.*, 233.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Locomotives. Dépôt de charbon du Lehigh Valley. *RM. Fév.*, 234.
Matériel roulant. Bogie de l'Eastern-Bengal. *E'.* 15 *Fév.*, 182.
— Accouplements automatiques. *Rgc. Mars.*, 261.
— Chauffage des trains, méthodes nouvelles. *Rt.* 25 *Fév.*, 76.
— Éclairage électrique au P.-L.-M. *E'.* 2 *mars*, 232.
— — Vicarino. *Rgc. Mars*, 285.
Station de Waverley (Édimbourg). *E.* 23 *Fév.*, 247.

TRANSPORTS DIVERS

Automobiles postales. *La.* 15 *Fév.*, 109.
— (Les). *VDI.* 24 *Fév.*, 233; 3-10 *Mars*, 277, 311.
— à air comprimé (Molas). *Rt.* 10 *Fév.*, 49.
— Transmissions. *Ri.* 17, 24 *Fév.*, 64, 75; 3 *Mars*, 82; *Dp.* 10 *Mars*, 168.
— Whitney. *La.* 22 *Fév.*, 126.
— Lucas. *E'* 23 *Fév.*, 211.
— A pétrole (Colliot). *La.* 22 *Fév.*, 122.
— — (Panhard Levassor). *RM. Fév.*, 237.
— — Description méthodique générale (Bochet). *AM. Janv.*, 1.
— A vapeur. The Locomobile. *RM. Fév.*, 239.
— Électriques à trolley-moteur Lombard-Gérin. *Rt.* 25 *Fév.*, 73.
— Roue de traction Grosclaude. *Ri.* 10 *Mars*, 96.
Ponts transporteurs. *E.* 23 *Fév.*, 251.
Tramways *électriques.* Influence de la température sur les conducteurs aériens. *Elé.* 24 *Fév.*, 116.
— de Gand. *Ie.* 10 *Mars*, 96.
— Trolet à accumulateurs. *EE.* 2 *Mars*, 353.
— (Accumulateurs pour). *EE.* 24 *Fév.*; 3 *Mars.*, 285, 336.
— Frein à courants de Foucault. *EE.* 2 *Mars*, 354.
— *A air comprimé* à Paris. *Rgc. Mars*, 243.
Transports en commun à Paris et dans la banlieue (C. Jean). *Gc.* 17 *Fév.*, 246.
Vélocipèdes (Rendement des). *Dp.* 24 *Fév.*, 121; 3 *Mars*, 133.

CHIMIE ET PHYSIQUE

Acétylène. Purification. *Cs.* 31 *Janv.*, 31; *Rcp.* 20 *Fév.*, 139.
— Assemblée générale des acétylénistes allemands à Francfort. *Rcp.* 20 *Fév.*, 141.
Acides chromique, régénération. *Cs.* 31 *Janv.*, 45.
— fluorhydrique, composition en volume (Moissan). *CR.* 26 *Fév.*, 344.
— sulfureux liquide, propriétés (Lange). *Ms. Mars*, 188.
— — Action sur le fer. *Id.*, 194.
Alcali et Chlore. Industrie aux États-Unis en 1899. *Cs.* 31 *Janv.*, 86.
Ammoniaque. Oxydation par un minerai de fer (Anderson et Léan). *Cs.* 31 *Janv.*, 28.
— Sulfate d'ammoniaque, industrie en 1899. *Cs.* 31 *Janv.*, 87.
Argon. Influence de la température sur sa viscosité (Rayleigh). *CN.* 23 *Fév.*, 85.
Beurres. Rancidité (Chimie de la) (Brown). *Cs.* 31 *Janv.*, 54.
Bismuth. Sels cristallisés (Schulten). *ScP. Mars*, 156.
Blanchiment des fibres végétales (Tassel). *Mc. Mars*, 95.
Brasserie. Divers. *Cs.* 31 *Janv.*, 62.
— Séchage des houblons (Briant et Meacham). *IoB. Janv.*, 2.
Carbure de calcium. Sa fabrication en se servant des gaz de hauts fourneaux comme force motrice. *SuE.* 1er *Mars*, 248.
Chaux et ciments. Divers. *Cs.* 31 *Janv.*, 48.
Céramique. Divers. *Cs.* 31 *Janv.*, 47.
Cinchona (La). *Cs.* 31 *Janv.*, 11.
Caoutchouc d'Almeidina. Afrique portugaise. *Cs.* 31 *Janv.*, 56.
Cuir (Teinture du) (Procter). *Cs.* 31 *Janv.*, 28.
Distillerie. Rectification continue (Anders). *Cs.* 31 *Janv.*, 63.
— Industrie des vins et liqueurs. État actuel (Rocques). *Rgds.* 28 *Fév.*, 193.
Eaux. Purification par l'ozone (Otto-Gosselin). *Ie. Fév.*, 149, 221.
Essences et parfums. Divers. *Cs.* 31 *Janv.*, 67, 78. Développement progressif (Charabot). *Rcp.* 20 *Fév.*, 128.
— de Santal, composition (Guerbet). *CR.* 12 *Fév.*, 417.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Égouts. Divers. *Cs.* 31 *Janv.*, 71.
Explosifs. Divers. *Cs.* 31 *Janv.*, 71.
— Emploi de l'air liquide. *Ri.* 20 *Mars*, 98.
Gadolinium (Le) (Benedicks). *CN.* 9-16 *Fév.*, 63, 77.
Gaz d'éclairage. Divers. *Cs.* 31 *Janv.*, 31.
— Becs incandescents. *Id.* 33.
— Chargement mécanique des cornues. *Gc.* 10 *Mars*, 296.
— production par les fours à coke. *SuE.* 1er *Mars*, 256.
Huile de coton (Van Kettel). *Ms. Mars*, 154.
Iodure d'azote (Hugot). *CR.* 19 *Fév.*, 505.
Ionone (L') (Von Bacyer). *Rcp.* 5 *Mars*, 161.
Laboratoire. Divers. *Cs.* 31 *Janv.*, 71.
— Spath d'Islande. Emploi comme étalon d'analyse volumétrique (Masson). *CN.* 16 *Janv.*, 73.
— Analyse des aciers (bibliographie). *CN. Fév.*, 76.
— — des charbons pour la fabrication du gaz (Rhodin). *Cs.* 31 *Janv.*, 11.
— — des corps gras. Huiles marines animales. *Cs.* 31 *Janv.*, 73. Évaluation par l'acétylène (Lewkowitsh). *Cs.* 31 *Janv.*, 74.
— Laboratoire de chimie industrielle (Université de Liège) (Nihoul). *Ru. Janv.*, 83.
— Acide borique : dosage volumétrique (Stock). *CR.* 19 *Fév.*, 516.
— Dosage du cuivre dans les dissolutions de cyanures (Clennell). *Cs.* 31 *Janv.*, 14.
— — rapide de l'argile dans les terres. *ScP. Fév.*, 115.
— — de l'acide carbonique dans les gaz (Vignon et Meunier). *CR.* 19 *Fév.*, 513.
— Réactions du magnésium, zinc et fer, avec des dissolutions de sulfate de cuivre (Caven). *Cs.* 31 *Janv.*, 18.
— Analyse réfractométrique (Lebrasseur et Grassot). *Rcp.* 30 *Fév.*, 137.
— Dosage de l'ammoniaque et de l'azote (Villiers et Daumesnil). *CR.*
— Lutéol. Nouvel indicateur. *Ms. Mars*, 140.
— Absorbeur laveur de gaz (Gauthier). *ScP.* 5 *Mars*, 141.
Manganèse (Sesquifluorure de) (Moissan). *CR.* 5 *Mars* 622.
Molybdène (Sulfure de) (Guichard). *ScP.* 5 *Mars*, 147.
Optique. Constitution de la lumière blanche (Carvallo). *CR.* 12 *Fév.*, 401.
— Quelques conséquences des formules du prisme (de Gramont). *CR.* 12 *Fév.*, 403.
— Nouvelle source de lumière pour la spectroscopie de précision (Fabry et Pérot). *CR.* 12 *Fév.*, 406.
— Spectre, détermination des points de repère (Hamy, Perrot et Fabry). *CR.* 19 *Fév.*, 489, 492.
— Spectroscope à échelons Michelson. *E.* 23 *Fév.*, 239.
— Interprétation des résultats de Michelson pour l'analyse des lumières simples par la méthode de Newton. *CR.* 19 *Fév.*, 496.
— Télémètre Aubry. *Ln.* 24 *Fév.*, 205.
Oxydation par voie de deshydrogénation au moyen des cyanures (Etard). *CR.* 26 *Fév.*, 569.
Ozone (Industrie de l') (Otto). *Ic. Fév.*, 149.
— Grosselin. *Id.*, 221.
Phosphures de fer, de nickel, de cobalt et chrome (Maronneau). *CR.* 5 *Mars*, 656.
Photographie en couleurs par diffraction (Wood). *SA.* 16 *Fév.*, 285.
— Procédé Joly (Hinchley). *Cs.* 31 *Janv.*, 5.
— Nouveau procédé de sensibilisation (Shuphaus). *Cs.* 31 *Janv.*, 17.
— (Revue de) Granger). *Ms. Mars*, 142.
Poids atomique du cobalt (Richards et Baxter). *CN.* 9 *Mars*, 112.
— de 74 éléments. *Id.*, 113.
Poivre de Cayenne. Composition (Kynaston). *CN.* 9 *Mars*, 109.
Radium. Dispersion de son rayonnement dans un champ magnétique (Becquerel). *CR.* 12 *Fév.*, 372.
Résines et vernis. Divers. *Cs.* 31 *Janv.*, 55.
— État de l'industrie des produits résineux (Rabaté). *Rgc.* 15 *Fév.*, 139.
— Industrie des siccatifs pour vernis de carrosserie (Thomas). *SCp.* 20 *Fév.*, 132.
Soie artificielle (Cash). *Ms. Mars*, 195.
Sucrerie. Fabrication et procédés pendant la campagne de 1897-98. *BMA. Déc.*, 1877.
— Divers. *Cs.* 31 *Janv.*, 61.
— et fermes de Nassandres. *Ag.* 17 *Fév.*, 256.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Tannerie. Divers. *Cs.* 31 *Janv.*, 57.
— au chrome. *Cs.* 31 *Janv.*, 59.
Teinturerie. Divers. *Cs.* 31 *Janv.*, 37, 43. *MC. Mars*, 93, 102.
— Revue des matières colorantes nouvelles (Reverdin). *Ms. Mars*, 135.
— Alizarines nouvelles. *Cs.* 31 *Janv.*, 37.
— Chromes. *Id.* 38, 39.
— Oxyaldéhydes aromatiques. Geigy. *Cs.* 31 *Janv.*, 41.
— Indigo. Fixation par le zinc en poudre et l'acétone bisulfite (Pelliza). *SiM. Janv.*, 48.
Thermométrie. Mesure industrielle des températures (Ducretet). *Rcp.* 5 *Mars*, 153. Thermostat électrique. Duane et Lory. *American journal of science. Mars*, 179.
Thermodynamique. Stéréogramme de Gibbs. *N.* 1er *Mars*, 414.
Tungstène et molybdène. Docimasie (bibliographie). *CN.* 16 *Fév.*, 76.
Vaporisage. Aéromètres pour doser l'air en présence dans les cuves de vaporisage (Scheurer). *MC.* 1er *Mars*, 83.
Verre. Action de l'eau chaude (Barrus). *American journal of Science, Mars*, 161.

COMMERCE ET ÉCONOMIE POLITIQUE

Accidents. Protection des ouvriers (Fessenden). *DOL. Janv.*, 1. *Sue.* 1er *Mars*, 269.
Allemagne. Commerce extérieur. *SL. Fév.*, 194.
Agriculture. Éducation agricole pour les colonies anglaises (Wallace). *SA.* 9 *Mars*, 325.
Allumettes. Exploitation du monopole en France. *SL. Fév.*, 124.
Belgique. Fortune mobilière. *SL. Fév.*, 201.
Crédit des ouvriers et insaisibilité des salaires. *Ef.* 24 *Fév.*, 235.
Corps de métiers au XIIIe siècle (Levasseur). *Rso.* 16 *Fév.*, 287.
Enfance (Protection de l') et criminalité au congrès de Budapest (C. de Geocre). *Rso.* 1er *Mars*, 399.
Enseignement secondaire et les intérêts sociaux. *Rso*, 1er *Mars*, 378.
France. Anarchie postale. *Ef.* 17 *Fév.*, 197.
— Le Vivarais. *Ef.* 17 *Fév.*, 203.
— Colonies (Mise en valeur des) (Vignon). *Rs.* 24 *Fév.*, 250.
Grève des mineurs de la Loire et arbitrage (Gruner). Musée social. *Fév.*
Loi méconnue (Une). Joly. *Rso.* 16 *Fév.*, 261.
Or. Production et stock des banques nationales. *SL. Fév.*, 185,
Prévoyance maritime d'État et l'initiative privée (C. Salaün). *Rso.* 16 *Fév.*, 304.
Question sociale. Solutions anciennes. *Rso.* 1er *Mars*, 341.
Sociétés coopératives de consommation. *Ef.* 3 *Mars*, 267.
Trusts (Les) et le prix de l'acier. *E'* 23 *Fév.*, 204.

CONSTRUCTIONS ET TRAVAUX PUBLICS

Exposition de 1900. Grand palais des Beaux-Arts. *E.* 16 *Fév.*, 213; 2 *Mars*, 281.
— porte de la place de la Concorde. *E.* 9 *Mars*, 315.
Fenêtres. Suppression de leur humidité. *E'.* 23 *Fév.*, 210.
Pilotteuses (Les) (Rowan). *Es. Fév.*, 1.
Ponts sur galets. *VDI.* 17 *Fév.*, 216.
— Matériaux des ponts métalliques, essais. 301. 16 *Fév.*, 109.
— de Colenso et Frère. *E'.* 16 *Fév.*, 179.
— Passerelle d'Oberschonweide sur la Sprée. *Gc.* 3 *Mars*, 273.
Terrassements. Assainissement et consolidation (Canaud). *Bam. Fév.*, 103.
Tunnel de Runeo. *Gc.* 7 *Fév.*, 249.

ÉLECTRICITÉ

Accumulateurs Majert. *Rt.* 10 *Fév.*, 63.
— pour automobiles. Concours de l'Automobile-Club. *EE.* 24 *Fév.*; 3 *Mars*, 289, 336. *Ie.* 25 *Fév.*, 65.
Amalgames. Variations de la résistance avec la température. *EE.* 10 *Mars*, 394.
Appareillage dans les maisons (Chamen). *Es. Fév.*, 19.
Coupe-circuit automatique. Wright et Aalborg. *EE.* 2 *Mars*, 335.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Canalisation à courants alternatifs et polyphasés. Applications de la théorie graphique (Hanappe). *EE.* 17-24 *Fév.*, 241, 283.
— en aluminium (Guillaume). *EE.* 3 *Mars*, 321.
Conductibilité de quelques métaux. *EE.* 3 *Mars*, 355.
Distributions électriques (Projet de loi sur les). *Ri.* 17 *Fév.*, 67.
— à grande distance par courant continu à intensité constante (cuenod). *ScE. Janv.*, 9.
Dynamos. Vibrations mécaniques. *Elé.* 17 *Fév.*, 100.
— Résistance des balais. *EE.* 10 *Mars*, 384.
— continues diverses (Guilbert). *EE.* 17 *Fév.* 250.
— diphasées, avantage dans les distributions d'éclairage. *EE.* 10 *Mars*, 387.
— (Régulateurs pour). *VDI*, 3 *Mars*, 270.
— triphasées. Nouveaux enroulements (Ossana). *EE.* 17 *Fév.*, 265.
— — polymorphiques (Adams). *EE.* 3 *Mars*, 347.
— Alternateurs. Recherche des courts circuits. *EE.* 24 *Fév.*, 302.
— — (Chute de tension dans les). *EE.* 24 *Fév.*, 306.
— — (Marche parallèle des) (Benischke). *EE.* 3 *Mars*, 343.
— Électromoteur Grisson. *Dp.* 24 *Fév.*, 124.
Éclairage. *Lampes à arc* sans rhéostat (Bochet). *EE.* 17 *Fév.*, 273.
— — en séries alternatives (Bainville). *Elé.* 24 *Fév.*, 113.
— *Incandescence*. Photométrie des lampes. *Elé.* 24 *Fév.*, 119.
Électro-chimie. Divers. *Cs.* 31 *Janv.*, 53. *Ms. Mars*, 157, 169.
— Bains d'électro-déposition Marino à la glycérine. *EE.* 24 *Fév.*, 311.
— Électrolyse des solutions de phosphates métalliques (Fernberger et Smith). *Cs.* 31 *Janv.*, 53.
— Chlorates et bromates alcalins (Muller). *EE.* 24 *Fév.*, 308.
— Progrès de l'électro-chimie (Perkin). *N.* 1er *Mars*, 428.
— Extraction électrolytique du zinc de son oxyde : procédé Steinhart, Vogel et Fry. *EE.* 24 *Fév.*, 311 ; Kershaw. *Ms. Mars*, 169.
Électro-chimie. Électro-déposition du cuivre (Coper Cowles). *EE.* 24 *Fév.*, 312.
Force électro-motrice de Volta (La). *EE.* 24 *Fév.*, 318.
Interrupteurs Wehnelt. Comparaison de différentes formes (Turpin). *CR.* 12 *Fév.*, 409.
Isolateurs en verre, essais. *EE.* 10 *Mars*, 389.
Mesures. Compteur Hummel. *EE.* 17 *Fév.*, 270.
— — Battault pour courants alternatifs. *Ie.* 10 *Fév.*, 72.
— Application du système électro-magnétique Weiss aux appareils de mesure. *EE.* 17 *Fév.*, 269.
— Appareils pour courants triphasés (Arno). *Ie.* 10 *Mars*, 92. *EE.* 10 *Mars*, 370.
— Appareils divers (Armagnat). *EE.* 10 *Mars*, 370.
Stations centrales. Situation en Angleterre. *E.* 16 *Fév.*, 224.
— de Clerkenwell et Wandsworth. *E.* 16 *Fév.*, 226.
— de Promontor. *EE.* 17 *Fév.*, 262.
— de City-Road. Londres. *E'.* 23 *Fév.*, 197.
— de Wandsworth. *E'.* 2 *Mars*, 225.
— de Niagara. *Gc.* 3 *Mars*, 280.
Télégraphie sans fils (Marconi). *N.* 15 *Fév.*, 377.
— Oscillations électriques et la télégraphie (Turpain). *Rs.* 3 *Mars*, 270.
— Rapide (Pollak et Virag). *Rt.* 10 *Fév.*, 61.
— sous-marine (Jamieson). *Es. Fév.*, 34.
— (Transports des). *Sue.* 15 *Fév.*, 215.
Téléphonie. Table interurbaine pour circuits bifilaires Plérard. *Elé.* 3 *Mars*, 129.
Thermo-électricité. Nouveaux phénomènes. *Ie.* 10 *Mars*, 91.
Transformateurs *tournants* (Parshall et Hobart). *E.* 23 *Fév.*, 241.
— *moteur* (Legros et Meynier). *Elé.* 10 *Mars*, 147.
Transmissions dans les filatures de la Société la Louisiane à Gand. *Gc.* 17 *Fév.*, 241.

HYDRAULIQUE

Distributeur Dyblie. *Rm. Fév.*, 239.
Pompes à incendies électrique Whiting. *EE.* 3 *Mars*, 334.
— Collyer. *RM. Fév.*, 235.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pompes directes Barboux, Perrine. *RM. Fév.*, 240.
— sans clapets Edwards. *RM. Fév.*, 242.
— pour puits Hooker. *RM. Fév.*, 242.

MARINE, NAVIGATION

Boussole. Evoy. *E'.* 16 *Fév.*, 180.
Brise-glaces. Gc. 24 *Fév.*, 257.
Canaux. Usine de Bourg et Comin pour l'alimentation du canal de l'Oise à l'Aisne. *Pm. Fév.*, 26.
— américains. New-York. *E'.* 16 *Fév.*, 176.
Gouvernail. Suppau. *Gc.* 24 *Fév.*, 267.
Hélices (Théorie des) (Rateau). *CR.* 19 *Fév.*,
— Diamètre des arbres. *E.* 2 *Mars*, 295.
Machines marines. Turbines Parsons. Application au contre-torpilleur Viper. *E.* 16 *Fév.*, 219; *E'.* 16 *Fév.*, 170.
Marines de Guerre. Allemagne. *Rmc. Déc.*, 676.
— Amérique. Tourelles des nouveaux cuirassés. *Rmc. Déc.*, 631, 681. *Janv.*, 158. Croiseur *Chicago. Rmc. Janv.*, 83. Cuirassé *Kearsage, Id.*, 86.
— Angleterre, *Rmc. Déc.*, 592, 596, 600, 627, 671. *E.* 22. 2 *Mars*, 291; *E'*, 2 *Mars*, 229.
— Brésil. *Rmc. Déc.*, 662, 685.
— Italie. *Rmc. Janv.*, 168.
— Guerre hispano-américaine. *Rmc., Déc.*, 633, 641, 654.
— Emploi de l'électricité. *Elé.* 10 *Mars*, 145.
— Japon. *Rmc. Déc.*, 660, 678. *Janv.*, 89, 169.
— Russie. *Rmc. Déc.*, 681; *Janv.*, 169.
— Tubes sous-marins. *Rmc. Déc.*, 665.
— Évolution de la marine de guerre (*Chasseloup-Laubat*). *IC. Fév.*, 246.
— Plaque de blindage Carnegie pour la Russie. *E'.* 2 *Mars*, 233.
— Défense des convois. *Rmc. Janv.*, 67, 71.
Marine marchande russe. *E.* 8 *Mars*, 327.
Nil. Barrage d'Assouan, *E.* 9 *Mars*, 309.
Phares modernes (Purvis). *N.* 22 *Fév.*, 593.
Ports de Gand. *Rt.* 10 *Fév.*, 55.
— Dunkerque, Ostande. *Ru. Janv.*, 1, 60.
— Bruges. *Id.*, 30.
Russie. Voies navigables (Moderly). *E.* 2 *Mars*, 275.
Transporteur de minerais. Eam. 10 *Fév.*, 173.
Touage électrique en Allemagne. *Elé.*, 17 *Fév.*, 97.
Volga (Bateaux du). *VDI.* 3 *Mars*, 265.

MÉCANIQUE GÉNÉRALE

Aérostation. Puissance des hélices. Expériences de G. Walker. *E.* 16 *Fév.*, 233.
— Navigation aérienne (Soreau). *Gc.*, 24 *Fév.*, 264, 3-10 *Mars*, 278, 296.
Air comprimé. Compresseur Reavell. *E.* 16 *Fév.*, 211.
— Keith (hydraulique). *Ri.* 10 *Mars*, 95.
— Vitesse des compresseurs (F. Richards). *AMa.* 8 *Fév.*, 184.
— Poste pneumatique de New-York. *E.* 2 *Mars*, 283. *SA.* 2 *Mars*, 309.
Chaudières à tubes d'eau Turgan. *Rt.* 25 *Fév.*, 81. Peterseen et Furneaux (Blaxton). *RM. Fév.*, 226.
— Calorimètre Barrus. *E.* 16 *Fév.*, 231.
— (Essais, règles pour les). *E.* 23 *Fév.*, 271.
— Accident par suite de l'enlèvement d'un autoclave sous pression. *E.* 23 *Fév.*, 267.
— Foyers à pétrole (Les) (Barthès). *Bam. Fév.*, 135. Avec ou sans charbon (Gaudard). *Ri.* 17 *Fév.*, 61.
— Grilles Wiedenbruck et Welms. *Ri.* 17 *Fév.*, 61.
— Utilisation de la chaleur perdue. *E'.* 23 *Fév.*, 203.
Air comprimé. *Compresseurs* Hopps. *RM. Fév.*, 249.
Broyeur Sturtevant. *RM. Fév.*, 252.
Changements de marche Ewing. *RM. Fév.*, 249.
— Tangye, Robson, Norris. *Id.* 250, 251.
Embrayages Norris. *RM. Fév.*, 251.
Engrenages Lobès (Tracé des). *AMa.* 8 *Fév.*, 130.
— dentures nouvelles (Lindner). *VDI.* 10 *Mars.*, 305.
Froid. Patinage artificiel à New-York. *VDI.* 17 *Fév.*, 207.
Imprimerie. Commande des presses par l'électricité. *EE.* 3 *Mars*, 331.
Laboratoire de mécanique de l'École technique de Berlin (Frese). *VDI.* 17 *Fév.*, 201.
Levage. Ponts roulants électrique de la Cie électrique de Liège. *Pm. Fév.*, 18.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Levage. Calcul d'une poutre de grue. *AMa.* 8 *Fév.*, 137.
— Drague Perry. *RM. Fév.*, 246.
— Ascenseurs électriques de la Electric-Construction C°. *Ri* 17 *Fév.*, 62.
— — Herdmann. *RM. Fév.*, 247.
— Grue de navire Price. *RM. Fév.*, 247.
Machines à écrire diverses (Beyerien). *Dp.* 10 *Mars*, 149.
Machines-outils. Ateliers Potter-Johnston. *AMa.* 15 *Fév.*, 158. (Pertes de travail dans les) *RM. Fév.*, 209.
— Cisailles Claussen-Tennant. *RM. Fév.*, 254.
— Étau-limeur Stockbridge. *AMa.* 22 *Fév.*, 178.
— Frappeurs à air comprimé. *E.* 2 *Mars*, 304.
— Fendeuse de vis Acmé. *AMa.* 8 *Fév.*, 137.
— Fraiseuse Higgins. *RM. Fév.*, 259.
— Jauge universelle Hauer. *AMa.* 8 *Fév.*, 142.
— Affûteuse Fuller. *AMa.* 1er *Mars*, 201.
— Mortaiseuse pour pignons Fellows. *Ama.* 25 *Fév.*, 153.
— Tour-revolver Fay et Scott. *E.* 16 *Fév.*, 166.
— — Conradsen. *RM. Fév.*, 216.
— — d'horlogerie. *AMa.* 15 *Fév.*, 163.
— — à plaques Hartness). *E'* 2 *Mars*, 219.
— Marteaux pneumatiques Longworth. *E.* 2 *Mars.*, 301.
— Machines à diviser Buff. *Eam.* 17 *Fév.*, 200.
— à tailler les pignons Copeland et Cuntz. *RM. Fév.*, 211. Niles. *Id.*, 256.
— à rectifier (Landis). *RM. Fév.* 222.
— Patrons de perçage. *AMa.* 22 *Fév.*, 188.
— Traceur Binner. *AMa.* 22 *Fév.*, 188.
— Perceuses diverses. *Dp.* 3-10 *Mars*, 141, 154.
— *A bois.* Perçeuse triple Fay. *E.* 23 *Fév.*, 252.
Moteurs à vapeur. Formule générale du rendement (Nadal). *RM. Fév.*, 141.
— Arbres (Résistance des) (Booth). *AMa.* 15 *Fév.*, 156.
— Construction en Suisse (Stodola). *EM. Mars*, 844.
— Reavelle, vertical, compound. *E.* 16 *Fév.*, 210.
Moteurs à vapeur. Ronceray. *Ri.* 3 *Mars.*, 81.
— (Compression dans les) (Anspach). *RM. Fév.*, 206.
— Diagrammes (Géométrie des) (Baills). *Rmc. Déc.*, 513.
— Distributions Galloway-Sulzer. *RM. Fév.*, 262.
— Modérateur Low. *RM. Fév.*, 263.
— Pompe à air Perrine. *RM. Fév.*, 263.
— Purgeur de cylindre Ceyka. *RM. Fév.*, 265.
— Régulateurs hydraulique. *Gc.* 3 *Mars*, 284.
— — Mac-Lean, Steinle. *Rn. Fév.*, 264.
— Turbines (Théorie des) (Lorenz). *VDI.* 24 *Fév.*, 253.
— — (Les) et les applications à la marine (Parsons). *N.* 1er *Mars*, 424.
— **à gaz** (Garanties des). *AMa.* 8 *Fév.*, 138.
— — Les grands moteurs (Meyer). *VDI.* 10 *Mars*, 297.
— — Ailettes creuses (Apprin). *La.* 8 *Mars*, 156.
— — Pour l'éclairage électrique (Adams). *EM. Mars*, 837.
— — à gaz de hauts fournaux (Booth). *AMa.* 8 *Fév.*, 143. (Demenge). *Rgc.* 15-28 *Fév.*, 125, 187.
— **à pétrole** Brillié-Fessard. *RM. Fév.*, 268.
Résistance des matériaux. Calcul des cylindres à hautes pressions internes (Petterson). *AMa.* 15 *Fév.*, 159.
— Calcul des réservoirs en tôle (Kœklin). *Gc.* 3 *Mars*, 275.
— Déformations permanentes et rupture dans les métaux (Faurie). *RM. Fév.*, 167.

MÉTALLURGIE

Alliages. Nickel-bronze (Kern). *CN.* 23 *Fév.*, 90.
— Combustion directe des (Gilman). *CN* 23 *Fév.*, 91.
Coke. Procédé Hemingway. *Eam.* 3 *Fév.*, 142.
Cuivre. Analyse des (Clark). *Cs.* 31 *Janv.*, 27.
— Traitement des mattes au convertisseur (Douglas). *Ms. Mars*, 164.
— Grillage en vue d'éliminer l'arsenic (Scherr). *Ms. Mars*, 166.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Fer et acier. Micrographie ; stries blanches des tubes et cylindres d'acier à l'aciérie d'Obouth ov (Levitzky). *Ru. Janv.*, 65.
— Procédé Siemens Martin continu Talbot. *SuE.* 1er *Mars*, 263.
— Teneur de l'acier en oxygène (Romanoff). *Ms. Mars*, 161.
— Laminoirs. Calibrage des cylindres. *SuE.* 1er *Mars*, 211.
— Cristallographie du fer (Osmond). *AM. Janv.*, 110.
— Carbure de silicium. Emploi dans la fabrication de l'acier. *SuE.* 15 *Fév.*, 207.
— Déphosphoration en Meurthe-et-Moselle (Lencauchez). *Ri.* 3 *Mars*, 89.
— Machine soufflante Todd. *RM. Fév.*, 260.
— Fer et nickel. Recherches sur leurs alliages. *Société d'Encouragement de Berlin. Fév.*, 38.
— Fonderie. Moulage d'un volant *AMa.* 8 *Fév.*, 133.

Or. Cyanuration (La) *Cs.* 31 *Janv.*, 50 ; à Yalwal, Australie. *Cs.* 31 *Janv.*, 25 ; électrique Motz par l'appareil dit Aurex Sluice. *Eam.* 3 *Fév.*, 138.

MINES

Argent. La mine Frisco. *Eam.* 3 *Fév.*, 140.
Cuivre. Mines de Schuyler, New Jersey. *Eam.* 3 *Fév.*, 135.
— — de l'Union. Gold Hill. *Eam.* 10 *Fév.*, 167.
— — Production et marchés (Hatch). *EM. Mars*, 869.
Électricité. Installation de Cripple Creek. *EE.* 3 *Mars*, 328.
Étain. Au Mexique. *E.* 23 *Fév.*, 270.
Houillères. Mines de Gardane, construction d'un souterrain pour les relier à la mer (Dômage). *AM. Nov.*, 457.
— Grandes mines des États-Unis. *Eam.* 17-24 *Fév.*, 197, 230.
— Charbons du Donetz. *Rmc. Janv.*, 150.
— Micro-organismes des combustibles fossiles (Renault). *Im.* XIII, 865.
Lampe à acétylène. Eam. 17 *Fév.*, 203.
Machines d'extraction compound. Avantages des. *RM. Fév.*, 260.
Or. District de Cripple Creek. *Cs.* 31 *Janv.*, 50 ; de None, Alaska. *Eam.* 17 *Fév.*, 198 ; de Copalquin, Durango, Mexique. *Eam.* 24 *Fév.*, 225 ; en Rhodésia (Mabson). *EM. Mars*, 813.
Platine. En Arizona. *Eam.* 24 *Fév.*, 227.
Roulage. Nouveaux grappins pour câbles. *Eam.* 17-24 *Fév.*, 202, 232.

Le Gérant : Gustave Richard.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

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

ARTS ÉCONOMIQUES

RAPPORT fait par **M. J. Carpentier**, au nom du *Comité des Arts économiques*, sur la *Règle dactylographique universelle* de **M. Bessat.**

M. Bessat a adressé à la Société d'Encouragement un petit instrument qu'il nomme *Règle dactylographique universelle.*

Cet instrument, dont l'aspect rappelle celui de la classique règle à calcul logarithmique, est précisément destinée à effectuer certains calculs relatifs à l'emploi des machines à écrire.

Pour donner une idée du genre de ces calculs, nous rappellerons que, dans toute machine à écrire, l'écartement entre les types frappés est constant; la course totale du chariot, qui déplace la feuille de papier à chaque impression, correspond à un nombre invariable de lettres; ce nombre est une caractéristique de chaque machine. Afin de permettre à l'opérateur de connaître à tout instant à quel point il se trouve de la ligne en cours d'exécution, les machines sont toujours munies, en une place bien en évidence, d'une échelle divisée dont chaque degré correspond à un saut élémentaire du chariot et porte un numéro d'ordre; devant cette échelle se déplace un index fixé au chariot.

Grâce à ce dispositif, l'opérateur peut, inversement, déplacer son chariot de manière à frapper un caractère en un point voulu de la ligne.

L'un des problèmes qui se posent fréquemment pour le dactylographe, soucieux de faire un travail soigné, c'est de bien disposer ses titres. Les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

titres sont des lignes incomplètes dont il convient en général de faire coïncider le milieu avec l'axe même du texte qu'il précède.

Le numéro N de l'échelle indicatrice devant lequel il faut amener l'index du chariot pour frapper la première lettre d'un titre dépend évidemment de

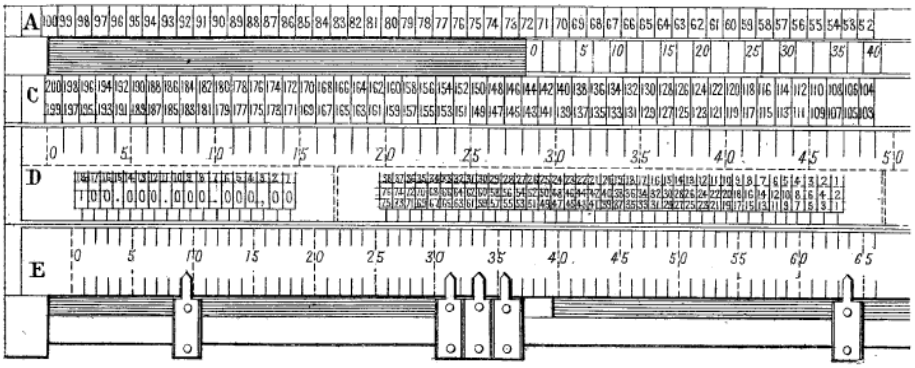


Fig. 1. — Partie de droite.

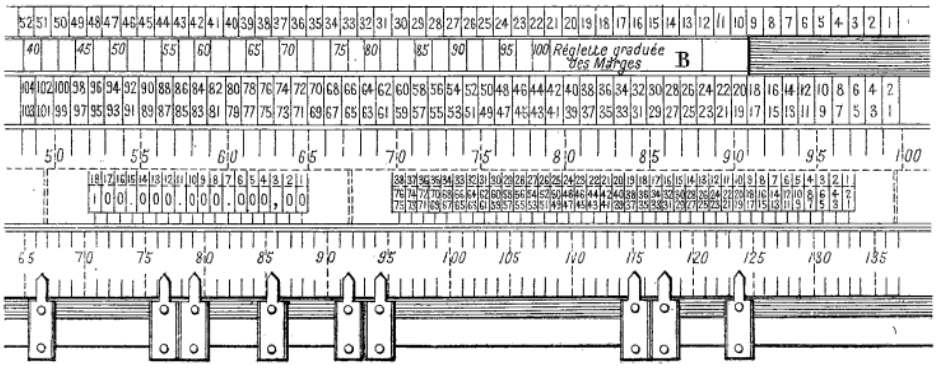


Fig. 2. — Partie du milieu.

la longueur L de la ligne complète, de la largeur m de la marge et de l'étendue n du titre. Ces éléments étant évalués avec, comme unité, l'espace élémentaire qu'occupe une lettre, on a :

$$N = m + \frac{L - m - n}{2},$$

ou, sans réduire, mais en séparant les termes :

$$N = m + \frac{L}{2} - \frac{m}{2} - \frac{n}{2}.$$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Tout le calcul revient à prendre la moitié de certains nombres et à faire des additions et soustractions. L'opération n'est pas compliquée, mais si le

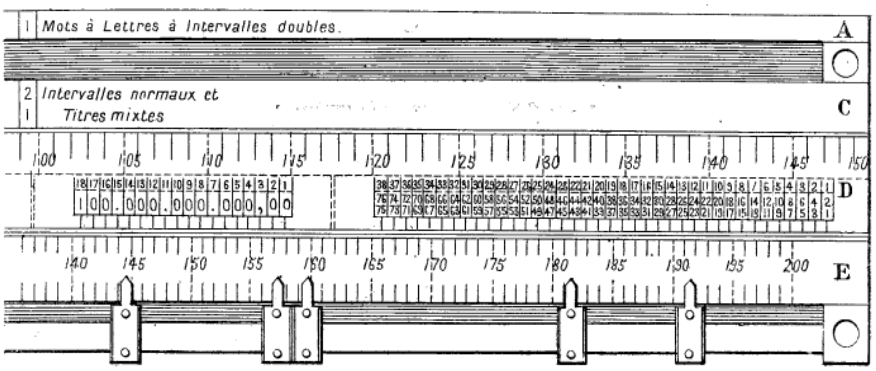


Fig. 3. — Partie de gauche.

Fig. 1, 2 et 3. — Règle dactylographique *Bessat*.

Observations générales. — Les chiffres *penchés* figurent : 1° Ceux imprimés sur la réglette B, les marges usitées ; 2° Ceux imprimés sur les parties D D' et E, les divisions des règles graduées des machines à écrire. Les petits chiffres *droits* figurent : 1° Le nombre de lettres contenues dans chaque ligne de titre ; 2° Les chiffres à aligner dans les opérations. Tous les cas faisant l'objet des combinaisons de la règle sont résolus quelles que soient les marges en usage. Les cas d'intervalles normaux (lettres non espacées), d'intervalles doubles (lettres espacées), de titres mixtes (intervalles normaux et doubles sur une même ligne) sont compris et résolus aux combinaisons 1, 2, 3 et 6.

Adaptation de la règle au système de machine employé. — 1° Amener le 0 penché de la réglette B vis-à-vis du nombre (tableau C) représentant la quantité maximum de caractères que la machine employée permet d'imprimer par ligne ; 2° Placer la réglette principale du côté D, si le nombre ci-dessus est supérieur à 100, et du côté D' si ce nombre est inférieur à 100.

I. *Disposition des titres ordinaires.* — 1° Marger la règle comme suit : si le travail exige par exemple une marge de 5, 10, 15 divisions ou plus, amener le chiffre penché 5, 10, 15, etc. de la réglette principale (côté D ou D') en regard du même chiffre de la réglette B ; 2° Compter le nombre de lettres contenues dans chaque ligne de titre, en se reportant (tableau A ou C, suivant le cas d'intervalle) à la case qui représente le nombre obtenu, la division de la réglette principale qui se trouvera en regard de cette case, indiquera la division où devra être commencée la ligne de titre.

II. *Titres à disposer symétriquement dans les deux parties d'une page, soit : un titre à gauche, un titre à droite.* — 1° Titre de gauche : amener le 0 penché de la réglette principale en face du chiffre (tableau C) représentant la moitié du total des divisions de la règle graduée de la machine. S'il y a une marge, le nombre de divisions qu'elle contient devra être conduit en face de la moitié du total ci-dessus diminué de la valeur de cette marge ; 2° Titre de droite : opérer comme si l'on margeait et ainsi qu'il est dit au 1° du paragraphe I, en prenant comme marge supposée la moitié du total des divisions de la règle graduée de la machine. S'il y a une marge véritable, sa valeur devra être ajoutée à celle de la marge supposée ; 3° Opérer ensuite pour les deux titres, comme il est dit au 2° du paragraphe I.

III. *Titres en manchette. Chapitres en marge.* — 1° Compter le nombre d'unités de chaque ligne, se baser sur celle qui en contient le plus, et amener le 0 penché de la réglette principale en face du chiffre obtenu (tableaux A ou C) ; 2° Opérer ensuite comme au 2° du paragraphe I.

IV. *Alignement vertical et suivant leur classe des chiffres composant les opérations diverses.* — Amener le premier chiffre du nombre qui contient le plus d'unités en face de la division où ce premier chiffre doit être frappé (tableau E) : l'emplacement des autres chiffres sera par le fait même déterminé.

V. *Préparation des tableaux.* — Disposer les curseurs du tableau E de façon à laisser entre chacun d'eux le nombre des divisions nécessaires pour y placer la quantité de chiffres ou lettres qui doivent y être inscrits.

VI. *Disposition symétrique des titres placés entre les différentes colonnes d'un tableau.* — 1° Prendre la moitié de la quantité de caractères contenus dans la colonne ; additionner avec le chiffre représenté par la 1re division de cette colonne (tableau E) et y amener le 1 du tableau spécial de la réglette principale ; 2° Opérer ensuite comme au 2° du paragraphe I.

dactylographe, au milieu de son travail, est obligé de prendre papier et crayon et de faire de l'arithmétique, il perd du temps et risque de commettre des erreurs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La Règle dactylographique a été imaginée pour éviter ces inconvénients. Elle se compose de trois règles étroites fixées parallèlement sur le fond d'une boîte-écrin, et laissant entre elles deux intervalles dans lesquels coulissent deux réglettes mobiles.

Chacun connaît le procédé d'addition et de soustraction que fournit le dispositif composé de deux règles portant des échelles régulières identiques et susceptibles de glisser l'une devant l'autre.

Ce procédé comporte une généralisation qui résulte de l'emploi, non plus de deux échelles identiques, mais de deux échelles dont les divisions sont multiple ou sous-multiple l'une de l'autre. Cette variante permet d'obtenir la valeur d'expressions arithmétiques telles que $n + Ky$. On reconnaît que c'est à cela que revient le calcul du nombre N dont nous avons écrit plus haut la composition.

Dans sa Règle dactylographique, M. Bessat avait besoin d'échelles à divisions normales et d'échelles à divisions réduites de moitié, c'est-à-dire contenant, pour une même longueur, un nombre de traits double de celui que contiennent les premières. Au lieu d'employer des échelles à divisions serrées, il a préféré recourir à une disposition particulière de la chiffraison. Ses échelles sont toutes identiques comme division, mais celles qui jouent le rôle d'échelles réduites comportent deux numéros de la chiffraison par intervalle.

Enfin l'origine de la chiffraison est soit à droite, soit à gauche pour les diverses échelles, suivant le terme qu'elles servent à exprimer dans la somme qui constitue le nombre N.

Il n'entre pas dans le cadre de ce rapport de faire connaître par le détail la manœuvre de la Règle dactylographique. L'inventeur a placé dans le couvercle de son instrument une notice très concise concernant son mode d'emploi.

Disons seulement que la Règle dactylographique s'adapte indistinctement à l'emploi de telle ou telle machine, et qu'elle permet d'obtenir les repères nécessaires non seulement à la disposition des titres ordinaires mais encore à la disposition des titres placés symétriquement dans les deux moitiés d'une page, des titres en manchettes, à l'alignement des colonnes de chiffres, à la préparation des tableaux et à la disposition symétrique des titres placés dans les différentes colonnes d'un tableau.

Pour ces derniers travaux, l'instrument est muni d'un certain nombre de curseurs destinés à repérer les numéros de l'échelle indicatrice de la machine correspondant aux traits de séparation des colonnes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La Règle dactylographique universelle est un instrument extrêmement simple et pourrait être établie de manière à se vendre à un prix relativement peu élevé.

Le Comité des Arts économiques a reconnu que la Règle dactylographique de M. Bessat est susceptible de rendre de véritables services aux dactylographes et, en leur facilitant les travaux soignés, de leur en développer le goût.

En conséquence le Comité des Arts économiques demande que des remerciements soient adressés à M. Bessat pour sa communication et que le présent rapport soit inséré au *Bulletin* avec figures et notice explicative.

Signé : CARPENTIER, *Rapporteur.*

Lu et approuvé en séance, le 9 mars 1900.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS MÉCANIQUES

Rapport fait par **M. Linder**, au nom du *Comité des Arts mécaniques*, sur l'*Appareil à vérifier les tubes des chaudières*, de MM. Secretan et Vinsonneau.

Le Comité des Arts mécaniques m'a transmis, pour examen et avis, la conférence faite, le 27 octobre dernier, par M. Secrétan, sur la méthode optique de M. Vinsonneau pour l'examen intérieur et extérieur des tubes de chaudières.

La méthode de M. Vinsonneau a déjà fait, de la part de cet ingénieur, l'objet d'une publication intéressante et détaillée dans la *Revue de Mécanique;* les notes de M. Secrétan n'y ajoutent rien de nouveau et il ne paraît pas dès lors qu'il y ait utilité à les insérer *in extenso* dans le *Bulletin* de la Société.

Toutefois il convient de remarquer que l'appareil construit par M. Secrétan sur les indications de M. Vinsonneau est entré dans la pratique de quelques ingénieurs des constructions navales.

MM. Vinsonneau et Secrétan ont établi deux types d'appareils : l'un fixe, destiné à la vérification des tubes au moment de la livraison chez le constructeur; l'autre, mobile et manœuvré à la main, pour l'exploration des tubes en place.

Il résulte des essais faits avec ces appareils que les résultats qu'ils donnent sont très satisfaisants. Dans bien des cas, ils ont fait reconnaître que des tubes, sains en apparence à l'extérieur, étaient réellement défectueux, ainsi que le prouvaient les tares graves constatées, à l'intérieur, par l'appareil vérificateur.

L'instrument Secrétan-Vinsonneau a donc une réelle utilité et j'ai l'honneur de proposer au Conseil de décider l'insertion, dans le *Bulletin*, d'un résumé de la conférence faite à son sujet par M. Secrétan.

Signé : Linder, *Rapporteur.*

Lu et approuvé en séance le 9 mars 1900.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

NOTICE DESCRIPTIVE

Cet appareil se compose d'un tube A, formé de plusieurs tronçons raccordés à vis, ou emmanchés à télescope, utilisés suivant la longueur du tube à examiner. Ce tube, peint en blanc à l'intérieur, s'il y a lieu, pour que la lumière qui doit le traverser soit atténuée le moins possible, porte une lampe électrique à incandescence B, de constitution spéciale, dont la lumière, réfléchie par un miroir B′, éclaire la partie *mm′* du tube.

L'image de la partie *mm′* vue dans le miroir plan D, se reporte, à travers le tube, sur le miroir plan D′.

Fig. 3

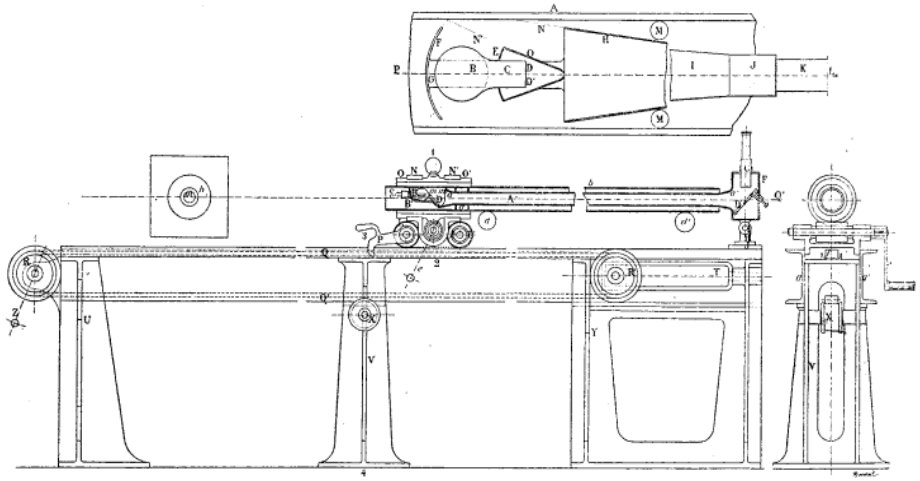


Fig. 2. Fig. 1.

Fig. 1 à 3. — Appareils *Secrétan Vinsonneau* pour l'examen des tubes.

Le tube A est fixé, en a′, à une chambre F, qui porte une lunette grossissante G. Le miroir plan D′ est réglable au moyen de la vis E.

On pourrait, à la rigueur, placer la lunette G en G′ en supprimant le deuxième miroir plan D′, mais cette combinaison est moins commode pour l'examen des tubes sur tréteau. On l'a adoptée pour l'examen optique de l'intérieur des tubes en place.

Il a été fait des essais concluants d'examen de tubes avec la lunette scrutatrice en G et en G′.

Le tube à visiter *b* passe dans un chariot, dont la description sera donnée ci-après, qui l'entraîne convenablement pour mettre successivement sous l'œil de l'examinateur toutes les parties intérieures du tube, lequel est porté par des galets *d d′*. Ces galets sont mobiles sur des supports qui les laissent se soulever dès que le tube *v* les abandonne et se rapprocher du tube A.

L'appareil AFG est articulé en I avec un support H, fixé sur une traverse J, boulonnée au bâti-support. Ce bâti est formé de deux barres métalliques rigides en ⊔ boulonnées à des supports en fonte U, V, Y; le support extrême U porte la poulie fixe R

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de chaîne Galle Q, et la manivelle ou la poulie de manœuvre de ladite chaîne Galle. Le support extrême Y porte la poulie mobile R′ de chaîne Galle Q′, qui sert de poulie de renvoi et à tendre la chaîne; les vis du tendeur passent en T.

Les supports intermédiaires V portent des galets X, qui guident le brin inférieur de la chaîne Galle; le brin supérieur glisse sur le plat intérieur d'un fer en ⌴ *f*, boulonné aux supports; les supports intermédiaires sont au nombre de trois pour un banc, de 12 mètres de longueur.

Chariot. — Le chariot se compose d'une partie X, montée sur quatre galets L L..., qui roulent sur l'aile supérieure des fers en ⌴ *g g′*. Une des vis sans fin, à axe creux dans lequel passe le tube à visiter, est portée par les paliers N N′; sur les embrasses O O′, sont vissées les vis de serrage du tube à examiner, le serrage se fait sur cales de cuivre ou de bois. La vis sans fin S est actionnée par la manivelle *e*; une griffe P permet de faire entraîner ou non le chariot par la chaîne Galle.

Fonctionnement. — Le fonctionnement a lieu comme suit : Le tube est placé sur le chariot, au bout du banc à gauche, puis avancé vers l'appareil d'examen jusqu'à la position représentée par la fig. 2. Le contrôleur met la lampe en fonction, et, l'œil placé à l'oculaire du scrutateur, il suit les mouvements de la surface intérieure du tube.

Le mouvement est donné par deux aides : un, agissant sur la manivelle *e* pour la rotation du tube; l'autre, agissant sur la manivelle *z*, pour le mouvement arrière rectiligne dudit tube.

Il a paru plus simple et plus commode d'employer, à la manœuvre de l'appareil, les hommes préposés à la manutention des tubes à vérifier plutôt que des combinaisons mécaniques, d'ailleurs faciles à réaliser, pour placer les mouvements du tube sous la dépendance directe du contrôleur, sans le secours d'aides.

La manœuvre est la même, que la lunette soit placée en G ou en G′.

Avec la lunette ou scrutateur en G′, l'appareil, porté à la main, peut être employé pour l'examen sur place des tubes des chaudières, soit pour se rendre compte de fuites, soit pour en vérifier ou l'entretien, l'état d'oxydation, ou simplement le nettoyage.

Lorsque le tube est examiné, on desserre les vis de serrage et l'on remplace le tube visité par un autre pour recommencer l'opération.

La pratique indiquera la limite de longueur de tube pouvant être examinée en une seule fois, pour juger quels sont les tubes que l'on pourra visiter en une seule passe et ceux qu'il faudra retourner pour les visiter en deux fois. Ces longueurs varieront évidemment suivant les diamètres des tubes.

L'appareil qui a servi aux essais est de 2 mètres de long pour un diamètre de tube à visiter de 38 millimètres. Un appareil amélioré eût pu permettre de porter la longueur à 3 mètres au moins.

J'ai supposé en *q* un garnissage en caoutchouc ou en feutre, une bague à billes ou un collier à galets sur ressorts pour supporter l'appareil et permettre son utilisation à des tubes de divers diamètres.

Lorsqu'il y aura de grandes quantités de tubes de mêmes dimensions à examiner, je crois qu'il sera préférable d'adopter un appareil pour chaque catégorie de tubes. J'entends par catégorie des tubes de diamètres peu différents, par exemple 70 à 80, 80 à 90. Cependant, il vaut mieux adopter une bague excentrée qui, tournant à frottement doux sur l'appareil, et différant peu, comme diamètre extérieur, du diamètre intérieur du tube à visiter, maintient toujours le miroir D dans la même position, par rapport à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la fraction de surface éclairée *mm'* du tube qu'il occupe dans la fig. 82, et cela quel que soit le diamètre du tube. La charnière I et le support H seront mobiles sur une vis de règlement verticale pour que l'horizontalité de l'axe de l'appareil soit maintenue quel que soit le diamètre intérieur du tube à examiner. Ces bagues, en deux pièces, seront un outillage en somme peu onéreux, qui permettra de restreindre beaucoup le nombre des scrutateurs.

Examen extérieur des tubes. — Quoique l'appareil étudié soit destiné à l'examen intérieur des tubes, je crois utile de signaler avec quelle facilité on pourrait adapter l'appareil d'examen optique extérieur pour fonctionner en même temps que l'appareil d'examen optique intérieur.

Une chambre, avec lampe électrique et réflecteur réglable I, est traversée par le tube animé de ses deux mouvements de rotation et d'avancement rectiligne; *h* est une partie en accordéon permettant le déplacement, suivant les besoins de l'examen, de l'appareil optique grossissant dont *n* est l'oculaire. Un scrutateur oculaire mobile par une vis, avec pignon et crémaillère, comme pour le scrutateur G, sera employé dans bien des cas. Un opérateur ferait l'examen optique extérieur, pendant que le deuxième opérateur ferait l'examen optique intérieur du même tube. Ceci n'aurait d'avantage absolu que dans le cas de tubes non zingués par électrolyse; le procédé de zingage, en effet, fait ressortir les principaux défauts extérieurs des tubes. Il est employé par la marine.

Peut-être l'examen optique des tubes zingués permettrait-il de mieux se rendre compte qu'à l'œil nu de l'état réel de la surface extérieure d'un tube; l'expérience probablement dira que l'examen optique est nécessaire dans tous les cas, que les tubes soient zingués ou non. Je préconise le zingage et l'examen optique ensuite.

Variante. — Pour l'examen optique *grosso modo* des tubes de toutes dimensions, montés ou démontés, on pourra employer l'appareil établi suivant la variante (fig. 3).

Cette variante d'appareil d'examen optique intérieur des tubes se compose d'une ampe électrique B, fixée en C sur un cône directeur O qui, lui-même, est fixé latéralement à un tube viseur H-I. Le tube viseur H porte un miroir parabolique F, qui renvoie les rayons lumineux vers la région cylindrique intérieure N du tube *b*, qu'il s'agit d'examiner. D D' sont les deux fils électrique de la lampe. J K est l'appareil optique à mouvement télescopique, L est l'oculaire réglable à vis et à crémaillère.

Cet appareil serait utilisable pour un examen, sur place, des tubes des chaudières.

Il peut être établi suivant des dimensions très restreintes pour permettre la visite des tubes de diamètre relativement faible.

Je crois qu'il serait bon d'adjoindre pour cet appareil, au réflecteur F, un réflecteur auxiliaire suivant F', ne laissant qu'une faible portion de la surface intérieure cylindrique éclairée.

L'appareil peut être construit avec miroir réflecteur. Du reste, pour cette variante d'appareil, comme pour les autres précédemment décrits, l'expérience donnera des indications pour les appareils pratiques définitifs à adopter pour l'examen optique des tubes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHIMIE

RECHERCHES SUR LES PORCELAINES CHINOISES

par M. **G. Vogt.**

ÉTUDES FAITES SUR LES MATIÈRES RECUEILLIES A KING-TE-TCHEN ET ENVOYÉES A LA *Manufacture nationale de Sèvres*, par **M. F. Scherzer.**

Ebelmen et Salvétat ont publié en 1850 les résultats de leurs travaux sur une série de matières premières employées en Chine, à la fabrication de la porcelaine; ces matières avaient été envoyées, pour la plupart, en 1844 à la Manufacture de Sèvres, par un prêtre catholique chinois, le P. J. Ly, de la congrégation de Saint-Lazare, les autres avaient été rapportées de Canton par M. Itier. Ce travail remarquable a été présenté à l'Académie des Sciences et publié dans les *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. XXXI, p. 257, en trois très importants mémoires (108 pages) relatifs aux matières premières, pâtes, couvertes et émaux employés en Chine pour la préparation et la décoration des porcelaines.

Bien que cette étude ait été faite d'une façon magistrale par Ebelmen et Salvétat, ils ne purent, faute de matières, pousser leurs recherches aussi loin qu'ils le désiraient; ainsi ils n'eurent pas entre les mains des échantillons crus des couvertes de porcelaine et ils durent, pour étudier ces matières très importantes, les faire séparer par éclats de pièces déjà cuites, travail difficile à bien exécuter et qui ne pouvait conduire qu'à des résultats approximatifs; d'autres points restèrent aussi mal définis, faute de matières propices aux recherches analytiques.

Grâce à l'envoi fait en 1882 à la manufacture de Sèvres, par M. Scherzer, alors consul à *Han-Keou*, j'ai pu continuer le travail de mes prédécesseurs et maîtres, et compléter en plusieurs points nos connaissances sur la fabrication des porcelaines chinoises.

F. Scherzer, qui est mort des suites de la maladie qu'il avait contractée en exécutant pour le gouvernement français la délimitation des frontières entre la Chine et le Tonkin, avait visité les nombreuses porcelaineries de *King-te-tchen;* il était parvenu à recueillir avec une habileté, une méthode, une science au-dessus de tout éloge, tous les matériaux employés dans les fabriques chinoises.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Avant d'aborder l'étude de ces matières, pour bien faire ressortir les difficultés que notre regretté compatriote a eu à surmonter pour recueillir les matières et les renseignements qu'il nous a transmis, je crois devoir citer *in extenso* le très intéressant rapport qu'il adressait au ministre de l'Instruction publique en lui faisant parvenir son précieux envoi.

« J'ai l'honneur, écrit Scherzer le 23 décembre 1882, de vous annoncer mon retour de *King-te-tchen*, où je me suis efforcé de recueillir les renseignements relatifs à la fabrication de la porcelaine, nécessaires pour répondre au questionnaire que vous avez bien voulu m'adresser.

« Je me suis embarqué à Kin-Kiang le 14 novembre 1881 ; grâce à un vent favorable et au courant du *Yang-tzé*, j'arrivais le jour même à *Hou-Kéou*, petite ville à l'aspect pittoresque qui défend l'entrée du lac *Po-Yang*. Ce ne fut qu'au bout de cinq jours que j'arrivai à *Yao-tcheou*, préfecture située sur la rive Est du lac *Po-yang* et à l'embouchure d'une rivière qui conduit à *King-te-tchen*.

« Les 120 lis (1) qui séparent *Yao-tcheou* d'un village appelé *Ouang-Kan*, furent franchis en un jour, mais à partir de cet endroit, la navigation est entravée par l'accumulation de débris de porcelaines, de briques et de cazettes qui encombrent le lit de la rivière et forment de véritables rapides, se succédant sur une longueur de 60 lis que je mis deux jours à parcourir.

« Le lendemain de mon arrivée (23 novembre) à *King-te-tchen*, je fis mes visites officielles aux autorités locales qui me reçurent fort courtoisement et m'accompagnèrent au *Yu-Yao-tchang* ou manufacture impériale.

« Grand fut mon désappointement lors de cette visite : le gérant, très âgé, était gravement malade et la fabrication touchait à sa fin, les ateliers allaient fermer dans trois jours, et l'on achevait la décoration de quelques bols et assiettes par application d'émaux fusibles sur biscuit et sur émail blanc.

« Aucun four à porcelaine, proprement dit, n'existe à *Yu-Yao-tchang*, les vases crus sont cuits au dehors dans les fours construits par l'industrie privée.

« Je me fis montrer les fourneaux d'émailleur qui servent à fixer les couleurs vitrifiables employées dans les décors. Je les examinai avec soin et j'en relevai les dimensions.

« Depuis que les rebelles Taé-ping ont été chassés de la province de Kiang-si, les différents *Tao tai* ou intendants qui se sont succédé à la douane de Kin-Kiang et qui sont chargés de l'administration de la manufacture impériale, se sont peu préoccupés de rétablir les choses dans l'état florissant qu'elles présentaient autrefois et particulièrement sous la direction éclairée de leur prédécesseur Thang-Yug (1742).

« Aujourd'hui les bâtiments tombent en ruines, les ateliers sont mal tenus, les

(1) Lis, mesure valant environ 500 mètres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ouvriers, bien que recrutés parmi les plus habiles, reçoivent une paye à peine supérieure à celle qu'ils obtiendraient dans les fabriques privées. En un mot, si les produits de la manufacture impériale, présentent encore à l'heure actuelle une supériorité réelle, ils la doivent à la finesse de la pâte à porcelaine obtenue au moyen d'une lévigation répétée jusqu'à sept et huit fois des *kaolins*, *tun* et pétrosilex les plus purs et à l'emploi des couleurs de premier choix ; il importe, en outre, de faire observer que le temps n'est pas marchandé aux peintres décorateurs payés à la tâche, et que les objets offrant lemoindre défaut, sont impitoyablement rejetés. Toutes les pièces sorties de la manufacture impériale sont, au demeurant, copiées sur un modèle invariable au fur et à mesure des commandes transmises par la maison de l'Empereur, et je crois qu'il serait difficile à l'expert le plus exercé de trouver la moindre différence entre deux pièces, telles que par exemple, deux bols à fond jaune, à dragons verts et violets émaillés sur réserves, l'un fabriqué il y a deux cents ans et l'autre sortant du four, si les six caractères indicateurs du règne ne venaient à son secours.

« La livraison de la commande de l'année était presque terminée et en l'absence du gérant du *Yu-Yao-tchang*, il me fallut renoncer à obtenir les détails que je cherchais : en effet, les pièces à couvertes colorées au grand feu avaient été expédiées à Pékin depuis longtemps déjà et les chefs d'ateliers étaient retournés dans leurs foyers ; cependant l'absence du four à porcelaine proprement dit me laissa à supposer, ce que je fus à même de vérifier dans la suite, que les porcelaines, quelles que soient leurs couvertes, étaient cuites indistinctement dans un même four sans modification sensible de la marche du feu.

« Le rouge de cuivre, *Tsi-houng*, ou sang de bœuf, si apprécié des amateurs, ne se fait plus depuis la mort du dernier possesseur du secret de sa fabrication. Il y a plus de vingt ans que l'administration de la manufacture impériale s'est fait excuser dans un rapport au trône de ne pouvoir exécuter une commande de vases à couverte *tsi-houng* qui avait été faite par Sa Majesté.

« King-te-tchen est situé dans une vallée complètement entourée de collines et de montagnes d'où l'on extrait les argiles et les pétrosilex nécessaires à la fabrication de la porcelaine. La ville s'étend sur la rive gauche de la rivière jusqu'à une distance de 10 lis, la rive opposée est inhabitée et présente aux regards une succession de petites collines recouvertes de sépultures. La population de King-te-tchen est évaluée par les autorités locales à plus d'un million d'âmes ; en l'absence de tout recensement il est permis de douter de l'exactitude de ce chiffre, je crois cependant pouvoir affirmer que cette population est au moins supérieure à 500000 habitants dont les trois quarts, petits manœuvres employés dans les ateliers et les fours, reçoivent, outre la nourriture, un salaire variant de 5 à 10 sapèques par jour, soit de 2 à 4 centimes de notre monnaie.

« Le *tché-hien*, ou magistrat de Fou-léang, ville murée située à 25 lis de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

King-te-chen, exerce sa juridiction sur cette dernière localité, où réside à poste fixe un *Eur-fou*, sorte de sous-préfet qui relève directement du préfet de Yao-tchéou.

« Le *Tché-hien* et le *Eur-fou* ont à leur solde un certain nombre de soldats, il existe en outre une escouade de gardiens de la paix (*Paougan-Kun*) chargée de maintenir l'ordre; toutes ces forces réunies présentent un effectif qui n'excède pas celui de 250 hommes. Si l'on rapproche ce dernier chiffre de celui de la population, on ne s'étonnera pas de la sollicitude avec laquelle les autorités veillèrent jusque sur le moindre de mes mouvements. Au reste, le but de mon voyage étant explicitement mentionné sur le passeport que M. Bourée, ministre de la République à Pékin, avait, dans sa bienveillance, demandé pour moi au *Tsang-li-Yamen*, les autorités ne purent faire autrement que de me faciliter les moyens de visiter un four à porcelaine en activité.

« Mes premières visites aux fours à porcelaine eurent lieu à deux heures du matin. Une chaise à porteurs et une escorte venaient me prendre à bord de mon bateau où je jouissais d'une installation incomparablement plus confortable que celle que j'aurais trouvée à terre, et j'étais reçu au four à porcelaine par le *Tché-hien*, le *Eur-fou* et l'officier commandant les troupes, dont j'ai parlé plus haut.

« C'est dans de pareilles expéditions nocturnes que j'examinai un four vide, le même four rempli de cazettes avant sa fermeture et que j'observai la façon dont le feu est conduit. Je relevai, *grosso modo*, les dimensions des parties les plus importantes de la construction, et, dans la suite, je pus prendre avec précision les différentes mesures indispensables pour le tracé du plan coté qui m'a été demandé par la manufacture de Sèvres.

« Mais je ne tardai pas à me lasser de ces visites insolites, et malgré les représentations du Tché-hien qui aurait voulu me voir limiter mes sorties à une heure avancée de la nuit et simplifier ainsi l'accomplissement du devoir de protection qui lui incombait, je déclarai positivement que j'étais décidé à rester à King-te-tchen jusqu'à ce que j'aie vu de mes propres yeux et en plein jour les diverses phases de la fabrication que j'étais venu y étudier.

« Cet excellent magistrat paraissait craindre pour moi quelque insulte de la part de la population ouvrière ou tout au moins quelque tumulte provoqué par une curiosité turbulente et occasionnant des dégâts qu'il aurait à réparer à ses propres frais; cependant, devant la fermeté de mon attitude, il se décida à m'accompagner dans la journée du 27 novembre et nous visitâmes ensemble différentes boutiques; mais, cette fois encore, je ne pénétrai dans aucune fabrique proprement dite.

« Les devoirs de sa charge le rappelant à Fou-léang, le Tché-hien *Ien*, en venant me faire ses adieux, me confia aux soins du lieutenant *Yuen*, comman-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dant les troupes de King-te-tchen. C'est avec cet officier que je visitai en plein jour plusieurs ateliers, entre autres un de ceux d'où sortent les objets en porcelaine dite *craquelée*.

« Je me rendis compte des procédés au moyen desquels on fait les couvertes colorées au grand feu et celle qui produit l'émail craquelé. Cette dernière est obtenue par l'emploi d'un pétrosilex particulier, extrait des montagnes voisines de la gorge *San-pao-pong* située à 15 lis de distance au nord-est de la ville. Je résolus dès lors de visiter les chantiers où le pétrosilex est broyé, lévigé et débité sous forme de briques. Il me fallut menacer le *Eur-fou* de me rendre à pied à *San-pao-pong* pour en obtenir l'envoi d'un cheval : le lieutenant *Yuen*, suivi d'une partie de ses hommes, se vit obligé de m'accompagner dans une excursion toute nouvelle pour lui et que, sans mon zèle indiscret, il n'eût peut-être jamais faite. La route qui serpente dans une contrée des plus pittoresques nous mena enfin au milieu de la gorge, où je m'arrêtai dès que j'eus rencontré un chantier en pleine activité.

« Je recueillis des fragments du pétrosilex brut, qui, après avoir été bocardé par le moyen de pilons mus par l'eau d'un torrent, est soumis à une double lévigation, puis moulé sous forme de morceaux parallélépipédiques. Je tins à rapporter un certain nombre de ces briques, que je n'obtins qu'avec la plus grande difficulté, et que je fus obligé de payer plus de cinquante fois leur valeur.

« Plus tard je parvins, à l'aide de présents bien placés, à recueillir de nouveaux renseignements, et j'ai même rapporté un vase cru revêtu de sa couverte craquelée, avec dessins au bleu de cobalt sur réserves, ainsi que des échantillons des diverses couvertes au moyen desquelles sont obtenues les craquelures petites ou grandes.

« Il me fut aussi donné de visiter la seule et unique fabrique d'où proviennent, à l'époque actuelle, les vases à couverte rouge de cuivre dite *Kun-houng*.

« Le chef de cet établisssement refusa catégoriquement de me communiquer la prescription qui sert à préparer cet émail grand feu; je parvins toutefois à me la procurer à son insu et, dans une seconde visite, je pus m'assurer de l'identité des éléments qui m'avaient été indiqués avec ceux employés dans la fabrique des vases rouges *Kun-houng*. Je remarquai que la pâte destinée à recevoir cette couverte est plus dure que celle communément employée; elle doit en effet résister à plusieurs cuissons successives au grand feu.

« La couverte *Kun-houng* est appliquée sur le biscuit, d'abord par immersion, puis par aspersion. J'ai eu en ma possession des vases avec leurs couvertes tels qu'ils sont introduits dans le four; j'ai, en outre, recueilli des échantillons de la pâte employée, et des matériaux qui entrent dans sa composition.

« Quant au rouge de cuivre, *Yeou-li-houng*, il est appliqué sur la porcelaine crue, et reçoit la couverte ordinaire; on ne l'emploie seul que très peu souvent;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

il est généralement associé au bleu de cobalt dans les décors de certains vases ; la nuance lie de vin qu'il donne est rarement réussie, et encore seulement sur les toutes petites pièces ; j'ai rapporté un échantillon de cette couleur de grand feu, et la formule qui sert à la préparer.

« Enfin je fis appliquer en ma présence diverses couvertes sur différents vases crus sous le pied desquels je gravai ma griffe. Ces vases, bleus, noirs, céladons, blancs avec décor bleu sous couverte, et jaune bronze (*Kou-tong*) ont tous réussi, à l'exception du dernier, qui a été manqué, et qui offre des accidents de cuisson excessivement intéressants.

« J'avais fait apporter par mes gens des bouteilles qui furent remplies sous mes yeux avec les différentes couvertes que j'avais vu employer ; je me procurai également des spécimens de la pâte dont avaient été faits les vases destinés à les recevoir.

« J'eus l'occasion de vérifier ce fait que les Chinois décorent certains objets, en général de petites dimensions, sur biscuit. Les pièces recouvertes de l'émail bleu turquoise passent deux fois au grand feu ; les autres émaux, jaune, vert ou violet sont simplement cuits au four d'émailleur. J'ai rapporté, du reste, la collection complète des couleurs vitrifiables qui, pour la plupart, sont préparées à Canton.

« Je terminerai ce travail sommaire en signalant les points les plus saillants que j'ai pu relever pendant mon séjour de près de trois semaines à King-te-tchen :

« 1° Emploi de fours d'un modèle uniforme, dans lesquels sont cuites indistinctement toutes les couvertes ;

« 2° Absence totale de modification de l'atmosphère intérieure des fours ;

« 3° Température relativement peu élevée de la cuisson, en comparaison de celle des fours d'Europe en général, et de Sèvres en particulier ;

« 4° Application des différentes couvertes colorées sur une même pâte crue, à l'exception du rouge de cuivre (*Kun-houng*) et du bleu turquoise (*Fa-tsouei*), qui nécessitent des biscuits spéciaux ;

« 5° Production des craquelures, due à l'emploi d'un pétrosilex particulier dans la préparation de la couverte ;

« 6° Emploi exclusif du bleu de cobalt provenant du grillage des minerais de peroxyde de manganèse cobaltifère, extraits des provinces du *Yunnan* et du *Tché-Kiang ;*

« 7° Disparition de la fabrication du rouge sang de bœuf (*Tsi-houng*). »

Ce très intéressant rapport, qui montre bien l'état de la fabrication de la porcelaine en Chine, était accompagné de notes et croquis relevés sur place adressés à la manufacture de Sèvres.

Scherzer avait l'intention, comme il me l'a dit à son dernier voyage, de rédiger un mémoire plus complet sur tout ce qu'il avait observé au sujet des fours, de la conduite du feu et de la fabrication ; malheureusement, la mort ne

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lui a pas permis d'accomplir son projet, et nous avons été privés de ce travail, qui eût été plein d'enseignements précieux.

Néanmoins, j'ai pu, grâce à la belle collection de matières premières brutes et de matières fabriquées que Scherzer nous a fait parvenir, compléter sur plusieurs points nos connaissances relatives à la fabrication des porcelaines orientales.

Dans l'exposé de mes recherches, je suivrai l'ordre suivant lequel Scherzer nous a transmis les observations qu'il a recueillies pendant son voyage à King-te-Tchen, et je ferai précéder chacun des sujets que je traiterai de la citation *in extenso* des notes qui accompagnaient son envoi.

Les matières, que nous avons reçues, ne sont pas en général telles qu'on les trouve dans la nature; elles sont toutes, à une ou deux exceptions près, prêtes à être mises en œuvre, c'est-à-dire broyées, lavées et mises, suivant la pratique constante des fabricants chinois, sous forme de briques portant une marque indiquant le lieu de provenance et le nom du vendeur. C'est sous cette forme que nous sont parvenus les *kaolins*, les *hoa-ché*, les *pe-tun*, et les *Yeou-Ko*, matières premières qui entrent dans la composition des pâtes et des couvertes.

Quatre échantillons de kaolin, venant de *Kimen*, de *Si-ho*, de *Hing-tzé* et de *Tong-Kang*, faisaient partie de l'envoi de Scherzer. J'ai analysé deux de ces kaolins, celui de Kimen, qui entre dans la composition de la pâte de la manufacture impériale, et celui de *Tong-Kang*, qui avait été étudié par Ebelmen et Salvétat, et qui fait partie des pâtes des fabricants *Ho* et *Li*, dont Scherzer nous donne les dosages. Ces kaolins ont été mis en expérience tels que nous les avons reçus, sans les soumettre à un lavage préalable, puisque c'est à cet état que les Chinois les introduisent dans leurs pâtes.

La méthode d'analyse, que j'ai suivie, diffère notablement de celle d'Ebelmen et Salvétat. Ces savants se sont contentés de faire l'analyse totale, j'ai cru devoir appliquer dans ces recherches la méthode que Gmelin a employée pour l'étude des minéraux composant les roches; on peut ainsi connaître la composition centésimale des matières étudiées et les diviser en leurs constituants de façon à en mieux définir la composition.

L'analyse a été conduite comme il suit : la matière, finement broyée, a été séchée à 120° jusqu'à poids constant, pour déterminer l'eau hygroscopique; l'eau de composition et les matières volatiles ont été dosées par la perte de poids après calcination au chalumeau à gaz.

La matière, simplement séchée à l'air, a été ensuite soumise à l'action de l'acide sulfurique dilué (2 vol. d'acide pour 1 vol. d'eau); on chauffe d'abord le mélange de 10 parties d'acide pour 1 de matière mise en suspension dans l'eau, au bain-marie pendant douze heures, puis à une température telle que l'acide sulfurique émette d'abondantes vapeurs, et cela jusqu'à cessation presque complète de ces vapeurs. On humecte de nouveau, après refroidissement, le tout

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

avec de l'acide sulfurique, on le chasse par évaporation, puis on recommence encore une fois la même opération, estimant après ces trois attaques, qui durent plus de vingt-quatre heures, l'action de l'acide sulfurique épuisée. L'évaporation de l'acide doit être faite sans trop élever la température, pour ne pas rendre les parties décomposées difficilement solubles dans l'eau acidifiée, lors des traitements subséquents.

Le produit de l'attaque ainsi faite est repris par l'acide chlorhydrique concentré à la température du bain-marie pendant environ une demi-heure; puis on ajoute de l'eau et on laisse digérer une heure à cette même température. On recommence trois fois ce traitement en séparant chaque fois par filtration le liquide surnageant; on lave le résidu insoluble réuni sur le filtre avec de l'eau qu'on a soin d'aciduler pour éviter que les liqueurs ne passent troubles au travers des filtres.

La matière en expérience se trouve, par cette attaque, décomposée en deux parties : l'une insoluble, formée de la silice, provenant des silicates détruits par l'acide sulfurique, mélangée aux silicates inattaqués et au quartz qui peuvent être présents, l'autre soluble, qui est dans la portion filtrée, contient les bases des silicates décomposés, bases qu'on dose par les procédés classiques de l'analyse.

La portion insoluble est soumise trois ou quatre fois à l'action d'une lessive bouillante de carbonate de soude à 7 pour 100 de Na^2CO^3, dans laquelle la silice provenant des silicates attaqués se dissout, tandis que le quartz et les silicates indécomposés restent insolubles.

On précipite la silice dissoute par évaporation, après avoir saturé par l'acide chlorhydrique la liqueur alcaline. Le résidu resté sur le filtre après lavage qui contient le quartz et les silicates résistant à l'action de SO^4H^2, est calciné et pesé, puis attaqué par l'acide fluorhydrique pour en déterminer la composition par les moyens ordinaires.

Une seconde attaque de la matière par le carbonate de soude en fusion permet d'établir sa teneur totale en silice; si de ce poids de silice on retranche celui de la silice trouvée dans la partie décomposée par SO^4H^2, on obtient le poids de la silice contenue dans la portion insoluble, qui a été attaquée par l'acide fluorhydrique comme il vient d'être dit.

J'ai dans quelques cas remplacé l'attaque par l'acide sulfurique qui est d'un emploi assez long, par celle à l'aide de l'acide azotique de densité 1,20 en tube scellé, à 200° pendant deux heures; ce procédé a l'avantage d'être plus rapide et de permettre d'appliquer la méthode si pratique de Deville, de la séparation des bases par décomposition de leurs nitrates. Les tubes en verre dur de Bohême ne sont que fort peu attaqués dans cette opération; les faibles corrections, relatives surtout à la potasse, qu'impose cependant l'emploi de ces tubes, sont déterminées à l'aide d'un tube témoin chauffé en même temps et contenant la même quantité d'acide nitrique que celui où se trouve la matière à analyser.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Des analyses faites simultanément sur la même substance par ces deux procédés m'ont donné des résultats absolument concordants, aussi bien pour la portion soluble que pour la portion insoluble.

C'est d'après ces méthodes d'analyse que je viens de décrire qu'ont été étudiés les *kaolins*, *hoa ché*, *Pé-tun* et *yeou-ko* qui entrent dans la composition des pâtes chinoises.

Kaolins.— Les kaolins étudiés sont ceux de *Ming-cha* (*kimen*) et de *Tong-hang*.

Le kaolin de *Ming-cha* employé à la Manufacture impériale se présente sous forme de briques soigneusement enveloppées de papier portant la marque du fabricant, c'est ainsi que toutes les matières premières sont livrées aux porcelainiers chinois. Ce kaolin est blanc légèrement jaunâtre, il n'est que moyennement broyé, au toucher on y sent des grains durs; il se délaye dans l'eau avec facilité et forme une pâte grisâtre d'une plasticité plutôt médiocre; après séchage la pâte faite avec ce kaolin n'a que peu de consistance et on aperçoit dans sa masse de nombreuses lamelles de mica; après cuisson au four à gaz à la température de 1 270° il devient blanc, solide et il reste poreux.

Le kaolin de *Tong-hang* est plus ambré que le précédent; on y sent moins de grains durs au toucher; il donne avec l'eau une pâte jaune ocre d'une plasticité médiocre; après séchage ce kaolin a peu de solidité et l'on y voit de nombreuses paillettes de mica; cuit à la même température que le kaolin de *Ming-cha*, il donne un produit très dur et d'un ton blanc jaunâtre.

Ces kaolins sont loin d'être aussi blancs et aussi plastiques que les beaux kaolins d'Europe: l'analyse leur assigne les compositions suivantes :

	KAOLIN DE MING-CHA attaque par SO^4H^2.		TOTAL.	KAOLIN DE TONG-HANG attaque par SO^4H^2.		TOTAL.
	Décomposé.	Non décomposé.		Décomposé.	Non décomposé.	
Silice.	27,99	26,56	54,55	39,72	9,28	49,00
Alumine	23,54	6,63	30,27	32,52	1,19	33,71
Oxyde de fer	0,90	»	0,90	2,72	»	2,72
Oxyde salin de manganèse	0,51	»	0,51	traces	»	»
Chaux.	0,10	0,17	0,27	0,10	»	0,10
Magnésie	0,05	0,04	0,09	0,37	0,08	0,45
Potasse	1,32	0,78	2,10	1,34	1,19	2,53
Soude.	0,45	3,37	3,82	0,48	0,15	0,63
Eau combinée (perte au rouge).	7,67	»	7,67	11,33	»	11,33
	62,53	37,55	100,18	88,58	11,89	100,47

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les résultats totaux de ces analyses sont très voisins de ceux trouvés par Ebelmen et Salvétat. Il est à observer, fait sur lequel je reviendrai, que dans la partie soluble on touve plus de potasse que de soude.

Hoa-Ché. — La nature des matières que les Chinois désignent sous le nom de *hoa-ché* est restée longtemps incertaine; Brongniart considérait le *hoa-ché* comme de la stéatite (1); un seul des échantillons analysés par Ebelmen et Salvétat correspond à la composition de cette matière magnésienne, les autres se rapprochent plus de la composition des kaolins; Ebelmen et Salvétat concluent de leurs analyses que : « les *hoa-ché* paraissent se rapprocher des halloysites par leur manière d'être et la nature des éléments qui les composent; elles en diffèrent par la proportion d'eau combinée. »

On était aussi très peu fixé sur l'usage que les Chinois faisaient des *hoa-ché;* en céramique; Brongniart écrit (2) à ce sujet : « La porcelaine faite avec cette terre est rare et plus chère que les autres; elle a un grain plus fin et elle est plus légère; mais on s'en sert surtout pour tracer avec le pinceau quelques dessins sur la porcelaine crue avant de la mettre en couverte.

« Les *hoa-ché*, disent Ebelmen et Salvétat (3), sont des matières qui paraissent servir à divers usages et qui présentent aussi dans leur nature de bien grandes différences d'une localité à l'autre », et plus loin : « L'*hoa-ché* sert, d'après le Père Ly, concurremment avec les kaolins et les *pé-tun* pour composer des pâtes à porcelaine, mais seulement des pâtes de qualité inférieure. »

Les renseignements que nous fournit F. Scherzer lèvent les doutes qui existaient au sujet de l'emploi des *hoa-ché;* ils servent tout à la fois à composer des pâtes où ils entrent aux lieu et place du kaolin et à faire des blancs de rehaut comme le supposait Brongniart. Voici, sur ce dernier point, le texte de Scherzer : « Les peintures en blancs de rehaut qui décorent certains vases à couverte bleu de cobalt ou céladon sont obtenues par l'application sur la couverte sèche de dessins au moyen de *hoa-ché-tzé* (4) délayé dans de la couverte blanche. »

Le *hoa-ché*, destiné à être employé en rehaut faisant partie de l'envoi Scherzer, est d'une grande finesse et d'une blancheur éclatante; il est très doux, onctueux au toucher, tandis que les *hoa-ché* qui entrent dans la composition des pâtes sont rudes, friables et jaunâtres.

Malgré cette différence d'aspect, le *hoa-ché*, servant à faire les blancs de rehaut et ceux qui entrent dans la fabrication des pâtes ont une composition très analogue, ni les uns ni les autres ne contiennent de magnésie.

J'ai étudié trois types différents de *hoa-ché;* ceux de belle qualité, de grande

(1) Brongniart, *Arts céramiques*, tome II, p. 430.
(2) *Loco citato.*
(3) *Annales de chimie et de physique*, 3e série, tome XXXI, p. 257.
(4) *Tzé* signifie « broyé ».

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

blancheur sont presque totalement décomposés par l'acide sulfurique, tandis que ceux de qualité inférieure laissent un résidu inattaqué de près de 20 pour 100.

Ici, encore, comme dans les kaolins, la partie soluble dans l'acide sulfurique contient des alcalis en quantité notable et la potasse y est plus abondante que la soude; elle forme même presque la totalité de ces alcalis.

L'*hoa-ché-tzé* employé en décoration contient :

	Attaque par SO^4H^2.		
	Partie soluble.	Partie insoluble.	Total.
Silice	43,63	3,67	47,31
Alumine	37,46	0,28	37,74
Chaux	0,26	»	0,26
Magnésie	0,09	»	0,09
Potasse	3,05	0,20	3,05
Soude	0,62		0,82
Eau combinée (perte au rouge)	10,82	»	10,82
	95,93	4,15	100,09

Le fer, qui dans cette matière est en très petite quantité, n'a pas été dosé.

Ce *hoa-ché-tzé* est blanc jaunâtre; finement broyé, il forme avec l'eau une pâte jaunâtre d'une plasticité supérieure à celle des kaolins de *Ming-cha* et de *Tong-hang;* on n'y aperçoit à l'œil nu aucune parcelle de mica.

Cette matière, cuite à 1 270°, devient blanche et très solide, elle acquiert alors une cassure luisante et une légère transparence; si on porte la température de cuisson à 1 370°, point où à Sèvres on cuit la porcelaine dure, elle garde le même aspect que précédemment.

L'*hoa-ché,* entrant dans la composition de la pâte du fabricant *Lin*, se présente sous forme de morceaux compacts, blancs, à grains très fins, se polissant sous l'ongle, difficile à rompre, gras sous le pilon; il fait difficilement pâte avec l'eau; une fois formée, cette pâte est blanche, onctueuse et d'une bonne plasticité, on n'y voit pas de débris micacés; ces propriétés rapprochent ce hoa-ché de nos kaolins dits durs comme par exemple de ceux des Eyzies. Cuit à 1 270°, ou à 1 370°, il garde presque le même aspect : il devient blanc, très consistant et a une cassure luisante et une légère transparence.

	Attaque par SO^4H^2.		
	Partie décomposée.	Partie indécomposée.	Total.
Silice	47,10	0,48	47,58
Alumine	37,21	0,15	38,71
Oxyde de fer	1,34	»	
Chaux	0,37	»	0,37
Magnésie	0,28	»	0,28
Potasse	2,83	traces	2,83
Soude	0,51		0,56
Eau combinée (perte au rouge)	11,03	»	11,03
	100,67	0,63	101,36

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Tel qu'il nous est parvenu ce hoa-ché renfermait 3,36 d'eau hygroscopique.

Le *hoa-ché* de *Yu-Kan* est blanc grisâtre, doux au toucher; il fait facilement pâte avec l'eau; cette pâte est jaunâtre et n'a qu'une plasticité médiocre, on y distingue des débris de mica; après cuisson à la température de 1 370°, ce hoa-ché devient blanc jaunâtre et prend moins de consistance que les hoa-ché étudiés précédemment; sa cassure est mate et il n'a presque aucune transparence.

Il contient :

	Attaque par l'acide sulfurique.		
	Partie décomposée.	Partie indécomposée.	Total.
Silice	35,80	15,07	50,88
Alumine et Fe^2O^3	31,83	2,22	34,05
Chaux	0,15	»	0,15
Magnésie	0,31	»	0,31
Potasse	1,41	1,66	3,07
Soude	0,27	0,18	0,45
H^2O (perte au rouge)	10,77	»	10,77
	80,54	19,13	99,68

Les quantités de magnésie contenues dans ces hoa-ché sont pour ainsi dire nulles; nous ne sommes donc pas en présence de stéatite; leurs compositions les rapprochent plutôt des kaolins qu'ils remplacent quelquefois, comme nous l'avons dit, dans la composition des pâtes à porcelaines.

Les kaolins et *hoa-ché* donnent la plasticité aux pâtes; pour leur donner la transparence, on leur ajoute des roches fusibles, telles que les *pé-tun* et les *yeou-ko* dont nous allons aborder l'étude.

Pé-tun. — Les *pé-tun-tzé* (littéralement : blanche-pierre-pulvérisée) sont des roches à pâte homogène, à grain très fin; les éléments, qui les composent, ne sont plus reconnaissables à l'œil nu, ils ont une couleur qui varie du gris jaune au gris bleu.

Les *pé-tun*, comme presque toutes les autres matières premières employées à fabriquer les pâtes, nous sont parvenus finement broyés et moulés sous forme de briques portant l'estampille du fabricant et du lieu d'origine. Ces *pé-tun* broyés ont encore une plasticité suffisante pour donner aux briques, qui en sont formées, une assez grande consistance.

Comme les kaolins et les *hoa-ché*, les *pé-tun* sont composés de deux parties distinctes, l'une attaquable par l'acide sulfurique, l'autre résistant à son action; ce fait seul les différencie nettement des pegmatites ou des pétrosilex d'Europe avec lesquels on avait cru pouvoir les identifier. Nous verrons plus loin quelle composition on peut leur attribuer d'après les analyses que j'en ai faites.

Cinq échantillons de *Pé-tun* ont été étudiés; ils donnent des résultats assez différents; la partie attaquée dans l'acide sulfurique y varie, en effet, de 18,8 à 40,4 p. 100. Comme précédemment, on trouve encore ici que les alcalis contenus dans la portion soluble sont surtout à l'état de potasse.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pé-tun de *Cheo-Ki*. — Les morceaux de la brique moulée avec ce pé-tun sont assez résistants, ils se réduisent cependant sous la pression des doigts en une poudre jaunâtre, douce au toucher, qui forme facilement avec l'eau une pâte dont la plasticité est comparable à celle des kaolins chinois étudiés ci-dessus; le mica n'y est pas visible.

Chauffé à 1 180, ce pé-tun commence à s'agglomérer légèrement, mais ses débris ne se collent entre eux que vers 1 260°; ils commencent à entrer en fusion, tout en conservant leurs formes, à 1 370°, température où nos pegmatites sont complètement transformées en un verre laiteux. Ce pé-tun donne par analyse :

	Attaque par SO^4H^2.		
	Partie décomposée.	Partie indécomposée.	Total.
Silice	18,55	57,64	76,19
Al^2O^3 et petites qualités de Fe^2O^3.	15,30	1,21	16,51
Chaux	0,24	»	0,24
Magnésie	0,11	»	0,11
Potasse	3,51	0,19	3,70
Soude	0,36	0,41	0,77
Eau et débris organiques. Perte au rouge	2,34	»	2,34
Fluor	»	»	»
	40,41	59,45	99,86

Ce *Pé-tun* est considéré par les Chinois comme très plastique; ce genre de matière tout à la fois fusible et plastique est inconnu dans notre fabrication.

Le *Pé-tun* de *Yu-Kan* est d'un aspect très analogue au précédent; les pains qui en sont formés sont assez difficiles à rompre; on n'y distingue aucun débris de mica. Les Chinois le tiennent pour un pé-tun très fusible, l'expérience n'a pas confirmé cette assertion; car ce pé-tun s'est comporté aux différentes températures de 1 200° à 1 370° comme celui de *Cheo-ki* et même il a paru plutôt un peu moins fusible.

Sa composition est, d'après l'analyse, du reste voisine de ce dernier; on y trouve :

	Attaque par SO^4H^2.		
	Partie décomposée.	Partie indécomposée.	Total.
Silice	16,86	57,58	74,44
Alumine	12,81	3,06	15,87
Oxyde de fer	1,21	»	1,21
Chaux	0,21	»	0,21
Magnésie	0,07	»	0,07
Potasse	2,45	0,37	2,82
Soude	0,54	1,40	1,94
Fluor	0,11	»	0,11
Débris organiques	0,20	»	0,20
Eau combinée	2,83	»	2,83
	37,29	62,41	99,70

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le *Pé-tun* de *Ki-men*, employé pour la préparation des pâtes des fabricants *Ho* et *Li* est très analogue comme aspect aux précédents; il est cependant plus blanc et la pâte qu'il forme avec l'eau est un peu moins plastique; il ne contient pas de mica visible. Ce pé-tun, soumis à la température de 1 370°, entre en semi-fusion, les morceaux mis en expérience conservent encore leurs formes, mais les arêtes s'arrondissent; il est plus blanc après cuisson et plus fusible que les pé-tun de Chéo-ki et de Yu-kan. Il contient :

	Attaque par SO^4H^2.		
	Partie soluble.	Partie insoluble.	Total.
Silice	14,47	61,42	75,89
Al^2O^3 et traces de Fe^2O^3	11,58	4,63	16,21
Chaux	0,08	»	0,08
Magnésie	0,08	»	0,08
Potasse	2,46	0,32	2,78
Soude	0,32	2,45	2,77
Fluor	0,40	»	0,40
Perte au rouge (H^2O + C)	1,87	»	1,87
	31,26	68,82	100,08

Le *Pé-tun* de *Ki-men* de la manufacture impériale est plus blanc que le précédent, il est moins plastique que le *Pé-tun* de *Yu-Kan;* on n'y aperçoit pas de débris micacés; à 1 370°, il se montre plus fusible que les autres pé-tun et donne une masse semi-vitrifiée plus blanche après cuisson.

Par analyse chimique, on y trouve :

	Attaque par SO^4H^2.		
	Partie décomposée.	Partie indécomposée.	Total.
Silice	11,96	64,21	76,17
Alumine	8,93	6,22	15,15
Oxyde de fer	0,46	»	0,46
Chaux	0,11	0,08	0,19
Magnésie	traces	0,06	0,06
Potasse	2,26	0,15	2,41
Soude	0,36	3,54	3,90
Perte au rouge	1,44	»	1,44
Eau hygrométrique	0,51	»	0,51
	26,03	74,26	100,29

Le *Pé-tun* de *San-pao-pong* sert exclusivement, d'après Scherzer, à la préparation des couvertes craquelées; il est blanc jaunâtre, rude au toucher, forme avec l'eau une pâte courte de ton jaunâtre, il ne contient pas de mica visible; des fragments de ce *pé-tun* commencent à adhérer entre eux à 1 180°, leurs arêtes s'arrondissent à 1 260°; à 1 320° ils sont fondus en boule et à 1 370 ils s'étalent en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

masse fondue qui, refroidie, donne un verre blanc laiteux; notre pegmatite se comporte exactement de même. Ce pé-tun contient :

	Attaque par SO^4H^2.		
	Partie soluble.	Partie insoluble.	Total.
Silice	8,10	66,40	74,50
Alumine et fer	7,12	8,87	15,99
Chaux	0,35	»	0,35
Magnésie	0,01	»	0,01
Potasse	1,69	1,53	3,22
Soude	0,38	4,29	4,67
Perte au rouge (H^2O)	1,24	»	1,24
	18,89	81,09	99,98

Pour connaître toutes les matières qui entrent, d'après Scherzer, dans la composition des pâtes à porcelaines, il reste à définir les *Yeou-Ko*.

Yeou-Ko. — En parlant des pâtes, Scherzer nous indique que le *Yeou-Ko* en est l'élément fusible, et revenant plus loin sur cette roche qui entre aussi dans la composition des couvertes, il ajoute : « *Yéou-ko* est le nom donné par les Chinois à des pétrosilex de diverses provenances et dont le degré de fusibilité est légèrement inférieur à celui des *Tun*. Le meilleur *Yeou-ko* vient de la localité appelée *Mei-tsoung-Yao*, à l'est de *Fou-leang*. Les *Yeou-ko* sont soumis à une lévigation répétée jusqu'à deux et trois fois; mais je n'ai pas pu vérifier l'exactitude de la remarque du Père d'Entrecolles qui cite l'emploi du plâtre pour faciliter la précipitation des parties les plus lourdes.

« Le lait de pétrosilex obtenu après une seconde lévigation est employé avec l'eau de chaux et de cendres de fougères pour former la couverte blanche ou émail ordinaire de la porcelaine. »

D'après les renseignements antérieurs que nous avions sur l'usage du *Yeou-ko*, il était admis que cette roche n'entrait que dans la composition de la couverte; la note de Scherzer nous montre que le *Yeou-ko* est aussi employé à la préparation des pâtes, comme élément fusible, les *Pé-tun* y entrant comme élément intermédiaire entre lui et le kaolin. Du reste, si les *Pé-tun* sont plastiques et moyennement fusibles, les yeou-ko sont fusibles et moyennement plastiques.

Les *Yeou-ko* de *Koui-ki* et de *Tou-tchang* servent à composer les pâtes des fabricants *Ho*, *Li* et *Lin;* j'en ai fait l'analyse, et aussi celle du *Yeou-ko* employé par la manufacture impériale.

Ces trois matières ont des compositions très voisines : l'*Yeou-ko* de *Koui-ki* des fabricants *Ho* et *Li* est d'un blanc légèrement jaunâtre, sa poudre est assez douce au toucher, il se délaye facilement dans l'eau en donnant une pâte blanche ambrée, d'une plasticité encore suffisante pour permettre de le façonner sous forme d'objets divers; à 1260° des débris de ce *Yeou-ko* se collent entre eux;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à 1 320°, les angles des fragments s'arrondissent; à 1 370°, ils sont fondus en formant un verre laiteux; il contient :

	Attaque par SO^4H^2.		
	Partie décomposée.	Partie indécomposée.	Total.
Silice	14,20	62,11	77,32
Silice soluble	1,01	»	
Alumine	11,28	2,61	13,89
Oxyde de fer	0,46	»	0,46
Chaux	1,14	»	1,14
Potasse	2,97	0,08	3,05
Soude	0,39	1,56	1,95
Acide carbonique	0,90	»	0,90
Fluor	traces	»	traces
Eau et débris organiques	1,80	»	1,80
	35,15	66,36	100,51

Le *Yeou* de la manufacture impériale présente avec plus de blancheur le même aspect que celui de *Koui-ki;* il a les mêmes qualités au point de vue de la plasticité et de la fusibilité. On y trouve :

	Attaque par SO^4H^2.		
	Partie décomposée.	Partie indécomposée.	Total.
Silice	14,77	63,30	78,07
Alumine	10,87	2,20	13,07
Oxyde de fer	0,90	»	0,90
Chaux	1,11	»	1,11
Magnésie	traces	»	traces
Potasse	2,72	0,16	2,88
Soude	0,22	0,96	1,18
Acide carbonique	0,86	»	0,86
Perte au rouge ($H^2O + C$)	1,84	»	1,84
	33,29	66,62	99,89

Le *Yéou-ko* de *Tou-tchang* employé par le fabricant *Lin* a le même aspect et mêmes propriétés que les précédents, il semble néanmoins être un peu plus fusible; il se compose de :

	Attaque par SO^4H^2.		
	Partie décomposée.	Partie indécomposée.	Total.
Silice	13,75	64,09	77,84
Alumine	10,75	2,14	12,89
Oxyde de fer	0,65	»	0,65
Chaux	1,61	0,08	1,69
Magnésie	0,22	»	0,22
Potasse	2,83	0,09	2,92
Soude	0,32	1,22	1,54
Acide carbonique	0,80	»	0,80
Perte au rouge ($H^2O + C$)	1,72	»	1,72
	31,65	67,62	100,27

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ici encore, comme pour les matières étudiées précédemment, la partie décomposée par SO^4H^2 contient des alcalis et la potasse y domine.

Ainsi, que les matières soient rocheuses avant le broyage comme les *Pé-tun* et les *Yéou-ko* ou qu'elles soient terreuses comme les kaolins et les *hoa-ché*, toutes contiennent un silicate hydraté alumineux et potassique attaquable par l'acide sulfurique à chaud; quel est ce silicate?

Pour en déterminer la nature, j'ai d'abord étudié les *Yéou-ko*, parce que leur composition est assez constante dans les différents échantillons analysés. La partie des *Yéou-ko* attaquée par l'acide sulfurique pouvait contenir du kaolin; pour en constater la présence, le *Yéou-ko* de *Koui-ki* a été séparé par lévigation en grains de différentes grosseurs; j'ai appliqué, pour atteindre ce but, le procédé de lavage à l'eau ammoniacale de M. Schlœsing et j'ai ainsi trouvé dans ce *Yeou-ko* :

Gros sable	31,2
Sable fin	55,8
Matière très fine restée en suspension dans l'eau ammoniacale après plusieurs jours	12,9

Cette dernière partie, qui aurait pu contenir le kaolin, a été ainsi que le gros sable soumise à l'analyse.

Le gros sable fait effervescence par l'action des acides; la matière très fine ne donne pas de dégagement gazeux. L'oxyde de fer est assez peu abondant dans ces matières pour qu'on ait pu en négliger le dosage.

Le gros sable donne à l'analyse :

	Attaque par SO^4H^2.		
	Partie soluble.	Partie insoluble.	Total.
Silice	4,64	83,15	87,79
Silice soluble	1,01	»	1,01
Alumine et oxyde de fer	4,10	2,75	6,96
Chaux	0,72	»	0,72
Magnésie	»	»	»
Potasse	1,14	0,15	1,29
Soude	0,06	1,37	1,43
CO^2 et H^2O	1,04	»	1,04
	12,71	87,42	100,24

La silice a donc notablement augmenté dans le gros sable et la portion soluble ne forme plus que le tiers environ de ce qu'elle était dans le *Yeou-Ko* primitif.

La composition de la partie très fine séparée par lévigation est nettement dif-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

férente de celle du gros sable ; la portion soluble y est plus grande; en effet on trouve :

	Attaque par SO^4H^2.		
	Partie soluble.	Partie insoluble.	Total.
Silice	34,82	20,71	55,53
Alumine	29,28	1,81	31,16
Chaux	»	»	traces
Magnésie	»	»	»
Potasse	7,36	traces	7,36
Soude	0,86	1,09	1,95
Perte au rouge (H^2O)	4,46	»	4,46
	76,78	23,61	100,46

On voit, par ces analyses, que non seulement le *Yeou-Ko* broyé contient des grains de grosseurs différentes, mais encore des matières de compositions bien distinctes.

En effet la partie soluble dans l'acide sulfurique qui, dans le gros sable, n'était que de 12,71 s'élève à 76,78 dans la matière qui était restée en suspension dans l'eau ammoniacale.

D'autre part, on peut admettre que la matière attaquée par SO^4H^2 est homogène, car elle garde dans le gros sable et dans la matière fine séparés par lévigation, la même composition qu'on lui a trouvée dans le Yeou-Ko analysé avant d'avoir été soumis à aucun lavage; c'est ce qui ressort du tableau suivant :

Composition centésimale de la partie soluble du *Yeou-Ko*.

	Dans le gros sable.	La partie fine.	Le Yeou-Ko non lavé.
Silice	44,50	45,35	45,67
Alumine	39,30	38,15	37,75
Potasse	10,90	9,71	9,55
Soude	0,57	1,12	1,25
Eau de constitution	4,70	5,80	5,78

Les résultats de la première analyse s'écartent un peu des deux autres; mais ces écarts peuvent s'expliquer par ce fait que la matière soluble contenue dans le gros sable n'y étant qu'en petite quantité, de faibles erreurs d'analyse deviennent relativement importantes quand on les multiplie pour les rapporter à 100 parties.

Néanmoins ces résultats sont assez concordants pour permettre de conclure qu'il n'y a dans cette partie soluble du *Yeou-Ko* qu'une seule espèce minérale et qu'elle est autre que le Kaolin ($2SiO^2$, Al^2O^3, $2H^2O$) puisqu'on y trouve près de 10 pour 100 de potasse.

Sachant que les *Yeou-Yo* et *Pé-tun* sont des roches qui font partie des roches primitives, il était à supposer que la matière soluble dans SO^4H^2 devait être un minéral de la famille des feldspaths ou des micas; mais ces composés sont en général désignés dans les ouvrages de minéralogie comme inattaquables par l'acide sulfurique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

J'ai cherché à vérifier cette assertion en soumettant à l'action de l'acide sulfurique du Feldspath et du mica blanc. J'ai constaté alors que le feldspath pur est presque complètement inattaquable à chaud par l'acide sulfurique; il en est de même pour la pegmatite, en effet cette roche, qui est un mélange de feldspath et de quartz, ne laisse dissoudre par SO^4H^2 que 3, 30 p. 100 de son poids, tandis que dans les roches chinoises, la partie dissoute s'élève jusqu'à 35 p. 100. — Quant au mica, j'ai vu contrairement à ce qui est généralement admis, qu'il est attaqué par l'acide sulfurique à chaud, quand il est réduit en poudre impalpable.

Pour que l'attaque du mica blanc soit complète, il faut, si on part du mica en feuilles comme je l'ai fait, commencer par déchiqueter, dans un moulin à noix, les feuilles finement clivées et coupées en bandelettes, puis broyer ces débris dans un moulin à meules et enfin soumettre à la lévigation le mica ainsi amené mécaniquement à l'état de poudre très fine.

Il faut pour que cette opération soit réussie que le mica ait totalement perdu son éclat caractéristique et qu'il se présente sous la forme d'une poudre blanche, mate. Amené à cet état, le mica jouit de la propriété de faire pâte avec l'eau, il a même une plasticité comparable à celle des kaolins; il peut alors être moulé aisément.

Si le broyage n'est pas fait avec tout le soin voulu, l'attaque par SO^4H^2 reste incomplète et quand on reprend par l'eau la masse mise en expérience, on voit nager dans le liquide des paillettes brillantes de mica non décomposé.

Le mica pulvérisé est aussi attaqué complètement, quand on le chauffe pendant six heures à 210° en tube scellé avec de l'acide nitrique de 1,20 de densité.

L'analyse par l'acide sulfurique de mica blanc pris en feuilles et ainsi préparé a donné les résultats suivants auxquels je joins en un tableau ceux obtenus pour des micas blancs d'origines diverses par différents auteurs cités dans l'ouvrage de Dana (1).

Mica de :		Litchfield.	Glendalough	du Bengale	de l'Inde	Calcul pour
Analystes :		Smith et Brush.	Haughton.	S. Blau.	Sipõcz.	$6SiO^2,Al^2O^3,K^2O,2H^2O$
SiO^2 .	44,67	44,60	44,71	45,57	45,71	45,22
Al^2O^3.	36,28	36,23	31,13	36,72	36,57	38,44
Fe^2O^3.	1,92	1,34	4,69	0,95	1,19	»
FeO .	(?)	»	»	1,28	1,07	»
CaO .	0,34	0,50	1,09	0,21	0,46	»
MgO .	0,38	0,37	0,90	0,38	0,71	»
K^2O. .	9,81	6,20	9,91	8,81	9,22	11,81
Na^2O .	0,92	4,10	1,27	0,62	0,79	»
Li^2O .	(?)	»	»	0,19	»	»
Fl . .	0,52	traces	»	0,15	0,12	»
H^2O .	4,46	5,26	6,22	5,05	4,83	4,52
TiO^2 .	traces notables	»	»	»	»	»
	99,30	98,60	99,92	99,93	100,67	99,99

(1) Dana, *A System of Mineralogy*, p. 310 et Appendix 3, p. 78, 11e édition.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Si on compare ces nombres à ceux trouvés pour la partie soluble des *Yeou-Ko*, on voit qu'il y a concordance presque totale; ou peut donc conclure que cette matière soluble est identique au mica blanc ou muscovite dont la formule établie par M. Tschermak est $6SiO^2$, Al^2O^3, K^2O, $2H^2O$.

La plus grande partie du mica blanc contenue dans les Yeou-Ko et en général dans les roches chinoises que j'ai étudiées, est d'une telle finesse que ni à l'œil nu, ni à la loupe on ne peut l'apercevoir; ce qui explique que sa présence ait pu échapper à la sagacité d'Ebelmen et de Salvétat. Ils avaient bien constaté (1) dans les *Yeou-Ko* et les *Pé-tun* une quantité très notable d'eau qui ne quittait ces corps qu'à une température très élevée, mais ils n'y attachèrent pas d'importance et malgré la présence de cette eau, ils identifièrent les roches chinoises avec les petro-silex ou feldspaths compacts.

Si on admet que la matière soluble dans l'acide sulfurique contenue dans ces roches est du mica blanc, ce que je crois avoir démontré pour le *Yeou-Ko* de *Koui-Ki*, nous verrons qu'il devient facile d'interpréter les analyses des autres roches analogues et d'en déduire leurs compositions.

Si, ramenant à 100 parties les analyses de la partie soluble dans SO^4H^2 des trois *Yeou-Ko* cités plus haut, et en ne tenant pas compte de la chaux et de l'acide carbonique qui s'y trouve à l'état de $CaCO^3$, on les compare entre elles, on voit que les compositions de ces *Yeou-Ko* sont très voisines et qu'elles concordent avec celle du mica blanc. On a en effet:

Partie soluble du Yeou-Ko :	de Koui-Ki.	de la manufacture impériale.	de Tou-tchoug.
SiO^2	45,67	47,16	45,80
Al^2O^3	37,76	37,58	37,85
K^2O	9,55	8,68	9,56
Na^2O	1,25	0,71	1,06
H^2O	5,78	5,87	5,73
	100,01	100.00	100,00

Dans la partie insoluble, on trouve de la silice, de l'alumine et de la soude en quantité supérieure à celle de la potasse; on est donc ici en présence de quartz et de feldspath albite, dont on peut déterminer la quantité d'après le poids de l'alumine trouvée, en se rappelant que les feldspaths potassiques ou sodiques ont pour formule générale $6SiO^2$, Al^2O^3, M^2O. On arrive ainsi à établir que les trois *Yeou-Ko* étudiés sont composés en résumé comme il suit :

Yeou-Ko de :	Koui-Ki.	Manufacture impériale.	Tou-tchang.
Quartz	32,9	33,6	36,3
Mica blanc	31,3	31,4	30,2
Feldspath (albite)	13,4	11,0	11,0
Silice hydratée	1,0	»	»
Carbonate de chaux	2,0	1,9	2,3
	100,6	99,9	100,0

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 3e Série, t. XXXI, p. 257 et suivantes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ces compositions sont bien différentes de celles des feldspaths et, en particulier, de la pegmatite, à laquelle Ebelmen et Salvétat assimilaient les *Yeou-Ko*. L'attaque par l'acide sulfurique montre en effet que la pegmatite est formée de :

Quartz	23,87
Feldspath (orthose > albite)	72,83
Matière soluble dans SO^4H^2	3,30
	100,00

La présence de la muscovite ou mica blanc n'apparaît pas seulement dans les *Yeou-Ko;* on la retrouve dans la plupart des matières premières employées en Chine pour la fabrication de la porcelaine. Qu'on ait affaire aux *Pé-tun*, *hoa-ché* ou kaolins on trouve toujours, comme je l'ai fait remarquer, dans la partie décomposée par SO^4H^2, la potasse en plus grande quantité que la soude.

Si pour les cinq pé-tun que j'ai analysés, on fait les mêmes calculs que ceux qui viennent d'être faits pour les *Yeou-Ko*, on trouve :

Composition centésimale de la partie soluble dans SO^4H^2 des *Pé-tun*.

	de : Chéo-Ki.	Yu-Kan.	Ki-men.	Manufacture impériale.	San-pao-pong.
Silice	45,90	45,41	46,28	46,86	42,88
Alumine et fer	37,86	37,83	37,03	36,88	37,69
Chaux	0,59	0,56	0,27	0,43	1,85
Magnésie	0,27	0,18	0,27	»	0,05
Potasse	8,68	6,61	7,86	8,85	8,95
Soude	0,89	1,46	1,02	1,41	2,01
Perte au rouge ($H^2O + C$)	5,79	7,63	5,96	5,64	6,56
Fluor	»	0,29	1,28	»	»
	99,98	99,97	99,97	100,07	99,99

Comme on le voit, ces résultats concordent, peut-être moins bien que pour les *yéou-ko*, mais encore d'une manière satisfaisante avec ceux des diverses analyses des micas que j'ai citées ci-dessus. Une seule s'en écarte assez notablement, c'est celle du *pé-tun* de *Yu-Kan;* peut-être contient-il une petite quantité de kaolin, ce qui expliquerait cette divergence, comme je l'exposerai en parlant des *hoa-ché* et des kaolins.

La quantité d'eau trouvée est en général un peu supérieure à ce qu'elle devrait être; mais, comme ce dosage a été fait par simple pesée de la perte de poids au rouge vif et que ces matières broyées contiennent des débris organiques (je l'ai constaté directement pour le *pé-tun* de *Yu-Kan*), on conçoit qu'on ne puisse espérer une grande exactitude. Mais j'avoue que j'ai reculé devant les difficultés du dosage direct de l'eau dans ces matières qui ne l'abandonnent qu'à une très haute température et je me suis contenté d'autant plus facilement de ces recherches approximatives que, si mes résultats ne concordent pas absolument avec les nombres qu'exige la formule théorique du mica blanc, ils se rappro-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

chent néanmoins beaucoup de ce que les divers auteurs ont trouvé pour des micas blancs de provenances variées.

Les *pé-tun* contiennent donc comme les *Yeou-Ko* une partie soluble dans SO^4H^2 qui est composée de mica, et si on soumet leurs analyses à un calcul semblable à celui fait pour les *yeou-ko*, on trouve qu'ils sont composés de :

Pé-tun de :	Cheo-Ki.	Yu-Kan.	Ki-men.	Manuf. imp.	San-pao-pong.
Quartz.	53,83	46,84	45,17	42,38	35,27
Mica blanc.	40,55	37,29	31,26	26,03	18,89
Feldspath (surtout albite).	5,62	15,87	23,57	31,59	45,84
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Par l'analyse élémentaire, nous étions arrivés pour ces pé-tun à des résultats qui semblaient en faire des composés presque identiques, par ces analyses immédiates on voit combien ils diffèrent en réalité entre eux. On s'explique dès lors pourquoi ces roches ne peuvent être prises l'une pour l'autre dans la fabrication des pâtes : en effet, Scherzer nous dit que le *pé-tun* de *Chéo-Ki* est très plastique, c'est celui qui contient le plus de mica et l'on sait que finement broyé le mica devient plastique; il dit que les *pé-tun* de Ki-men et de Yu-Kan sont très fusibles, ils sont en effet riches en feldspaths et le *pé-tun* de *San-pao-pong*, le plus feldspathique, est réservé à la composition des couvertes craquelées.

Hoa-Ché. — Toutes les analyses de *hoa-che* que j'ai faites montrent que ces matières, comme les précédentes contiennent toujours dans la partie soluble des quantités notables de potasse et peu de soude, et que de plus, l'eau combinée diminue dans cette partie quand la potasse augmente; comme il est bien établi que les matières kaoliniques pures ne contiennent pas d'alcalis, il faut que les alcalis trouvés proviennent ici aussi d'une autre roche plastique, attaquable par l'acide sulfurique; or, d'après ce qui vient d'être dit, le mica présente ces propriétés; il est donc permis de conclure que les hoa-ché et les kaolins dans lesquels on rencontre de la potasse sont des mélanges en proportions variables de kaolinite $2SiO^2$, $Al^2O^3 2H^2O$ et de mica blanc $6SiO^3$, $3\,Al^2O^3$, $K^2O, 2H^2O$. Et de fait, si on compare les nombres obtenus par analyse à ceux établis par le calcul d'après cette manière de voir, on constate un accord, sinon absolu, du moins assez satisfaisant, pour confirmer ces interprétations des résultats analytiques.

Nous trouvons en effet pour la partie soluble des divers hoa-ché, en mettant en regard les résultats des analyses et ceux déduits du calcul fait comme nous venons de le dire :

Calcul pour un mélange de :	SiO^2	$Al^2O^3+Fe^2O^3$	CaO	MgO	K^2O	Na^2O	H^2O
32,7 Mica	14,92	12,45	0,12	0,12	3,21	0,29	1,46
67,3 Kaolin	31,25	26,60	»	»	»	»	9,40
	46,17	39,05	0,12	0,12	3,21	0,29	10,86
Analyse directe du *Hoa-ché Tzé*. .	45,6	39,3	0,27	0,10	3,20	0,65	11,35
— du *Hoa-ché* de *Lin*.	47,1	38,5	0,37	0,28	2,83	0,51	11,03

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La composition des *Hoa-ché* était mal déterminée par les recherches antérieures; les analyses qui précèdent permettent de conclure : que le *Hoa-ché* du fabricant *Lin* est formé de 1/3 de mica blanc et de 2/3 de kaolinite, sans mélange de débris d'aucune autre roche; que le *Hoa-ché-tzé*, employé comme blanc de rehaut contient : 95,85 d'un mélange semblable de mica et de kaolinite et 4,15 de quartz.

Pour le *Hoa-ché* de *Yu-Kan*, nous trouvons que sa partie soluble est composée de :

Calcul pour un mélange de :	SiO^2	Al^2O^3,Fe^2O^3	CaO	MgO	K^2O	Na^2O	H^2O
15 Mica.	6,70	5,73	0,05	0,05	1,47	0,14	0,67
85 Kaolin	39,53	33,60	»	»	»	»	11,85
	46,23	39,33	0,05	0,05	1,47	0,14	12,52
Trouvé.	44,67	39,53	0,17	0,38	1,75	0,32	13,27

Si on réunit à cette partie soluble, qui forme les 80 centièmes de ce *hoa-ché*, la partie insoluble, on trouve qu'il se compose en tout de :

Mica blanc.	12,08
Kaolin.	68,46
Feldspath (orthose).	11,84
Quartz.	7,30
	99,64

Ce dernier *Hoa-ché* est de moins belle qualité que les deux précédents; il doit être un de ceux que le Père *Ly* dit servir concurremment avec les kaolins et les *Pé-tun* à la fabrication des pâtes communes. Les deux autres, grâce à leur finesse et à leur blancheur, sont employés à faire les blancs de rehaut comme le supposait Brongniart et comme nous le confirme Scherzer. On peut même les considérer comme des pâtes à porcelaine naturelles dans lesquelles le mica apporte les alcalis nécessaires à produire la vitrification et à amener la transparence.

Kaolin. — De même que dans les *Yeou-Ko*, les *Pé-tun* et les *Hoa-ché*, nous avons trouvé pour les kaolins des alcalis et surtout de la potasse dans la partie attaquée par l'acide sulfurique; si nous faisons les mêmes interprétations pour les analyses des kaolins que celles que nous avons faites pour les *Yeou-Ko*, *Pétun* et *Hoa-ché*, nous sommes amenés à conclure que les kaolins sont, eux aussi, des mélanges de kaolinite, de mica blanc, de feldspath et de quartz (1).

(1) La présence du mica dans les matières premières employées en Chine à la fabrication de la porcelaine n'est pas un fait isolé, j'ai pu constater la présence de ce minéral dans des terres de France, par exemple dans les argiles à grès des Vosges et du Nivernais (*Bulletin de la Société d'Encouragement*, 27 mai 1897).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En effet, en prenant pour base du calcul, les compositions moyennes du mica et de l'albite, on trouve que la *Ming-Cha Kaolin*, contient :

		SiO^2	$Al^2O^3.Fe^2O^3$	K^2O	Na^2O	CaO	MgO	H^2O
63,5 Partie soluble.	46,5 Kaolinite.	21,60	18,40	»	»	»	»	6,50
	17,0 Mica. . .	7,76	6,20	1,50	0,07	0,05	0,09	0,84
36,5 Insoluble. . .	34,0 Albite . .	23,27	6,63	0,78	3,37	0,17	0,04	»
	2,5 Quartz. .	2,50	»	»	»	»	»	»
Calculé		55,13	31,23	2,28	3,44	0,22	0,13	7,34
Trouvé.		54,55	31,17	2,10	3,82	0,27	0,09	7,67

Pour le *Kaolin* de *Tong-Kang :*

		SiO^2	$Al^2O^3.Fe^2O^3$	MgO	CaO	K^2O	Na^2O	H^2O
88,60 Partie soluble. .	75,02 Kaolinite. .	34,88	29,65	»	»	»	»	10,46
	13,58 Mica blanc.	6,58	5,17	0,05	0,04	1,34	0,12	0,60
11,89 Insoluble.	6,78 Orthose. .	4,17	1,19	»	»	1,19	0,15	»
	5,11 Quartz. . .	5,11	»	»	»	»	»	»
Calculé		50,74	36,01	0,05	0,04	2,53	0,27	11,06
Trouvé.		49,00	36,43	0,45	0,10	2,53	0,63	11,33

En résumé ces recherches établissent :

1° Que les matières plastiques chinoises, kaolins ou *hoa-ché*, sont des mélanges dans lesquels la kaolinite $2SiO^2$, Al^2O^3, $2H^2O$ et le mica blanc $6SiO^2$, $3Al^2O^3$, $K^2O,2H^2O$ dominent ;

2° Que les matières fusibles *Yéou-Ko* et *Pé-tun* sont formées de mica blanc, de quartz et de petites quantités de feldspath en général à l'état d'albite.

Maintenant que nous connaissons les matières premières employées par les Chinois dans leur fabrication, nous pouvons aborder l'étude de leurs pâtes.

Pates a porcelaine. — Dans ses notes, Scherzer écrit à ce sujet : « Suivant le « fabricant *Ho* la pâte à porcelaine de première qualité s'obtient par un « mélange de :

Kaolin de *Tong-Kang*	40 parties.
Pé-tun de *Ki-men*.	40 —
Yéou-Ko de *Koui-Ki*.	20 —

« Le kaolin est l'élément plastique ;
« Le *Yéou-Ko* est l'élément fusible ;
« Le *Pé-tun* est l'élément intermédiaire.
« Le fabricant *Li* se sert des formules suivantes :

Kao-lin de *Tong-Kang*.	30
Pé-tun de *Ki-men*.	50
Yéou-Ko de *Koui-Ki*.	20

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« Cette pâte est moins plastique que la précédente, mais il faut remarquer que la fabrique de *Li* ne produit que des objets de dimensions relativement petites, tels que bols, soucoupes, etc. Le fabricant *Lin* emploie le *Hoa-ché* (Stéatite ? Halloysite ?) en lieu et place du kaolin.

« Pour la fabrication de grandes pièces, il emploie la formule suivante :

Hoa-ché	8 parties ou	57,15
Yeou-Ko de *Ton-tchang*. . . .	6 —	42,85

« La proportion de *Hoa-ché* est diminuée de moitié dans la pâte destinée à fabriquer des objets de moindres dimensions et dont la formule devient :

Hoa-ché	4 parties ou	40
Yeou-Ko.	6 — ou	60

« L'on broie dans l'eau les matériaux, et l'on brasse le mélange; après six heures l'on procède à la lévigation dont le produit recueilli sur une toile est mis à sécher dans une cazette entre deux couches de briques sèches. Cette pâte est travaillée et distribuée sous forme de pains à l'ouvrier. Le résidu de la lévigation est vendu et sert à la fabrication de porcelaines de qualité inférieure.

« Je n'ai pas vu trace du procédé qui consiste à laisser vieillir les pâtes à porcelaine dans un endroit humide, de façon à amener une sorte de fermentation qui en augmente l'homogénéité.

« Je n'ai pas pu non plus constater l'emploi de la chaleur pour le séchage de la pâte humide. »

Ces renseignements très nets diffèrent notablement de ceux qui jusqu'à présent nous avaient été communiqués sur la préparation des pâtes chinoises; ainsi le Père *Ly* avait écrit que la pâte à porcelaine était composée la plupart du temps de :

Kaolin.	33
Pé-tun.	66

sans aucune addition de *Yéou-Ko*.

De plus, on tenait pour certaine la coutume des fabricants chinois de laisser vieillir les pâtes; d'après le texte de Scherzer, on voit que, si à une époque antérieure les Chinois ont préparé leurs pâtes, jusqu'à un siècle avant de les employer, ils ont présentement renoncé à cette pratique qui au surplus pourrait bien n'avoir jamais été qu'une légende.

Les pâtes chinoises à l'état cru sont en général moins blanches, moins fines,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que les belles pâtes de France, leur plasticité, sans être de même allure, leur est à peu près égale.

La pâte du fabricant *Ho*, la première dont s'occupe Scherzer, est très probablement, bien qu'il ne le dise pas, réservée à la fabrication des vases destinés à être recouverts de la couverte rouge flambé, couleur dont la famille *Ho* posséderait présentement seule le secret; cette pâte est assez colorée, elle est peu transparente après cuisson. En général, les pâtes bises sont réservées en Chine, et cela avec raison, à la fabrication des pièces qui doivent recevoir des couvertes de tons foncés; sous ces couvertes la qualité de la pâte n'apparaît plus et sa blancheur et sa transparence perdent de leur importance.

L'analyse de cette pâte crue conduit à la composition centésimale suivante :

	Total.	Soluble dans SO^4H^2.	Insoluble.
Silice	64,65	23,88	40,77
Alumine	21,50	20,45	2,89
Oxyde de fer	1,86		»
Chaux	0,15	0,15	»
Magnésie	0,21	0,21	»
Oxyde de manganèse (Mn^3O^4)	0,05	0,05	»
Potasse	3,45	2,50	0,95
Soude	1,19	0,30	0,89
Eau combinée	5,21	5,21	»
Eau hygroscopique	1,57	1,57	»
	99,84	54,32	45,50

Ces résultats sont très voisins de ceux qu'Ebelmen et Salvétat ont trouvés pour la pâte dite par le Père Ly de première qualité.

Nous avons, par l'analyse, établi la composition des matières qui entrent dans la pâte étudiée ci-dessus; le fabricant *Ho* a donné à Scherzer les quantités de chacune d'elles qui entrent dans sa préparation, nous pouvons donc, par calcul, voir si les renseignements fournis par ce fabricant chinois sont exacts.

En effet, on a, d'après les analyses dans :

	SiO^2	$Al^2O^3.Fe^2O^3$	CaO	MgO	K^2O	Na^2O	H^2O
40 de *Kaolin* de *Tong-Kang*	18,40	14,35	0,04	0,17	0,97	0,24	3,90
40 *Pé-tun* de *Ki-men*	30,35	6,48	0,03	0,03	1,11	1,11	0,90
20 *Ycou-Ko* de *Koui-Ki*	15,40	2,77	0,22	»	0,61	0,39	0,36
	64,15	23,60	0,29	0,20	2,69	1,74	7,16

Ces nombres déduits de l'analyse des composants concordent assez exactement avec ceux de la pâte dans laquelle ils entrent pour qu'on puisse conclure que le fabricant *Ho* compose bien réellement sa pâte comme il l'a dit, malgré

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les divergences qui existent entre le dosage qu'il a donné et celui que le Père Ly avait indiqué à Ebelmen et Salvétat.

On trouve le même accord, si on compare la partie soluble de la pâte à la somme des parties solubles de ses composants.

L'analyse de la pâte donne :

	Partie soluble.	Insoluble.
Pâte de *Ho*	54,32	45,50

Les composants :

40 *Kaolin Tong-Kang* . .	35,51	4,45
40 *Pé-tun* de *Ki-men*. . .	12,50	27,53
10 *Yeou-Ko* de *Koui-Ki*. .	6,83	13,27
	54,54	45,25

L'accord est complet, plus complet même qu'on ne devait l'espérer, étant donné que les quantités d'eau hygroscopique contenues dans ces matières à l'instant où on les a mélangées nous sont inconnues, et de plus comme ce sont les matières argileuses qui retiennent le plus d'eau hygroscopique, si elles avaient perdu de l'eau par séchage pendant leur transport de Chine en France, il aurait pu y avoir, de ce fait, diminution de la partie soluble. Nous verrons, dans la suite de notre étude, ce cas se présenter pour d'autres pâtes.

Si, d'après les compositions trouvées ci-dessus, des matières premières qui entrent dans la préparation de la pâte du fabricant *Ho*, nous calculons les quantités des espèces minérales qu'elle contient, nous voyons qu'il y a :

Quartz..	30,68	45,50 insoluble.
Feldspath (albite)	14,82	
Kaolinite	30,08	54,57 soluble dans SO^4H^2.
Mica blanc	24,49	

Essayée au laboratoire, cette pâte se cuit en porcelaine à une température d'environ 1 275° à 1 300°; elle est alors d'un ton gris assez prononcé, comme du reste l'échantillon envoyé de Chine, et sa transparence est presque nulle; chez nous, une poterie présentant ces caractères serait classée non parmi les porcelaines, mais bien parmi les grès blancs.

La seconde pâte crue, dont Scherzer nous donne la préparation, est celle du fabricant *Li;* elle est d'un blanc jaunâtre, douce au toucher; elle forme avec l'eau une pâte blanc ambré, d'une bonne plasticité moyenne; elle cuit, en prenant ses qualités de porcelaine, vers 1 280° à 1 300°; elle a alors une cassure lisse, un ton blanc légèrement gris, et une médiocre transparence, comme en général la plupart des porcelaines chinoises ordinaires.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Son analyse conduit à des résultats très voisins de ceux obtenus pour la pâte étudiée précédemment; on y trouve en effet :

	Total.	Soluble dans SO^4H^2.	Insoluble.
Silice	65,23	23,72	41,51
Alumine	21,97	18,61	3,36
Oxyde de fer	1,15	1,15	»
Oxyde de manganèse (Mn^3O^4)	traces	traces	»
Chaux	0,81	0,81	»
Magnésie	0,11	0,08	0,03
Potasse	2,73	2,00	0,73
Soude	1,50	0,16	1,34
Eau combinée (perte au rouge)	5,70	5,70	»
Humidité	0,80	0,80	»
Acide titanique	traces	traces	»
	100,00	53,03	46,97

Si on calcule la composition centésimale de cette porcelaine, en partant du dosage donné par *Li* et des analyses des matières qui y entrent, on trouve :

	SiO^2	$Al^2O^3.Fe^2O^3$	CaO	MgO	K^2O	Na^2O	H^2O
30 Kaolin de *Tong-Kang*	13,75	11,05	0,02	0,11	0,73	0,18	4,44
50 *Pé-tun* de *Kimen*	37,70	8,10	»	0,04	1,39	1,38	0,48
20 *Yeou-Ko* de *Koui-Ki*	15,40	2,86	0,23	»	0,61	0,39	0,36
	66,85	22,01	0,25	0,15	2,73	1,95	5,28

Ces nombres concordent assez exactement avec ceux de l'analyse directe de la pâte pour qu'on puisse admettre, comme pour la pâte précédente, que le fabricant chinois a donné réellement la composition de sa pâte à notre compatriote Scherzer, surtout si on tient compte des variations très probables de l'eau hygroscopique des matières employées et du lavage auquel est soumise la pâte après sa préparation.

Le calcul des parties solubles, en prenant pour base les quantités solubles dans SO^4H^2 de chacun des composants, conduit à des résultats qui s'éloignent un peu de ce qu'on a trouvé dans la pâte faite; on a en effet :

	Soluble 49,07		Insoluble 51,18	
	Kaolinite.	Mica.	Feldspath.	Quartz.
30 de Kaolin	22,51	4,07	2,03	1,53
50 Pétun	»	15,63	11,78	22,58
20 Yeou-Ko	»	6,86	2,68	10,58
	22,51	26,56	16,49	34,69

au lieu de 53,03 soluble et 46,97 insoluble, trouvés directement dans la pâte faite par l'analyse.

La quantité des matières solubles dans la pâte est plus forte que celle qui

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

devrait résulter du mélange des éléments qui la composent ; mais, comme après avoir été composée suivant le dosage indiqué, la pâte est de nouveau soumise, suivant les renseignements de Scherzer, à une lévigation, on comprend que les débris de quartz et le feldspath de dimensions un peu fortes doivent surtout rester dans le dépôt qu'on élimine et que, de ce fait, la pâte arrive à s'enrichir en kaolin et mica, c'est-à-dire en matières solubles dans l'acide sulfurique. Cette explication est d'autant plus acceptable, que les écarts entre les résultats ne s'élèvent guère au delà de 4 p. 100.

Pâte de la Manufacture Impériale. — Bien que Scherzer ne nous donne aucun renseignement sur la façon dont cette pâte est préparée, son origine, sa belle qualité, sa transparence après cuisson, en comparaison de celles de l'industrie privée, m'ont engagé à en faire l'analyse. On y trouve :

	Total.	Soluble dans SO^4H^2.	Insoluble.
Silice	65,87	20,52	45,35
Alumine	22,46	17,67	4,76
Oxyde de fer	0,76	0,76	»
Chaux	0,18	0,18	»
Magnésie	traces	»	»
Potasse	2,66	2,19	0,47
Soude	2,89	0,48	2,41
Eau combinée, perte au rouge	4,69	4,69	»
Eau hygroscopique	0,80	0,80	»
	100,31	47,29	53,02

Ces résultats diffèrent peu de ceux que nous avons trouvés pour les pâtes de l'industrie privée ; ils montrent néanmoins que la pâte de la Manufacture Impériale contient une plus grande quantité d'alcalis, et surtout de soude, et que cette soude, qui se trouve surtout dans la partie insoluble dans SO^4H^2, y est par conséquent apportée par un feldspath sodique.

De l'analyse de cette pâte, on déduit par calcul qu'elle doit être composée de :

Kaolinite	23,5
Mica blanc	23,5
Feldspath sodique	25,0
Quartz	28,0

Les fragments crus et secs de cette porcelaine ont une assez grande solidité, il faut un certain effort pour les briser. Cette pâte est blanche, douce au toucher, d'un façonnage facile ; cuite à 1270°, elle donne une porcelaine blanche, sa transparence est convenable, sa cassure luisante ; de toutes les pâtes de l'envoi Scherzer, c'est la seule qui puisse se comparer aux porcelaines européennes de belle qualité.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La pâte du fabricant *Lin* se distingue des précédentes, parce qu'il entre du *Hoa-ché* dans sa composition.

Lin fait deux pâtes différentes, l'une pour la fabrication des grandes pièces, l'autre pour celle d'objets de moindres dimensions.

Malheureusement l'échantillon que nous avons reçu ne porte aucune désignation qui détermine à laquelle de ces deux pâtes il correspond, et l'analyse conduit à des résultats qui ne s'accordent ni avec la première formule, ni avec la seconde, bien que ce soit de cette dernière qu'il s'approche le plus; il est donc supposable que le *hoa-ché* employé par *Lin* n'est pas celui qui a été analysé comme tel, et qui est totalement soluble dans SO^4H^2, mais que ce fabricant a dû faire entrer dans la composition de sa pâte un autre *hoa-ché* plus riche en matières inattaquables par l'acide sulfurique, comme par exemple celui de *Yu-Kan*.

En admettant cette vue, la concordance de l'analyse de la pâte avec la composition déduite de la somme des composants devient assez satisfaisante.

En supposant la pâte faite de 40 de *Hoa-ché* de *Yu-Kan* et 60 de *Yéou-Ko* de *Ton-Chang* on trouve en effet :

	Soluble dans SO^4H^2.	Insoluble.
40 *Hoa-ché* de *Yu-Kan*	32,21	4,65
60 *Yeou-Ko* de *Ton-Chang* . . .	18,99	40,56
	51,20	48,21

Quand la pâte préparée par *Lin* donne à l'analyse :

	Total.	Soluble dans SO^4H^2.	Insoluble.
Silice	65,75	23,35	42,39
Alumine	21,73	18,03	3,70
Sesquioxyde de fer	1,03	1,03	»
Oxyde salin de manganèse	0,10	0,10	»
Chaux	0,26	0,19	0,08
Magnésie	0,17	0,12	0,05
Potasse	2,66	1,95	0,71
Soude	2,32	0,50	1,82
Oxyde de titane	traces	»	»
Eau combinée (perte au rouge) . . .	5,25	5,25	»
Eau hygrométrique	0,99	0,99	»
	100,26	51,51	48,75

De cette analyse, on est amené, par le calcul, à conclure que cette pâte est formée de :

31,8 Kaolinite	49,8
18,0 Mica blanc	
19,4 Feldspath sodique	50,2
30,8 Quartz	

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Bien que composée différemment des pâtes précédentes, puisqu'il y entre du hoa-ché aux lieu et place de kaolin, cette pâte présente les mêmes propriétés que celle du fabricant *Li :* elle a le même aspect, le même toucher, la même plasticité, et si elle s'en distingue en quelque chose après cuisson, ce n'est que par un peu plus de transparence; elle cuit vers 1 280° à 1 300°, comme les pâtes précédentes.

Outre ces pâtes de compositions et de qualités très voisines, Scherzer nous en signale une autre d'un type tout différent, c'est la pâte des porcelaines destinées à être recouvertes d'émail turquoise. Il écrit : « Le biscuit destiné à recevoir cet émail de demi-grand feu serait exclusivement formé de *Koui-Ki-Ko?* »

L'analyse de la pâte pour turquoise, rapportée crue par Scherzer, semble confirmer l'assertion qu'il n'émet qu'avec doute, elle donne en effet des résultats qui l'éloignent notablement des pâtes que nous venons d'étudier et qui la rapprochent des *pé-tun* ou des *Yeou-Ko;* on y trouve en effet :

	Total.	Soluble dans SO^4H^2.	Insoluble.
Silice	72,87	21,04	51,83
Alumine	17,21	16,12	1,09
Oxyde de fer	0,96	0,96	»
Chaux	0,20	0,15	0,05
Magnésie	0,22	0,22	»
Potasse	3,97	3,28	0,69
Soude	0,37	0,21	0,16
Eau combinée (perte au rouge)	3,07	3,07	»
Eau hygrométrique	1,32	1,32	»
	100,19	46,37	53,82

Ces nombres sont très voisins de ceux que donne l'analyse du *Pé-tun* de *Cheo-Ki*.

Ces résultats sont remarquables par la faible quantité d'eau qu'ils indiquent dans cette pâte, par la forte teneur en quartz dans la partie insoluble et par l'absence presque totale de feldspath.

Si on calcule la composition centésimale de la partie soluble, on trouve qu'elle correspond à :

SiO^2	46,70
Al^2O^3	35,80
Fe^2O^3	2,13
CaO	0,33
MgO	0,49
K^2O	7,29
Na^2O	0,46
H^2O	6,80
	100,00

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nombres très voisins de ceux trouvés précédemment pour la partie soluble des *Yéou-Ko* et des *Pé-tun* et que nous avons établi correspondre à la composition du mica blanc.

La matière employée pour fabriquer la porcelaine destinée à être recouverte de turquoise serait donc bien, comme le suppose Scherzer dans son rapport, une roche naturelle formée de quartz, de mica et d'une petite quantité de produits kaolinisés; elle contiendrait environ :

Mica blanc.	32,50	46,50
Kaolinite.	14,00	
Quartz.	47,70	53,50
Feldspath	5,80	

Cette pâte, la plus siliceuse et la plus micacée de celles que nous avons étudiées, présente des caractères très analogues aux pâtes précédemment étudiées; elle est douce au toucher, de couleur gris jaunâtre, elle a une plasticité convenable pour un bon façonnage; après cuisson à 1300°, elle donne une porcelaine très solide, à cassure lisse, d'un ton blanc grisâtre, ne présentant qu'une transparence médiocre.

Il est à remarquer que toutes les pâtes chinoises doivent être cuites en atmosphère franchement réductrice pour acquérir leur transparence et leur blancheur maxima; il est possible que les cuissons, faites au four à gaz au laboratoire de Sèvres, n'aient pas été dans les conditions voulues pour donner aux pâtes chinoises toutes leurs qualités.

On est frappé de la constance de la composition des pâtes à porcelaines chinoises, quand on compare les analyses des différentes pâtes de l'envoi Scherzer avec celles faites en 1850 par Ebelmen et Salvétat; ainsi l'analyse qu'ils ont faite, de la pâte dite de première qualité, se confond presque complètement avec celles que j'ai faites quarante ans plus tard des pâtes de fabricants *Ho*, *Li*, *Lin* et de celle de la manufacture impériale de *Kien-te-Tcheng*.

La composition de la pâte destinée à être recouverte de turquoise, est très voisine de celle dite de troisième qualité dans le mémoire d'Ebelmen et Salvetat.

Des pâtes chinoises plus anciennes présentent encore la même composition; ainsi, si nous prenons l'analyse faite à Meissen d'un fragment de vase de vieux chine (1), dont la couverte céladon avait été enlevée mécaniquement pour isoler la pâte et que nous la comparions à celles des pâtes crues de 1850 et 1890, toutes ces analyses étant ramenées par le calcul à ce qu'elles

(1) A. B. Meyer, *Sur les vieilles porcelaines céladons*. Berlin.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

deviendraient après cuisson, on trouve pour ces trois pâtes les résultats suivants :

	Vieux Chine.	Pâte de 1850.	Pâte de 1890.
Silice	69,51	69,0	69,50
Alumine	22,72	23,6	23,10
Peroxyde de fer	1,84	1,2	2,00
Chaux	0,27	0,3	0,16
Magnésie	0,36	0,2	0,22
Potasse	4,79	3,3	3,72
Soude	0,87	2,9	1,28
	100,36	100,5	99,98

On voit que, malgré la distance de un à deux siècles entre les dates de fabrication de ces porcelaines, il y a entre leurs compositions un accord parfait.

Arriver à une telle constance sans le secours de la science, prouve de la part des fabricants chinois une habileté extrême dans le métier et une connaissance profonde *de visu* des qualités des matières premières qu'ils mettent en œuvre.

Pour rendre plus facile la comparaison de la composition des différentes pâtes analysées, je les réunis ci-dessous en un tableau, en les ramenant toutes à la formule chimique qu'elles auraient si on les supposait contenir une molécule des bases amenant la fusibilité ; cette molécule pouvant être formée de fractions de molécules des diverses bases alcalines ou alcalino-terreuses :

	Formule.				Rapport $\frac{SiO^2}{Al^2O^3}$
Pâte du fabricant *Ho*	16,96 SiO^2	3,32 Al^2O^3	0,043 CaO		5,3
		0,18 Fe^2O^3	0,078 MgO		
			0,576 K^2O		
			0,303 Na^2O		
Pâte du fabricant *Li*	15,17 SiO^2	3,07 Al^2O^3	0,204 CaO		4,94
		0,10 Fe^2O^3	0,038 MgO		
			0,413 K^2O		
			0,345 Na^2O		
Pâte du fabricant *Lin*	14,40 SiO^2	2,79 Al^2O^3	0,139 CaO.MgO		5,0
		0,08 Fe^2O^3	0,371 K^2O		
			0,490 Na^2O		
Pâte de la Manufacture impériale	14,00 SiO^2	2,71 Al^2O^3	0,041 CaO		4,84
		0,08 Fe^2O^3	0,363 K^2O		
			0,596 Na^2O		
Pâte pour la turquoise	21,20 SiO^2	2,95 Al^2O^3	0,064 CaO		6,95
		0,10 Fe^2O^3	0,096 MgO		
			0,735 K^2O		
			0,105 Na^2O		
Pâte de vieux Chine	15,00 SiO^2	2,85 Al^2O^3	0,051 CaO		5,0
		0,15 Fe^2O^3	0,116 MgO		
			0,654 K^2O		
			0,179 Na^2O		
Pâte du Japon	14,33 SiO^2	2,452 Al^2O^3	0,1480 CaO		5,5
		0,145 Fe^2O^3	0,0056 MgO		
			0,3954 K^2O		
			0,4510 Na^2O		

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Je fais suivre ces formules de celles, établies de même manière, de quelques pâtes françaises.

		Formule.		Rapport $\frac{SiO^2}{Al^2O^3}$
Pâte de Limoges.	14,38 SiO^2	2,737 Al^2O^3 0,038 Fe^2O^3	0,1409 CaO 0,1196 MgO 0,4032 K^2O 0,3372 Na^2O	5,18
Pâte nouvelle de Sèvres	14,00 SiO^2	2,72 Al^2O^3 Fe^2O^3	0,192 CaO 0,328 K^2O 0,480 Na^2O	5,14
Pâte dure de Sèvres..	8,02 SiO^2	2,82 Al^2O^3 Fe^2O^3	0,664 CaO 0,132 K^2O 0,210 Na^2O	2,84

La pâte de Brongniart, comme on le voit, s'écarte beaucoup de la composition des porcelaines orientales, aussi présente-t-elle des qualités très différentes; par contre, la porcelaine nouvelle de Sèvres et celle de Limoges se confondent, comme composition, avec celles de la manufacture impériale de Chine, du fabricant Lin et de celle du Japon.

Bien que la pâte de Limoges et la pâte nouvelle de Sèvres aient la même composition, elles ont des propriétés très différentes; la première ne peut pas, en général, être décorée d'émaux comme les porcelaines orientales, tandis que la seconde se prête fort bien à ce genre de décoration comme l'avaient voulu MM. Lauth et Vogt, quand ils introduisirent à Sèvres cette fabrication.

Au premier abord on ne s'explique pas d'où provient cette différence entre deux pâtes faites avec les mêmes éléments et ayant même composition, mais l'explication en devient très claire, si on se rapporte aux travaux de M. Coupeau sur l'influence de la température de cuisson des pâtes sur leurs qualités; la cuisson plus élevée (1370° environ) qu'on fait subir à Limoges à la porcelaine, en diminue le coefficient de dilatation (1) et lui fait ainsi perdre sa ressemblance avec les produits chinois; il suffirait d'abaisser son point de cuisson à 1270° pour lui voir reprendre toutes les propriétés des porcelaines d'Orient.

De cette étude des pâtes chinoises et des matières premières qui les composent, il ressort :

1° Que les *Pé-tun* et les *Yéou-Ko*, loin d'être analogues, comme on l'admettait jusqu'ici, à nos pegmatites et à nos feldspaths, sont des roches composées de quartz, de mica blanc et de petites quantités de feldspath.

2° Que les kaolins contiennent, dans la partie plastique et soluble dans l'acide sulfurique, outre la kaolinite $2\,SiO^2, Al^2O^3, 2\,H^2O$, des quantités importantes de mica blanc $6\,SiO^2, 3\,Al^2O^3, K^2O\,2\,H^2O$ en débris très fins, invisibles à

(1) Coupeau, *Bulletin* de la Société d'Encouragement, t. III, 5e série, p. 1274

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'œil nu, fait passé jusqu'ici inaperçu, bien qu'il se présente aussi dans la plupart de nos kaolins et de nos argiles (1).

3° Que les *Hoa-ché* sont des kaolins, riches en mica blanc impalpable, ne contenant que de petites quantités de quartz et de feldspath;

4° Enfin que les pâtes chinoises correspondent en général à la composition $15\,SiO^2$, $3\,Al^2O^3$, RO, R étant un mélange en proportion variable de Na, K, Ca ou Mg et qu'elles contiennent dans la partie plastique près de 25 p. 100 de mica blanc à côté du kaolin.

Couvertes. — J'arrive à l'étude des couvertes; cette étude jusqu'ici n'a pu être faite que d'une manière fort incomplète, comme je l'ai déjà fait observer, parce que les chimistes, qui se sont occupés de cette question, n'avaient à leur disposition que des couvertes cuites arrachées mécaniquement de la surface des vases qu'elles recouvraient; de là une grande incertitude dans les résultats obtenus.

Grâce à Scherzer, mon travail a été beaucoup facilité; chaque fois qu'on émaillait un vase devant lui, il a su prendre, avec beaucoup d'habileté, un échantillon liquide de la couverte mise en œuvre.

Ce sont ces couvertes contenues dans des bouteilles cachetées et dûment étiquetées, après s'être rendu compte qu'elles donnaient bien après cuisson ce qu'on en attendait, que Scherzer nous a adressées en les accompagnant des renseignements suivants, que je rapporte *in extenso*.

« *Couverte blanche. — Pé-yéou.*

« Suivant le fabricant *Lin*, la composition de cette couverte varierait avec les dimensions des pièces :

« Pour les petits objets, la composition serait :

Lait de *Yeou-Ko*	9 parties.
Lait de *Hoei-Yeou*.	1 —
	10 parties.

« Pour les objets de plus grande dimension, la proportion de chaux serait augmentée, la formule serait alors :

Lait de *Yeou-Ko*.	8 parties.
Lait de *Hoei-Yeou*.	2 —
	10 parties.

« Cette augmentation de la portion de chaux employée s'explique facilement, si on se rappelle que, dans le second cas, la couverte doit faire corps avec une pâte d'une plasticité plus grande que dans le premier.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« La couverte blanche s'applique par aspersion sur le cru pour les petites pièces.

« Sur les grandes pièces, l'on applique successivement trois couches par insufflation, la quatrième et dernière couche est donnée au moyen d'un pinceau très doux.

« Le fabricant *Li* divise les couvertes blanches en couvertes *lourdes* ou *légères* suivant qu'elles contiennent plus ou moins de chaux.

« La formule :

Lait de *Yeou-Ko*. . . .	7 parties	ou	8,75
Lait de *Hoei-Yeou*. . .	1 —	ou	1,25
			10,00

fournirait une couverte intermédiaire.

« La couverte *lourde* conviendrait pour les pâtes décorées sur le cru au bleu de cobalt; elle contiendrait :

Lait de *Yeou-Ko*. . .	7 parties	soit	8,23	et	7,78
Lait de *Hoei-Yeou* . .	1,5 à 2 parties	—	1,77	—	2,22

« La couverte légère est la moins fusible, mais en revanche, elle donne un émail plus blanc; elle est employée dans la fabrication des petits objets destinés à recevoir des décors au moyen des couleurs de moufle; c'est elle qui recouvre certains vases, dont les décors, gravés à la pointe sur le cru, représentent des dragons, des chevaux, des génies, etc. »

Malheureusement, ces données numériques, précises en apparence, ne sont que d'une médiocre valeur, parce que les densités des laits de *Yéou-Ko* et de *Hoei-Yeou* font défaut dans le mémoire de Scherzer; de plus, son envoi ne contient aucune de ces couvertes blanches, lourdes ou légères.

Cependant, parmi les nombreuses couvertes qui nous sont parvenues, une d'entre elles désignée comme couverte pour rouge sous couverte *Yeou-li-houng* ne contient aucun oxyde colorant; c'est certainement une couverte blanche ou incolore plus spécialement destinée à recouvrir les rouges sous couverte.

L'analyse montre du reste, que cette couverte a une composition qui concorde d'une manière assez satisfaisante avec l'une des formules données pour une des couvertes blanches.

Scherzer, d'accord sur ce point avec les auteurs qui nous ont communiqué des renseignements sur la fabrication chinoise, nous dit que le *Yeou-Ko* et le *Hoei-Yeou* entrent dans la composition de la couverte blanche.

Nous avons précédemment, au sujet des pâtes, étudié le *Yeou-Ko;* nous avons vu que c'est une roche composée de quartz, de mica et de feldspath; il nous reste à établir la composition du *Hoei-Yeou*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Scherzer écrit : « Le *Hoei-Yeou* est un mélange de chaux et de cendres de fougères. C'est un produit exclusif de *Lo-ping ;* l'on prend des gros blocs de calcaire, aussi pur que possible, que l'on calcine dans des fours à chaux, en employant le charbon de bois comme combustible.

« Les morceaux de chaux les plus blancs sont choisis avec soin et placés sur un lit de fougères dites *Lang-tchi-tsaï* et nommées *Fong-ouei-tsao,* quand elles atteignent un certain degré de développement : sur une couche ainsi formée l'on empile un second lit de fougères et ainsi de suite de manière à obtenir 6 à 7 couches de chaux reposant sur autant de lits de fougères sèches auxquelles on met le feu.

« Le mélange de chaux et de cendres ainsi obtenu est recueilli avec soin et pulvérisé.

« Le *Hoei-Yeou* (mot à mot, huile de cendres) s'obtient en plaçant une certaine quantité de ce mélange, environ un tiers de la capacité, au fond d'une jarre que l'on remplit d'eau ; l'on brasse le mélange, la portion claire du liquide est rejetée et le lait de chaux qui occupe le milieu de la jarre est le *Hoei-Yéou.*

« Cette préparation est en tous points différente de celle donnée par le Père d'Entrecolles qui préconise l'addition du plâtre pour activer la précipitation et l'emploi des nuages ou croûtes calcaires dues à l'action de l'acide carbonique de l'air sur la surface de l'eau de chaux.

« Les fabricants chinois attachent une grande importance à l'emploi de cette préparation qui contribuerait singulièrement à augmenter l'éclat des peintures bleues sous couverte, obtenues à l'aide du peroxyde de manganèse cobaltifère. »

D'après cette description de la préparation du *hoei-yeou,* on est autorisé à conclure que dans la première phase, où l'on chauffe le calcaire avec du charbon de bois, la température atteinte doit suffire pour faire de la chaux vive et dans la seconde où l'on ne chauffe plus qu'avec des feuilles de fougères, on doit reformer une quantité très notable de carbonate de chaux. En résumé, cette opération ne ferait que transformer le calcaire compact en une poudre fine facile à mettre en suspension dans l'eau, condition favorable pour préparer une couverte d'une bonne qualité.

Après sa préparation, le *hoei-yeou* subit de nombreux lavages qui lui enlèvent certainement les alcalis qui auraient pu y être introduits par les cendres des fougères ; c'est, du reste, ce qui ressort de l'analyse du *Hoei-yeou* envoyé de Chine.

Ce produit présente une réaction alcaline au tournesol ; il est presque entièrement soluble dans l'acide chlorhydrique ; il ne laisse en effet que 3,22 p. 100 d'un résidu composé surtout de silice et d'une petite quantité d'alumine.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Sa composition centésimale est :

Silice	3,91 dont 2,93 insoluble.
Alumine	1,46
Peroxyde de fer	0,49
Chaux	52,36
Magnésie	0,73
Potasse	traces.
Soude	0,25
Acide sulfurique	0,65
Acide chlorhydrique	traces.
Perte au rouge	1,15
Acide carbonique	37,67
Eau hygrométrique	1,40
Total	100,07

L'analyse de la roche naturelle de *Lo-ping* établit que sa transformation en *hoei-yeou* ne change que fort peu sa nature.

Le calcaire de *Lo-ping* se dissout, à 2,14 p. 100 près, entièrement dans l'acide chlorhydrique, c'est un carbonate de chaux très pur ; il contient :

Silice	1,29
Al^2O^3 et Fe^2O^3	0,64
Chaux	53,74
Magnésie	0,73
Potasse Soude	traces
Acide carbonique	42,06
Perte au rouge	0,58
Eau hygrométrique	0,16
Acide sulfurique	traces
	99,22

Il y a, comme on le voit, grande analogie entre cette analyse et celle du *hoei-yeou;* Scherzer a donc raison d'admettre que le lait de *hoei-yeou* n'est autre chose qu'un lait de chaux carbonaté.

Du reste, Ebelmen et Salvetat étaient arrivés à des résultats absolument semblables dans leur étude des matières premières qui composent la couverte des porcelaines chinoises.

La couverte désignée comme destinée au rouge sous couverte, *Yéou-li-houng*, de l'envoi Scherzer est très certainement, comme je l'ai déjà dit, une couverte blanche, une couverte incolore, c'est ce qui ressort des analyses qualitatives et quantitatives.

L'acide chlorhydrique versé sur cette matière produit un abondant dégagement d'acide carbonique, il dissout de la chaux en même temps que de faibles quantités d'Al^2O^3 et Fe^2O^3 ; le résidu de l'attaque par l'acide chlorhydrique traité par les acides fluorhydrique et sulfurique donne un résidu noir, combustible

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

(charbon) et une liqueur renfermant de l'alumine, de l'oxyde de fer, des alcalis et des traces d'acide titanique dont on a reconnu la présence par la coloration jaune que donne l'eau oxygénée en présence de cet acide.

L'analyse quantitative conduit aux nombres suivants :

	Couverte crue.	Couverte supposée cuite.	
Silice	63,40	69,43	
Alumine	13,04	14,35	15,05
Oxyde de fer	0,71	0,78	
Acide titanique	traces	»	
Chaux	8,76	9,62	
Magnésie	0,40	0,44	
Potasse	3,07	3,30	
Soude	1,93	2,12	
Acide carbonique	6,42	»	
Perte au rouge (H^2O et C)	2,05	»	
Eau hygrométrique	0,56	»	
	100,34	100,06	

Ces résultats s'éloignent assez notablement de ceux auxquels étaient arrivés Ebelmen et Salvétat ; ces auteurs admettaient en effet que dans la couverte incolore de Chine, l'alumine variait de 10 à 12 et la chaux de 14 à 21.

La quantité d'acide carbonique contenu dans la couverte crue correspond à une teneur d'environ 15 p. 100 de carbonate de chaux, ce qui conduirait à admettre que les laits d'*Yeou-Ko* et de *Hoeï-Yéou*, dont parle Scherzer, contiendraient quantités égales de matières fixes, puisqu'il indique que les couvertes incolores sont formées de 8 à 9 de lait de *Yeou-Ko* pour 2 à 1 de lait de chaux.

Il ne peut guère rester de doute sur la nature de la couverte que nous venons d'étudier, c'est bien une couverte incolore ordinaire. En effet, une couverte reconstituée de toutes pièces avec le *Yéou-Ko* et le *Hoei-Yéou* de Chine prend après cuisson toutes les qualités d'une bonne couverte incolore; ce fait est de plus confirmé par l'analogie de la composition de cette couverte avec celles des couvertes peu colorées telles que les céladons et les bleus clairs.

Pour pouvoir comparer plus facilement entre elles les diverses couvertes étudiées, nous en avons calculé les formules chimiques, en prenant pour unité la somme des bases alcalines et alcalino-terreuses comme le font beaucoup d'auteurs qui s'occupent de céramique et de verrerie.

Exprimés ainsi les résultats de l'analyse de la couverte chinoise incolore conduisent à la formule :

$$4{,}57\ SiO^2 \left\{ \begin{array}{ll} 0{,}556 & Al^2O^3 \\ 0{,}018 & Fe^2O^3 \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{ll} 0{,}680 & CaO \\ 0{,}043 & MgO \\ 0{,}142 & Na^2O \\ 0{,}135 & K^2O \end{array} \right.$$

$$1{,}000$$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Couvertes colorées. — Les couvertes colorées qui nous ont été envoyées crues et en suspension dans l'eau, dans l'état même où l'ouvrier chinois les emploie, sont le céladon, le laque bronze, le noir, le bleu, les craquelés et le rouge de cuivre.

Nous allons étudier chacune d'elles.

Céladon. — « La couverte céladon *Long-tsuen*, écrit Scherzer, s'appelle *Tong-tsing* quand elle est appliquée sur des objets de petites dimensions. D'après *Lin*, voici la formule de cette couverte :

Lait d'argile ferrugineuse, *Tzé-Kin-Ché*.	33,33
Lait de *Yeou-Ko*	33,33
Lait de *Hoei-Yeou*	33,33

« Cet émail liquide est appliqué sur le cru à 9 couches différentes :

« Les 1re; 2e, 3e, par insufflation;

« La 4e, au moyen du pinceau;

« Les 5e, 6e, 7e, par insufflation et enfin

« Les 8e et 9e, au moyen du pinceau. »

Une autre formule de la couverte *Long-tusen* ou *Tong-tsing* m'a été donnée par *Teng*. Voici la composition qu'il emploie :

Leao (manganèse cobaltifère).	1 partie.
Tzé-Kin-Ché (argile ferrugineuse).	1,5 —
Lait de *Yeou-Ko*	8 —
Lait de *Hoei-Yeou*.	2 —

« Cette autre formule donne un vert légèrement bleuâtre et dont la teinte varie avec la proportion de l'élément ferrugineux employé. »

Ces notes indiquent bien les matières qui entrent dans la composition des céladons, mais elles n'en fixent pas les proportions, la teneur en produits fixes des laits n'ayant pas été déterminée.

Scherzer insiste avec raison sur la façon dont les Chinois revêtent leurs pièces de couvertes colorées; pour être sûrs d'avoir une nuance unie, ils multiplient le nombre des couches sans doute fort minces chacune, pour arriver ainsi sûrement à une assez forte épaisseur de couverte très régulièrement répartie. Je crois même que ce procédé est le seul qui permette d'obtenir après cuisson un fond bien égal de ton dans toutes les parties d'un vase.

Si la composition et le mode d'emploi des céladons sont très utiles à connaître, il est un autre point encore plus important à savoir pour développer au feu cette couleur qu'on réussit si peu en Europe, c'est le mode de cuisson; je me suis assuré, par des expériences répétées, que le céladon envoyé de Chine devient jaune ocre clair en atmosphère oxydante et qu'il ne prend son beau ton

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vert bleuâtre que lorsque l'atmosphère du four reste fortement réductrice, au moins jusqu'au moment où la couverte entre en fusion.

On peut en conclure que l'atmosphère des fours chinois, puisqu'ils fabriquent couramment des vases céladons, reste réductrice au moins jusqu'au point où la couverte glace, suivant l'expression technique.

Parmi les matières qui composent le premier céladon dont la composition nous est donnée, une seule reste à étudier, c'est l'argile ferrugineuse, *Tzé-Kin-Ché*.

Ebelmen et Salvetat, faute de matière, n'avaient pu que faire des suppositions sur la nature du *Tzé-Kin-Ché* dont parlait le Père d'Entrecolles; néanmoins ils avaient très justement conclu que cette matière devait être une terre ocreuse; l'analyse du *Tzé-Kin-Ché* de l'envoi Scherzer ne laisse subsister aucun doute à ce sujet.

Ce *Tzé-Kin-Ché* se présente sous la forme d'une matière d'un rouge orangé clair, dur au toucher, peu plastique, qui ne fait pas effervescence par l'action de l'acide chlorhydrique. L'acide sulfurique chaud dissout 45,7 p. 100 de cette substance ocreuse, le résidu insoluble est surtout formé de quartz. Son analyse conduit aux résultats suivants :

Tsé-Kin-Ché.	Attaque par SO^4H^2.		Total.
	Soluble.	Insoluble.	
Silice	15,95	54,05	70,00
Alumine	13,34	0,13	13,47
Oxyde de fer	8,52	»	8,52
Acide titanique	0,73	»	0,73
Mn^3O^4	0,23	»	0,23
Chaux	»	»	»
Magnésie	0,20	0,23	0,43
Potasse	1,54	0,04	1,58
Soude	0,36	0,26	0,62
Eau combinée (perte au rouge)	4,79	»	4,79
	45,66	54,71	100,37

La couverte céladon telle que nous l'avons reçue de Chine était en suspension dans l'eau; il y avait 52,8 d'eau pour 47,2 de matière solide.

Cette proportion d'eau par rapport à la matière fixe est à peu près celle qu'on prend à Sèvres pour les couvertes destinées à émailler les pièces dégourdies par trempage. Il est à remarquer que les couvertes chinoises sont en général plus plastiques que les nôtres parce qu'en Chine elles sont employées sur la porcelaine crue et non sur la porcelaine dégourdie comme cela se pratique généralement en Europe.

Si on évapore l'eau qui tient en suspension la couverte céladon, il reste une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

poudre gris clair qui, par l'action des acides, laisse dégager de l'acide carbonique; après attaque par HFl et SO^4H^2 cette matière laisse un léger résidu noir, floconneux, composé surtout de débris organiques provenant très probablement des combustibles employés à la calcination du *Hoei-Yéou;* la liqueur séparée par filtration de ce léger résidu ne donne par H^2S qu'un précipité de soufre; par le sulfhydrate d'ammoniaque, on ne constate que la présence du fer et de traces de manganèse; on ne trouve ni chrome ni acide phosphorique, mais des quantités notables d'alumine; la liqueur filtrée après le traitement par le sulfhydrate d'ammoniaque contient de la chaux, une petite quantité de magnésie et des alcalis.

D'après ces résultats, la coloration de ce céladon ne peut provenir que de l'oxyde de fer qui ne communique à la couverte sa couleur verdâtre caractéristique qu'à la condition d'être maintenu dans la masse fondue à l'état de protoxyde par une cuisson réductrice.

Dans l'analyse quantitative, pour se débarrasser de la majeure partie de la chaux, on traite d'abord la matière par l'acide chlorhydrique faible de façon à ne rendre la liqueur que légèrement acide; le résidu de cette première attaque est ensuite mis à digérer avec de l'acide sulfurique chaud, une certaine portion entre en dissolution et il se sépare une certaine quantité de silice soluble qu'on enlève par le carbonate de soude; le résidu qui reste après ces traitements est soumis à l'action de l'acide fluorhydrique. La silice totale est dosée dans une portion spéciale après fusion avec du carbonate de soude.

On trouve ainsi dans ce céladon :

		Attaque par SO^4H^2.		
	Soluble dans HCl.	Soluble.	Insoluble.	Total.
CO^2	5,22	»	»	5,22
SiO^2	0,19	14,80	49,78	64,77
TiO^2	»	»	»	traces
Al^2O^3	0,20	11,19	2,28	13,67
Fe^2O^3	»	1,40	»	1,40
CaO	7,32	0,18	»	7,50
MgO	traces	0,21	»	0,21
K^2O	Id.	2,65	0,30	2,95
Na^2O	Id.	0,25	1,73	1,98
Perte au rouge (H^2O + C).	»	1,88	»	1,88
Eau hygrométrique	0,67	»	»	0,67
	13,60	32,66	54,09	100,35

On peut déduire par calcul de ces résultats, qu'approximativement la couverte céladon est composée de :

Hoei-Yéou	13,6
Argile ferrugineuse	15,0
Yéou-Ko	71,4

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Avant de quitter ce sujet, je crois utile, de rappeler l'analyse qui a été faite en 1885 à la manufacture royale de Charlottenburg (1) sur des fragments de couverte enlevée mécaniquement d'un vase chinois de fabrication ancienne, ainsi que celle faite par Ebelmen et Salvétat; je ramène les résultats de mon analyse à ce qu'ils deviendraient après cuisson de la couverte pour les rendre comparables aux autres qui ont été faites sur des couvertes fondues :

	Charlottenburg.	Envoi Scherzer.	Ebelmen et Salvétat.
SiO^2	64,98	70,2	72,00
TiO^2	1,39	traces	»
Al^2O^3	14,33	14,8	6,00
Fe^2O^3	1,39	1,5	2,50
CaO	10,09	8,1	10,40
MgO	1,55	0,2	»
K^2O	5,61	3,2	9,10
Na^2O	0,81	2,1	
Mn^3O^4	traces	»	»
	100,15	100,1	100,00

Il ressort nettement de ces analyses que c'est bien à la présence d'une faible quantité d'oxyde de fer que les céladons doivent leur couleur, puisqu'ils ne contiennent aucun autre oxyde colorant.

L'auteur allemand exprime son analyse du céladon ancien par la formule :

$$\left.\begin{matrix} 3{,}725\ SiO^2 \\ 0{,}594\ TiO^2 \end{matrix}\right\} \left\{\begin{matrix} 0{,}448\ Al^2O^3 \\ 0{,}027\ Fe^2O^3 \end{matrix}\right\} \left\{\begin{matrix} 0{,}617\ CaO \\ 0{,}133\ MgO \end{matrix}\right\} 0{,}75 \qquad \left\{\begin{matrix} 0{,}206\ K^2O \\ 0{,}044\ Na^2O \end{matrix}\right\} 0{,}25$$

Exprimée de même, l'analyse du céladon de l'envoi Scherzer conduit à :

$$5{,}32\ SiO^2 \left\{\begin{matrix} 0{,}662\ Al^2O^3 \\ 0{,}042\ Fe^2O^3 \end{matrix}\right\} \left\{\begin{matrix} 0{,}662\ CaO \\ 0{,}026\ MgO \end{matrix}\right\} 0{,}688 \qquad \left\{\begin{matrix} 0{,}154\ K^2O \\ 0{,}158\ Na^2O \end{matrix}\right\} 0{,}312$$

Sans être identiques, on voit que ces deux couvertes ont une grande analogie.

Dans son mémoire, Scherzer parle d'un autre céladon dans lequel il entrerait du manganèse cobaltifère (*Léao*), mais l'échantillon de cette couverte ne nous est pas parvenu.

Couverte laque ou bronze — *Tzé-Kin* ou *Kou-tong*. — Cette couverte, d'un ton vert olivâtre foncé plus ou moins doré, se rattache directement au céladon ; elle est composée des mêmes matières, le dosage seul varie, l'argile ferrugineuse y entre en plus forte proportion.

(1) Lung-Chuan Yao, der Seladon-Porzellan, par A. B. Meyer, Berlin, p. 8.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« D'après *Lin*, écrit Scherzer, la composition de cette couverte serait :

Lait d'argile ocreuse (*Tzé-Kin-Ché*)	40
Lait de *Yéou-Ko*	20
Lait de *Hoei-Yéou*	40
	100

« Cette couverte est appliquée sur cru à 9 reprises différentes comme dans la fabrication des couvertes céladon. »

D'après ces renseignements, la couverte *laque* devrait être plus ferrugineuse et plus alumineuse que le céladon; l'analyse de cette couverte crue que nous avons reçue en suspension dans l'eau, montre qu'il en est bien ainsi, on y trouve en effet :

SiO^2	60,89
TiO^2	0,33
Al^2O^3	15,23
Fe^2O^3	3,43
Mn^3O^4	traces
CaO	6,72
MgO	0,45
K^2O	2,87
Na^2O	1,40
CO^2	5,00
Perte au rouge ($H^2O + C$)	3,35
Eau hygroscopique	0,66
	100,33

On peut supposer que les 3,43 p. 100 d'oxyde de fer sont amenés dans cette couverte par 40 p. 100 en poids d'argile ferrugineuse sèche, que les 6,72 de chaux sont fournis par l'*Hoei-yéou;* mais aucun des *Yéou-Ko*, que nous avons étudiés, ne renferme suffisamment d'alumine pour permettre d'atteindre les 15 p. 100 de cet oxyde trouvé par l'analyse; il faut donc nécessairement que la troisième matière qui entre dans la couverte *laque* soit un *Yéou-Ko* additionné de kaolin ou de *hoa-ché*, ou bien encore que le *Tzé-Kin-Ché* employé à sa préparation ait été plus riche en alumine que celui qui a été soumis à l'analyse.

La formule chimique, déduite des nombres indiqués ci-dessus, en comprenant le fer parmi les sesquioxydes, bien que le feu réducteur, que subit nécessairement cette couverte pour prendre son ton vert-bronze, doive en ramener la majeure partie à l'état de protoxyde, est :

$$\left.\begin{matrix} 5{,}52\ SiO^2 \\ 0{,}02\ TiO^2 \end{matrix}\right\} \left.\begin{matrix} 0{,}81\ Al^2O^3 \\ 0{,}11\ Fe^2O^3 \end{matrix}\right\} \left.\begin{matrix} 0{,}651\ CaO \\ 0{,}061\ MgO \end{matrix}\right\} 0{,}712 \qquad \left.\begin{matrix} 0{,}123\ Na^2O \\ 0{,}175\ K^2O \end{matrix}\right\} 0{,}298$$

$$1{,}000$$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Si on compare cette formule à celle du céladon, on voit bien que, comme l'indique son mode de préparation donné par Scherzer, la couverte laque-bronze est simplement une couverte céladon plus riche en oxydes de fer et d'aluminium.

Couverte bleue. Tsi-tsing. — Cette couverte, comme les précédentes, nous a été envoyée prête à être employée, c'est-à-dire, en suspension dans l'eau ; elle contenait 35 p. 100 de matière fixe pour 75 d'eau.

Cette couverte est, relativement à celles d'Europe, d'une grande plasticité, ce qui permet son application sur des pièces en pâte crue, comme le font constamment les Orientaux qui semblent ignorer complètement l'opération du dégourdi, qui consiste à donner aux pièces à émailler la consistance nécessaire pour pouvoir les immerger dans un bain de couverte par une première cuisson incomplète.

« La couverte bleu clair, nous dit Scherzer, est formée d'après *Lin*, de :

Leao (manganèse cobaltifère).	33,33
Lait de *Yeou-Ko*.	33,33
Lait de *Hoei-Yeou*.	33,33

« Le Leao est porphyrisé et forme avec de l'eau pure une bouillie liquide, Cette couverte est appliquée sur le cru à neuf reprises différentes comme dans les cas précédents. »

La matière cobaltifère, désignée ici sous le nom de *Leao*, nous était déjà connue, Ebelmen et Salvétat avaient étudié une substance très analogue dénommée *Thsing-hoa-leao ;* leur analyse se rapproche assez de la mienne, sauf pour l'alumine, le *leao* de l'envoi Scherzer est notablement plus alumineux, mais sa teneur en cobalt reste presque identique à celle trouvée par Ebelmen et Salvétat.

Le *leao* brut se présente sous forme de petits rognons plus ou moins lenticulaires, noirs tachetés de rouge, terreux, se rompant sous la pression des doigts, ces propriétés et la composition chimique semblent permettre de considérer le *leao* comme un mélange de la variété de Wad cobaltifère, nommée Asbolane, avec de la silice et de l'alumine.

Le *leao* ne contient aucune matière soluble dans l'eau ; il est fortement attaqué avec dégagement de chlore par l'acide chlorhydrique chaud ; il l'est encore plus profondément par l'acide sulfurique ; le résidu de cette attaque est surtout composé de silice ; la liqueur acide filtrée renferme une très petite quantité de métaux précipitables par H^2S parmi lesquels on reconnaît le plomb et le cuivre ; dans la liqueur séparée du précipité formé par H^2S, on constate la présence du manganèse, du cobalt, du fer et de l'alumine ; on n'a pas pu y déceler le nickel ; en plus

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de ces matières on trouve encore dans le *leao* de petites quantités de chaux, de magnésie, de potasse et de soude; il n'y a ni soufre, ni arsenic.

L'analyse quantitative donne pour le *leao* :

SiO^2	26,96
PbO	0,06
CuO	1,00
Fe^2O^3	2,42
Al^2O^3	36,05
MnO	24,61
CoO	5,30
K^2O	0,08
Na^2O	0,34
Oxygène	3,12
Résidu inattaqué	0,65
	100,59

L'oxygène, qui figure ci-dessus, est déduit de la quantité du chlore qui se dégage, quand on attaque le *leao* par l'acide chlorhydrique, il provient des oxydes supérieurs du manganèse et du cobalt qui sont comptés dans les résultats comme protoxydes.

La couverte bleue préparée avec ce *leao* contient :

SiO^2	63,71
Al^2O^3	13,02
Fe^2O^3	0,88
Mn^3O^4	1,82
CoO	0,42
CaO	6,50
MgO	traces
CuO	Id.
K^2O	2,94
Na^2O	2,31
CO^2	5,31
H^2O (perte au rouge)	2,08
Eau hygroscopique	0,38
	99,37

La quantité d'oxyde de cobalt trouvée est si minime par rapport aux 14 p. 100 que contient le bleu de Sèvres par exemple, qu'on serait tenté de croire à une erreur de dosage, il n'en est rien; en effet, si on reconstitue, d'après les résultats de l'analyse, une couverte avec 0,45 d'oxyde de cobalt et qu'on l'applique sur les vases à la même épaisseur que le font les Chinois, on obtient, après cuisson, la même intensité de bleu qu'on trouve sur leurs pièces.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ce bleu a un tout autre ton que ceux d'Europe, il est plus verdâtre; cela est dû à ce qu'il renferme, comparativement à l'oxyde de cobalt, une notable quantité d'oxydes de fer et de manganèse qui, cuits en atmosphère réductrice comme le font toujours les Chinois, communiquent à la couverte une nuance verte (céladon) qui détruit le violet propre aux verres colorés par l'oxyde de cobalt pur.

Pour composer la couverte *Tsi-tsing* en se servant du *Leao*, du *Hoei-Yéou* et du *Yéou-Ko* que nous avons analysés, il faudrait prendre environ en poids :

Leao	8
Hoei-Yeou.	12,5
Yeou-Ko.	79,5
	100,0

Les Chinois indiquent qu'ils emploient volumes égaux de lait de chacune de ces matières; si leur renseignement est exact, ces laits doivent avoir des densités très diverses.

La formule stœchiométrique déduite de l'analyse de cette couverte *Tsi-Tsing*, est très voisine des précédentes, elle est :

$$5{,}331\ SiO^2 \left\{ \begin{matrix} 0{,}690\ Al^2O^3 \\ 0{,}027\ Fe^2O^3 \end{matrix} \right\} \left\{ \begin{matrix} 0{,}041\ Mn^3O^4 \\ 0{,}028\ CoO \\ 0{,}588\ CaO \\ 0{,}157\ K^2O \\ 0{,}186\ Na^2O \end{matrix} \right.$$

1,000

Couverte noire, Ou-Kin. — Les Chinois tirent d'une argile ferrugineuse leurs couvertes céladon et vert-bronze; du manganèse cobaltifère, leur bleu; par le mélange de ces deux matières, ils obtiennent leur couverte noire.

« La couverte noire, *Ou-Kin*, dit Scherzer, est composée, d'après *Lin*, de :

Leao	33,33
Lait d'argile ferrugineuse (*tzé-kin-ché*).	33,33
Lait de *Hoei-Yéou*	33,33

« Cette couverte est appliquée sur le cru de la même manière que la couverte *tsi-tsing*, c'est-à-dire que neuf couches sont données successivement : les 1re, 2e, 3e, par insufflation, la 4e au moyen du pinceau, les 5e, 6e, 7e par insufflation et enfin les 8e et 9e au moyen du pinceau. »

D'après ces renseignements, la couverte noire doit avoir une composition bien différente des précédentes, puisqu'elle ne renferme pas de *Yéou-Ko*, de ce fait elle doit être pauvre en alcalis; c'est ce que l'analyse confirme. On trouve dans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

547 + 679.

Bardy (Ch.). **Cellulose.**

1900. Rapport fait au nom du *Comité des Arts économiques*, sur la *Viscose* et le *Viscoïde*.

Paris, *Bulletin de la Société d'Encouragement* pour l'Industrie nationale, mars 1900, t. V, 5e série, n° 3, p. 321-335.

673.

Livache (Ach.). **Cuir factice.**

1900. Rapport présenté au nom du *Comité des Arts chimiques* sur le *Fibroleum*.

Paris, *Bulletin de la Société d'Encouragement* pour l'Industrie nationale, mars 1900, t. V, 5e série, n° 3, p. 336-340.

698.

Livache (Ach.). **Enduits.**

1900. Rapport présenté au nom du *Comité des Arts chimiques* sur les enduits métalliques et les peintures vernissées de *M. Delbeke*.

Paris, *Bulletin de la Société d'Encouragement* pour l'Industrie nationale, mars 1900, t. V, 5e série, n° 3, p. 341-343.

677.

Simon (Édouard). **Textiles.**

1900. Rapport présenté au nom du *Comité des Arts mécaniques* sur l'ouvrage intitulé : « Essai des matières textiles », par *M. J. Persoz*, directeur de la Condition des soies et laines de Paris.

Paris, *Bulletin de la Société d'Encouragement* pour l'Industrie nationale, mars 1900, t. V, 5e série, n° 3, p. 344-347.

62.38.

Chasseloup-Laubat (de). **Marine.**

1900. Les marines de guerre modernes, par *M. de Chasseloup-Laubat*. (Conférence faite à la séance du 27 janvier 1899, à suivre.)

Paris, *Bulletin de la Société d'Encouragement* pour l'Industrie nationale, mars 1900, t. V, 5e série, n° 3, p. 348-361.

338.4.

Levasseur (E.). **Industrie.**

1900. Comparaison du travail à la main et du travail à la machine, par *M. E. Levasseur*, membre du Conseil. (Conférence faite à la séance du 22 décembre 1899, fin.)

Paris, *Bulletin de la Société d'Encouragement* pour l'Industrie nationale, mars 1900, t. V, 5e série, n° 3, p. 362-412.

63 (44.22).

Guénaux. **Agriculture.**

1900. La Plaine de Caen, par *M. Guénaux*. (Suite, *Bulletin* de février, p. 195.)

Paris, *Bulletin de la Société d'Encouragement* pour l'Industrie nationale, mars 1900, t. V, 5e série, n° 3, p. 413-436, 4 fig., 1 plan.

661.1.

Lindet (L.). **Sucrerie.**

1900. Sur quelques gravures relatives aux origines de la fabrication du sucre de betteraves, par *M. L. Lindet*, membre du Conseil.

Paris, *Bulletin de la Société d'Encouragement* pour l'Industrie nationale, mars 1900, t. V, 5e série, n° 3, p. 437-443, 2 gravures.

6691.

Le Chatelier (C.). **Métallurgie.**

1900. NOTES DE MÉCANIQUE. — Développement de l'industrie du fil laminé aux États-Unis, par *M. Baackes*. (Extrait de *Stahl und Eisen* du 15 janvier 1900.)

Paris, *Bulletin de la Société d'Encouragement* pour l'Industrie nationale, mars 1900, t. V, 5e série, n° 3, p. 444-462, 23 fig.

6698.

Richard (Gustave). **Métallurgie.**

1900. NOTES DE MÉCANIQUE. — Chargeur électrique *Wellman* pour four Martin. (Voir *Bulletin* de décembre 1896, p. 1666, et *Éclairage électrique*, 15 mars 1897, p. 349.)

Paris, *Bulletin de la Société d'Encouragement* pour l'Industrie nationale, mars 1900, t. V, 5e série, n° 3, p. 463-465, 3 fig.

672.

Richard (Gustave). **Fonderie.**

1900. NOTES DE MÉCANIQUE. — Machines à mouler de *Knuttel*.

Paris, *Bulletin de la Société d'Encouragement* pour l'Industrie nationale, mars 1900, t. V, 5e série, n° 3, p. 465-468, 17 fig.

6691.

Richard (Gustave). **Métallurgie.**

1900. NOTES DE MÉCANIQUE. — Fabrication des tubes d'acier nervurés sans soudure. (Extrait de l'*Engineering News* du 1er mars, p. 142.)

Paris, *Bulletin de la Société d'Encouragement* pour l'Industrie nationale, mars 1900, t. V, 5e série, n° 3, p. 468-469, 6 fig.

533.6.

Richard (Gustave). **Aérostation.**

1900. NOTES DE MÉCANIQUE. — Expériences exécutées sur des hélices aériennes de $9^m,14$ de diamètre, par *MM. P. Alexandre* et *W. G. Walker*. (Extrait de *Engineering*, du 16 février, p. 233.)

Paris, *Bulletin de la Société d'Encouragement* pour l'Industrie nationale, mars 1900, t. V, 5e série, n° 3, p. 470-475, 18 fig.

621.17.

Richard (Gustave). **Machines à vapeur.**

1900. NOTES DE MÉCANIQUE. — Perfectionnement aux turbines à vapeur *Parsons*.

Paris, *Bulletin de la Société d'Encouragement* pour l'Industrie nationale, mars 1900, t. V, 5e série, n° 3, p. 475-476, 3 fig.

621.5.

Richard (Gustave). **Air comprimé.**

1900. NOTES DE MÉCANIQUE. — Les outils pneumatiques portatifs, d'après *M. E. C. Amos*. (Extrait de *Institution of Mechanical Engineers*. London, février 1900. Voir aussi : *Bulletin*, avril 1897, p. 544. Appareils de Rinsch. Hartham et Moore, *Revue de mécanique*, février 1898, p. 222. Parfitt, *Revue de mécanique*, juillet 1898, p. 109. Ross et Hotten, *Revue de mécanique*, février 1899, p. 212.)

Paris, *Bulletin de la Société d'Encouragement* pour l'Industrie nationale, mars 1900, t. V, 5e série, n° 3, p. 476-486, 36 fig.

621 (07).

(C. P. C.) **Mécanique.**

1900. NOTES DE MÉCANIQUE. — Laboratoire de mécanique de l'École royale technique de Hanovre, d'après *M. F. Frese*. (Extrait de *Vereines Deutscher Ingenieure* des 17 et 24 février 1900.)

Paris, *Bulletin de la Société d'Encouragement* pour l'Industrie nationale, mars 1900, t. V, 5e série, n° 3, p. 487-496, 28 fig.

6238.

Rateau. **Hélices.**

1900. NOTES DE MÉCANIQUE. — Théorie des hélices propulsives, par *M. Rateau*. (Extrait des *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, des 19 février et 12 mars 1900.)

Paris, *Bulletin de la Société d'Encouragement*, pour l'Industrie nationale, mars 1900, t. V, 5e série, n° 3, p. 497-500, 2 fig.

621.43.

Marchis (L.). **Moteurs à gaz.**

1900. NOTES DE MÉCANIQUE. — Sur les moteurs à gaz à explosion. Note de *M. L. Marchis*. (Extrait des *Comptes rendus de l'Académie des Sciences* du 12 mars 1900.)

Paris, *Bulletin de la Société d'Encouragement* pour l'Industrie nationale, mars 1900, t. V, 5e série, n° 3, p. 500-503, 1 fig.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ce noir en l'attaquant successivement par l'acide chlorhydrique, l'acide sulfurique, ensuite par l'acide fluorhydrique et par le carbonate de soude en fusion :

	Partie attaquée par HCl.	Attaquée par SO^4H^2.	Attaquée par HFl.	Total.
SiO^2	0,92	10,24	43,66	54,82
CuO-PbO	0,07	»	»	0,07
Fe^2O^3	7,63	0,48	»	8,11
Al^2O^3	1,65	6,76	1,66	10,07
TiO^2	traces	»	»	»
MnO	2,70	»	»	2,70
CoO	0,38	»	»	0,38
CaO	9,44	»	»	9,44
MgO	0,09	»	»	0,09
K^2O	0,20	1,38	0,14	1,72
Na^2O	0,33	0,25	0,62	1,20
CO^2	8,03	»	»	8,03
$(H^2O + C)$ au rouge	»	2,79	»	2,79
Eau hygroscopique	0,83	»	»	0,83
	32,27	21,90	46,08	100,25

La partie soluble dans l'acide chlorhydrique est composée d'après ces résultats de :

Craie ou *Hoei-Yéou*	18,92
Minerai de cobalt (*Leao*)	5,93
Oxyde de fer	7,63

Cet oxyde de fer doit être apporté par le *tzé-kin-ché;* le surplus de cette couverte est formé de quartz mélangé d'une petite quantité de feldspath, environ :

8,25 de feldspath	8,25
37,83 de quartz	37,83
46,08	46,08

Cette couverte, qui est d'un beau noir à transparence brune après cuisson, présente une plus grande fusibilité que celles que nous avons étudiées jusqu'ici.

Si on groupe comme précédemment les éléments du *Ou-Kin*, on est amené à lui donner la formule :

$$3{,}616\ SiO^2 \left\{ \begin{array}{l} 0{,}392\ Al^2O^3 \\ 0{,}200\ Fe^2O^3 \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{ll} CaO & 0{,}671 \\ MgO & 0{,}008 \\ MnO & 0{,}151 \\ CoO & 0{,}020 \\ K^2O & 0{,}073 \\ Na^2O & 0{,}077 \\ & 1{,}000 \end{array} \right.$$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cette formule s'éloigne notablement de celles des couvertes précédentes.

Après avoir donné les compositions de ces diverses couvertes, Scherzer ajoute les observations suivantes sur la façon de les cuire :

« Les vases munis des couvertes susnommées sont placés dans des cazettes et cuits dans la partie médiane du laboratoire du four à porcelaine.

« Ces couvertes correspondraient aux couvertes de grand feu de la fabrication européenne. Mais il ne faut pas oublier que ces couvertes sont relativement beaucoup plus fusibles que les couvertes employées en Europe, que la température de grand feu du four à porcelaine chinois est beaucoup moins élevée que celle du grand feu de Sèvres, et enfin que la durée totale de la cuisson ne dépasse pas trente-six heures. »

Pour permettre de comprendre la note qui précède, je crois utile de placer ici la description du four chinois, dont le dessin a été établi d'après le croquis coté qu'en a rapporté Scherzer, et de la faire précéder de quelques observations générales sur les porcelaines.

La température de cuisson des porcelaines en Chine est certainement inférieure à celle généralement employée en Europe, mais l'écart qui existe n'est pas aussi grand que Scherzer semble vouloir le dire ; en effet, si les porcelaines en France cuisent à 1 370°, suivant les déterminations que M. Le Chatelier a faites à l'aide de son pyromètre électrique, on peut, d'après mes expériences de cuisson des pâtes chinoises envoyées crues à Sèvres, admettre qu'elles cuisent entre 1 280° et 1 300°. La différence de température de cuisson est donc entre les porcelaines chinoise et européenne de moins de 100°, mais on sait, d'après les travaux récents de M. Coupeau, ingénieur civil des mines (1), que cet écart de 100° dans la cuisson est largement suffisant pour changer très fortement les qualités des porcelaines. On peut même dire que les propriétés spéciales des porcelaines orientales, comme celle entre autres de pouvoir être décorées d'émaux en relief, sont dues presque uniquement à ce qu'elles sont cuites à une température inférieure à celle employée en Europe ; rien, en effet, dans la composition chimique de la pâte chinoise ne la distingue des pâtes de la plupart des fabriques européennes.

Il est très probable que les trente-six heures que Scherzer indique, à propos de la durée de cuisson de la porcelaine en Chine, doivent s'appliquer à l'ensemble des différentes phases par lesquelles passe une cuisson, c'est-à-dire le petit feu, période où la combustion est lente, et le grand feu, où elle est en pleine activité.

Cette manière d'interpréter le texte de Scherzer est conforme aux renseignements qu'on trouve dans le livre chinois intitulé : *Notions générales sur la fabri-*

(1) Coupeau, *Bulletin de la Société d'Encouragement*, t. III, 3e série, p. 1272.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vation de la porcelaine, traduit par Stanislas Julien (1); on y trouve que les cuiseurs sont divisés en ceux qui cuisent *doucement*, ceux qui cuisent *fortement* et ceux qui cuisent *amplement*, c'est-à-dire en répandant la chaleur dans toutes les parties du four. Ce renseignement est du reste confirmé par le Père d'Entrecolles (2), qui dit : « On chauffe le fourneau pendant un jour et une nuit; ensuite deux hommes, qui se relèvent, ne cessent d'y jeter du bois. »

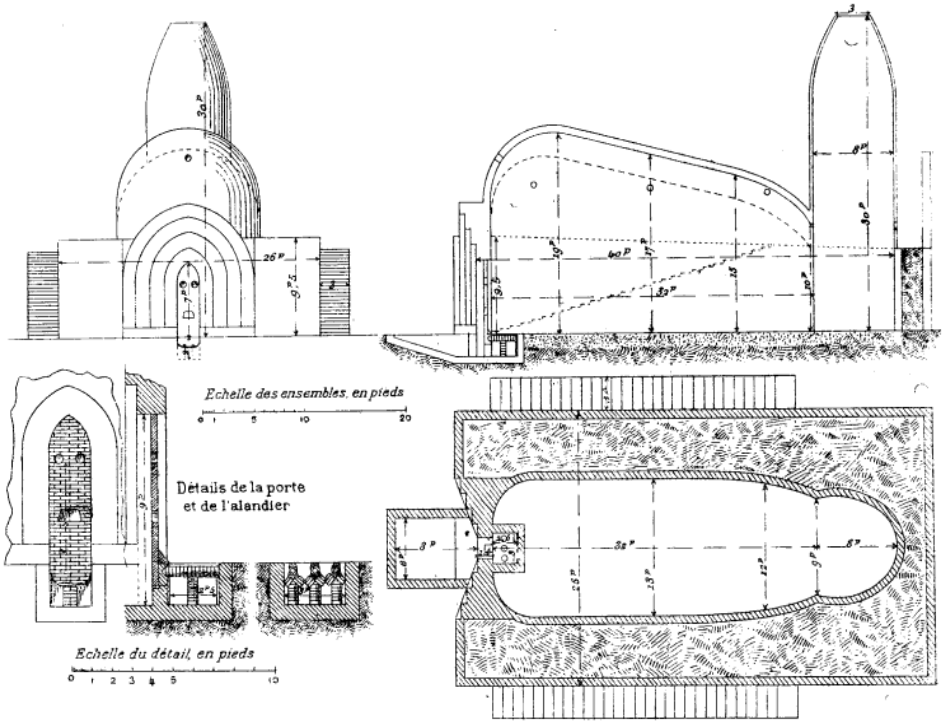


Fig. 1. — Plan, coupe et élévation d'un four à porcelaine chinois, d'après le relevé de M. Scherzer du four de la famille Yuen à King-te-Tchen.

On ne peut néanmoins s'empêcher de trouver que le temps de trente-six heures de cuisson est excessivement court pour porter à 1 280°-1 300°, avec un seul alandier de $0^{m2},70$, un espace cubant près de 200 mètres cubes, surface et volume mesurés d'après le relevé fait par Scherzer d'un four de *King-te-tchen*, quand on se rappelle qu'à Limoges, par exemple, on met soixante heures environ pour cuire un four cubant 100 mètres cubes.

Le dessin ci-contre d'un four a été exécuté d'après le croquis coté, relevé

(1) Stanislas Julien, *Histoire et Fabrication de la Porcelaine chinoise*, p. 265 et aussi 184.
(2) *Id., ibid.*, p. 169.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sur place, par notre regretté compatriote. Comme on le voit, ce four est du genre du four couché à axe horizontal, il est analogue à ceux encore employés dans quelques fabriques de grès d'Europe.

Il présente la forme d'un parallélépipède rectangle recouvert par un quart de sphère près de la porte, et d'un demi-cône dont le sommet se trouve tourné vers la cheminée.

Les cotes sont données en pieds chinois; d'après la mesure que j'ai prise sur une de ces mesures rapportée de Chine, le pied chinois de *King-te-tchen* a environ $0^m,34$, ce qui le rapproche de très près de notre ancien pied.

Le four a 32 pieds ($10^m,88$) depuis la porte jusqu'au bas de la cheminée, celle-ci a 8 pieds de diamètre à la base, 3 pieds à la partie supérieure et 30 pieds de hauteur; la largeur moyenne du four est de 13 pieds ($4^m,42$), sa plus grande hauteur est de 19 pieds ($6^m,46$) (1).

Cette hauteur me semble exagérée, et je suis enclin à croire qu'il y a eu, dans le relevé des cotes de hauteur à l'intérieur du four, une erreur générale d'une valeur égale à la profondeur de l'alandier qui est de 2 pieds; le trait ponctué porté sur le dessin indique ce que, dans cette hypothèse, deviendrait la courbe formée par le haut du four; les retombées des voûtes se trouveraient ainsi ramenées exactement au niveau du terrassement qui environne le four; ce qui serait très favorable à la stabilité de toute la construction.

Le massif de terre, qui enveloppe le four sur trois faces jusqu'à la naissance de la voûte, est soutenu par des murs épais; deux escaliers placés à droite et à gauche conduisent à sa partie supérieure et permettent aux cuiseurs d'accéder aux ouvertures circulaires pratiquées le long des flancs de la voûte.

Ces orifices doivent jouer un rôle important dans la conduite des cuissons; ils ne doivent pas uniquement servir de regards (ou trous de montres), ils doivent, à mon avis, permettre en plus de déplacer à la volonté du cuiseur le point où la combustion est le plus intense, et aussi de changer la nature de l'atmosphère du four, en les tenant ouverts ou fermés; malheureusement nous n'avons sur ce sujet aucun renseignement précis.

Le foyer ou alandier placé à l'intérieur du four, au bas de la porte, a 2,5 pieds de long sur 3 pieds de large et 2 pieds de profondeur. Quand la porte est murée, le foyer se trouve totalement à l'intérieur du four, condition excellente pour utiliser toute la chaleur fournie par la combustion. La grille sur laquelle repose le combustible est construite d'une façon simple et originale; elle se compose de cazettes emboîtées les unes dans les autres et placées en

(1) Les anciens fours chinois avaient, d'après la traduction de Stanislas Julien, p. 66, 10 pieds de hauteur et de largeur et 20 pieds de longueur. On voit, d'après cela, que les dimensions des fours à porcelaine ont beaucoup augmenté en Chine, ce qui du reste a aussi eu lieu pour les fours européens depuis environ cinquante ans.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rouleaux mis les uns verticalement et les autres horizontalement, et calés entre eux à distance par d'autres inclinées à 45°.

La porte, que l'on ferme lors que le feu est allumé, est faite de briques posées sur un massif central fixe et sur deux crochets de fer mobiles, arc-boutés contre les parois ; de sorte que, pour ouvrir le four après la cuisson, il suffit d'un simple coup de ringard sur chacun de ces crochets pour faire tomber toute la briqueterie qui forme la fermeture.

A 4 pieds au-dessus du cendrier, c'est-à-dire à hauteur d'homme, se trouve ménagé dans la porte un orifice servant à introduire le combustible, consistant en bûchettes de bois de pin longues de 1 pied envron ; deux cuiseurs, pendant la période du grand feu, jettent, sans discontinuer, de ces bûches par cet orifice nommé la bouche du four. Plus haut, dans la porte, sont deux orifices, les yeux du four suivant l'expression chinoise, analogues à ceux placés sur le sommet de la voûte, et qui doivent comme eux servir à conduire le feu ou à prendre des échantillons pour suivre les progrès de la cuisson.

La sole est formée par un lit de gravier quartzeux de 1 pied environ d'épaisseur ; c'est sur cette aire que l'on pose les piles de cazettes renfermant les pièces à cuire.

La température et la nature de l'atmosphère d'un four, construit comme celui dont nous donnons la description, doit forcément présenter d'assez grandes différences entre les parties situées près de l'alandier et celles voisines de la cheminée ; les porcelainiers chinois n'ignorent pas ces différences et savent en tirer parti.

Voici du reste ce qui est écrit à ce sujet dans les *Annales de Feou-Leang*, traduites par Stanislas Julien (1) :

« Quand la fabrication des vases crus est terminée, on les met dans les cazettes et on les porte aux ouvriers du four. Pour les enfourner, on empile les cazettes et on les range d'une manière régulière, en laissant entre les colonnes des interstices pour que la flamme pénètre librement partout.

« Le feu du four se distingue de trois manières : le feu antérieur, le feu central, le feu postérieur.

« Le feu antérieur est très ardent ; le feu central est modéré ; le feu postérieur est faible.

« Toutes les fois qu'on enfourne des vases crus, on donne à chaque espèce de porcelaine une place dans le four calculée d'après la mollesse ou la dureté de l'émail. »

D'après l'étude que j'ai faite des couvertes chinoises, il est probable que près du foyer doivent être placées, en première ligne les couvertes craquelées

(1) Stanislas Julien, *loc. cit.*, p. 166.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

peu fusibles et qui ont besoin d'un excès de feu pour se bien truiter; puis les vases céladons et rouges, parce qu'ils se développent dans l'atmosphère réductrice qu'on rencontre surtout près du foyer; ensuite viennent les vases à couverte incolore ordinaire et à couverte bleue, et enfin les vases noirs, dont la couverte est très fusible.

Il se peut que les turquoises, ainsi que les émaux dits de demi-grand feu, qui exigent pour leur bonne venue une atmosphère oxydante, soient placés près de la cheminée, car cette atmosphère peut facilement être obtenue en ce point par des rentrées d'air habilement ménagées à l'aide des derniers orifices placés près du sommet de la voûte.

S'il en est ainsi, les cuiseurs chinois se serviraient de leur four avec la même dextérité qu'un essayeur au chalumeau qui, dans une flamme, sait trouver place chaude ou froide, oxydante ou réductrice selon le résultat qu'il veut obtenir.

Cette digression sur le four chinois terminée, revenons à l'étude des couvertes, dont deux des plus importantes, le craquelé et le rouge de cuivre, nous restent à examiner.

Craquelés. — Jusqu'ici aucune couverte craquelée crue n'avait été analysée, et l'on attribuait la production des craquelures et des truités aux causes les plus diverses. Voici ce que Scherzer nous apprend sur ce sujet :

« Porcelaine craquelée (*Tzoui-tzé*) (1).

« La pâte de cette porcelaine a la même composition que celle de la porcelaine ordinaire.

« D'après Tang, la couverte de la porcelaine à petites craquelures s'obtiendrait en mélangeant :

Pé-tun de *Nan-Kang*.	9 parties
Yéou-Ko	1 —

« Ce mélange, broyé et délayé dans l'eau, fournit la couverte qui donne les petites craquelures. Si l'on veut obtenir des craquelures moyennes, il suffit d'ajouter à cette couverte une certaine quantité de couverte blanche.

« La couverte qui donne les grandes craquelures s'obtient par un mélange de :

Pé-tun de *San-pao-pong*.	8
Yéou-Ko	10

« Le *tun* de *San-pao-pong* serait, d'après Tang, inférieur à celui de *Nang-Kang*. Ces *tun* employés dans la composition de la pâte à porcelaine apporteraient

(1) *Tsoui-khi*, d'après Stanislas Julien, p. 233.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

un défaut d'homogénéité, les pièces ainsi fabriquées ne manqueraient pas de se déjeter à la cuisson.

« Les couvertes craquelées sont appliquées par aspersion sur le cru. Deux aspersions suffisent pour le truité, quatre pour les grandes craquelures.

« La couverte blanche ordinaire est généralement appliquée par aspersion dans l'intérieur du vase et sous son pied, si on a pris soin de le préserver.

« La cuisson terminée, les craquelures sont à peine visibles ; l'on fait apparaître le truité en enfumant le vase dans une sorte d'étuve, dans la partie intérieure de laquelle on brûle de la sciure de bois.

« Les grandes craquelures sont révélées au moyen d'un chiffon imbibé d'encre de Chine.

« Enfin, depuis quelque temps, l'emploi des couleurs dérivées de l'aniline n'a pas peu contribué à donner une grande variété à l'aspect des différentes porcelaines craquelées.

« L'on peut aussi obtenir des couvertes colorées de grand feu craquelées, en substituant dans les formules données précédemment le Pé-tun de *Nan-Kang* ou de *San-pao-pong* au lait de chaux.

« Le vase muni de sa couverte craquelée étant sec, on peut, avec une raclette, enlever cette couverte et la remplacer par telle autre qu'on voudra.

« Pour obtenir des réserves avec décors bleus sous couverte, l'on gratte la couverte et on la remplace par une couche du mélange suivant :

Couverte blanche (*pé-yéou*).	3
Hoa-ché-tzé.	1

« Lorsque ce fond est sec, on peint dessus les décors à l'aide du *Leao* (manganèse cobaltifère), puis l'on passe sur l'endroit réservé une ou deux couches de couverte blanche ordinaire.

« La cuisson d'un vase craquelé étant achevée, rien n'empêche de le décorer au moyen d'émaux de moufle. Quant aux ornements noir mat, ils s'obtiennent par l'application directe de *Leao* sur certaines parties réservées du vase cru. »

Cette très intéressante partie du mémoire Scherzer nous montre avec précision comment sont décorés les vases craquelés en bleu sous couverte, comment on obtient le noir mat et aussi comment on met les craquelures en évidence.

L'analyse des matières qu'il nous a envoyées nous permet d'établir que la différence de dilatation entre la pâte et la couverte qui amène la craquelure est produite par le remplacement de la chaux de la couverte ordinaire par un feldspath, ce qui augmente les alcalis proprement dits, et en même temps la silice dans les couvertes pour craquelures.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nous trouvons en effet dans ces couvertes, suivant la dimension de leurs mailles :

	Craquelé fin.	Craquelé gros.
Silice	72,92	73,70
Alumine	14,98	14,13
Oxyde de fer	0,60	0,61
Oxyde de manganèse Mn^3O^4	traces	traces
Chaux	1,51	2,16
Magnésie	0,15	0,14
Potasse	1,72	2,88
Soude	5,44	2,50
Acide carbonique	1,11	1,68
Eau combinée (perte au rouge)	1,36	1,49
Eau hygroscopique	0,26	0,39
	100,05	99,68

Les couvertes craquelées, d'après ces compositions, doivent être moins fusibles que les couvertes ordinaires, et en effet, les craquelés chinois sont, en général, moins glacés que les autres couvertes.

Les formules chimiques déduites des analyses sont :

$$\text{Pour le craquelé fin} \quad 8{,}93\ SiO^2,\ 1{,}023\ Al^2O^3 \left\{ \begin{array}{l} 0{,}220\ CaO\ MgO \\ 0{,}134\ K^2O \\ 0{,}646\ Na^2O \end{array} \right.$$

$$\text{Pour le craquelé à grandes mailles,} \quad 10{,}89\ SiO^2,\ 1{,}24\ Al^2O^3 \left\{ \begin{array}{l} 0{,}371\ CaO\ MgO \\ 0{,}271\ K^2O \\ 0{,}357\ Na^2O \end{array} \right.$$

Si on compare ces formules à celle de la couverte ordinaire qui est :

$$4{,}57\ SiO^2.\ 0{,}574\ Al^2O^3 \left\{ \begin{array}{l} 0{,}723\ CaO,\ MgO \\ 0{,}135\ K^2O \\ 0{,}142\ Na^2O \end{array} \right.$$

on voit que dans les craquelés, la silice augmente notablement, mais que le rapport $\frac{SiO^2}{Al^2O^3}$ varie peu ; quant à la chaux, elle est presque totalement remplacée par les alcalis dans les craquelés fins, elle réapparaît en petite quantité dans les craquelés à grandes mailles.

La variation de la teneur en chaux et en silice serait donc la cause de la production des craquelures : elles seraient d'autant plus fines qu'il y aurait moins de chaux, ce qui permettrait par un dosage raisonné d'un mélange de couverte blanche et de couverte craquelée fine, de faire varier à volonté la dimension des mailles de la craquelure obtenue ; mais il ne faut pas oublier que la cuisson a une énorme influence sur la production du craquelé, et que suivant que la température aura été plus ou moins élevée, les résultats pourront être fortement modifiés.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il est à remarquer que le *Pé-tun* de *San-pao-pong*, qui entre dans la composition des craquelés, est de tous ceux que nous avons analysés le plus riche en feldspath et le plus pauvre en mica.

Si on retient ce que le fabricant Tang a dit à Scherzer au sujet de ce feldspath, qu'introduit dans les pâtes il fait déjeter les pièces à la cuisson, on est amené à supposer que les Chinois préfèrent introduire les alcalis dans leur pâte plutôt sous forme de mica qu'à l'état de feldspath.

Cette préférence s'explique parce que le mica entre en fusion à une température supérieure à celle nécessaire pour fondre le feldspath, et aussi parce qu'il a, quand il est en poudre impalpable, l'avantage d'être plastique ; de sorte que l'introduction du mica dans la pâte lui amène de la fusibilité sans lui faire perdre de sa plasticité, comme cela a lieu quand on emploie le feldspath.

Rouge de cuivre. — Scherzer a pu nous fournir sur cet intéressant sujet de nombreux détails, malgré les difficultés qu'il a dû vaincre pour se procurer les renseignements et les produits relatifs à cette belle couverte, restée si longtemps mystérieuse pour les céramistes européens.

Nous lisons dans son mémoire :

« Rouge de cuivre *Kun-houng*, ou imitation de sang de bœuf, *ki-houng*.

« La manufacture impériale ne fait plus de vases à couverte sang de bœuf. Une seule famille, la famille *Ho*, prétend posséder le secret de la fabrication d'un rouge *kun-houng*, mais cette couverte à l'aspect vitreux, est souvent trop épaisse et offre rarement une teinte égale.

« J'ai éprouvé la plus grande difficulté à recueillir les matériaux relatifs au rouge, et les renseignements dont j'ai réussi cependant à contrôler pour la plus grande partie l'exactitude.

« La couverte *kun-houng* est obtenue à l'aide d'un fondant analogue à notre fondant *rocaille*, appelé *Ting-leao*, qui se prépare de la façon suivante :

« L'on fond dans une chaudière un mélange de :

Limaille de plomb (*Yuan*).	50
Poudre de silex (ma-long-ting).	50

« Ce mélange est brassé lors de la fusion du plomb de manière à former un mélange homogène. Après refroidissement la matière est broyée dans un mortier de porcelaine avec du salpêtre dans les proportions suivantes :

Poudre de plomb et de silex.	10 livres
Salpêtre	3 livres 4 onces

« Le mélange achevé, le tout est placé au fond d'une cazette bien lutée que l'on enfonce à 3 pouces de profondeur dans le gravier qui constitue le sol d'un fond à porcelaine. Le résultat de ce frittage est un verre de couleur vert d'eau. C'est le *ting-leao*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« L'on pulvérise avec soin les matières suivantes que l'on mélange dans les proportions ci-dessus indiquées :

Ting-Leao	64	39,03
Jade artificiel.	64	39,03
Limaille de cuivre porphyrisée. . . .	12	7,31
Perles de verre colorées.	12	7,31
Verre à bouteilles.	12	7,31
	164	99,99

« Ce dernier mélange est broyé pendant un mois dans un mortier de porcelaine, puis il est délayé dans de la couverte blanche au lait de *Yeou-Ko* et au lait de chaux.

« Si le liquide obtenu est trop clair, on ajoute une petite quantifé de sel marin qui le trouble et aide à la suspension des différentes matières pulvérisées. Cette couverte, lorsqu'elle est bien préparée, doit offrir l'apparence d'une boue liquide.

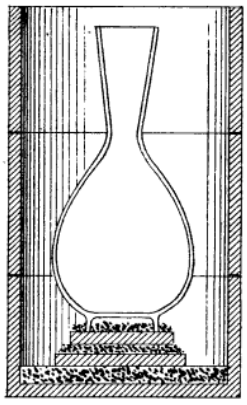


Fig. 2.

« La première couche est appliquée par immersion sur le vase en biscuit.

« La pâte dont est formé ce vase contient une certaine quantité d'argile ferrugineuse qui procure au biscuit une teinte jaunâtre à la surface, bien que la cassure en soit relativement blanche.

« Le vase en biscuit est plongé, le col en bas, pendant cinq minutes, dans le liquide chargé de couverte. On laisse sécher au soleil, puis au moyen d'un pinceau, on applique avec soin trois nouvelles couches que l'on fait sécher successivement au soleil et en plein air.

« L'on augmente à dessein l'épaisseur de la couche de couverte sur les bords, et la partie supérieure du vase en biscuit pour éviter que l'émail fondu ne laisse, en s'écoulant, qu'une couche d'une épaisseur insuffisante.

« Le vase muni de sa couverte est, lors de l'encastage, placé sur deux rondeaux isolés par une couche d'écorces de grains de riz carbonisés. Il est lui-même isolé du rondeau supérieur par une couche de la même matière. Le rondeau supérieur (figure 2) est d'un diamètre plus petit que celui placé au-dessous et qui ne repose pas directement sur le fond de la cazette. Mais sur une couche d'environ 8 millimètres d'épaisseur formée de gravier fin obtenu par le concassage de vieilles briques ou débris de cazettes. Cette disposition facilite l'écoulement de l'excès d'émail fondu et prévient toute adhérence du vase aux parois de la cazette.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« La cuisson a lieu dans la partie antérieure du laboratoire du four à porcelaine, où la chaleur est la plus forte.

« Si, après une première cuisson, l'émail n'a pas atteint la coloration voulue, on applique sur le vase manqué une nouvelle couche de couverte *Kun-houng*, et l'on recuit le vase. Cette opération peut être répétée sans inconvénients jusqu'à trois fois.

Nous venons de voir que les Chinois posent la couverte rouge sur la porcelaine déjà cuite; l'envoi Scherzer renfermait un tesson de la porcelaine destinée à cet usage. Il était intéressant de voir quelle était la composition de cette pâte cuite et à quel état d'oxydation s'y trouvait le fer; l'analyse montre qu'une forte portion de ce métal est à l'état de protoxyde, preuve certaine que cette porcelaine avait été cuite dans une atmosphère réductive.

Le biscuit pour rouge contient :

SiO^2	67,66
Al^2O^2	23,57
FeO	1,41
Fe^2O^3	1,57
Mn^3O^4	0,13
CaO	0,67
MgO	0,32
K^2O	3,61
Na^2O	1,38
	100,22

La pâte des vases à couverte rouge est donc bien, comme l'écrit Scherzer, une pâte de composition ordinaire, mais elle est notablement plus ferrugineuse que celles employées pour être mises en couverte blanche.

La forte proportion de fer que contient cette porcelaine lui fait perdre de sa transparence et la rapproche, par ce fait, des grès.

Les Chinois font, en revêtant de rouge une pâte peu transparente, une très judicieuse utilisation de leurs porcelaines, ils laissent blanches celles qui sont belles et transparentes (blancs de Chine) et ils recouvrent de couvertes fortement colorées celles qui, grises et peu transparentes, ne donneraient que de vilaines porcelaines sous la couverte blanche.

Ting-leao. — La première matière qui entre dans la composition du rouge, le *Ting-leao*, devrait être, d'après les renseignements de Scherzer, un verre très analogue à notre cristal, bien qu'obtenu par un procédé assez différent puisque les Chinois partent du plomb métallique pour préparer ce fondant.

L'analyse qualitative montre que le *Ting-leao* contient de la silice, de l'oxyde de plomb, de la potasse, de la soude, ainsi que de faibles quantités d'oxydes de fer, d'aluminium, de manganèse, de calcium et de magnésium, résultats concordant avec ce qu'on devait y trouver d'après la préparation indiquée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On y trouve en effet :

	Ting-leao.	Cristal anglais.
SiO^2	57,74	57,5
PbO	31,97	32,5
Al^2O^3, Fe^2O^3, Mn^3O^4	1,43	»
CaO	0,65	»
MgO	0,29	»
K^2O	7,62	9,0
Na^2O	0,52	1,0
	100,22	100,0

Cette composition est celle du cristal en général et plus spécialement du cristal anglais analysé par Salvetat, dont je donne ci-dessus la composition.

Les Chinois ont été sincères en donnant la recette de préparation du *Ting-leao*. En brassant la silice et le plomb fondu à l'air, ce métal s'oxyde en grande partie, et si quelques grenailles échappaient à cette oxydation, elles seraient complètement oxydées lors de la seconde fusion du silicate de plomb obtenu avec du salpêtre. Puis la température s'élevant, les oxydes de plomb et de potassium se combinent à la silice et forment le verre alcalino-plombeux, dont nous avons donné l'analyse.

Jade artificiel. — La seconde matière qui entre dans la composition du rouge, et en même proportion que le *Ting-leao*, est le jade artificiel, sur lequel Scherzer ne nous donne aucun renseignement.

Cette substance fondue au chalumeau donne une perle verdâtre, qui devient rouge en flamme réductrice, ce qui caractérise le cuivre ; l'analyse qualitative par la voie humide indique la présence de la silice et du fluor, de traces de plomb et de cuivre, de la chaux, de la magnésie, de l'alumine, de l'oxyde de fer, de traces de manganèse, de la potasse et de la soude. Ces matières se trouvent dans le jade artificiel dans les proportions suivantes :

SiO^2	57,81
Fl	4,60
Al^2O^3	2,56
Fe^2O^3	0,49
PbO	0,86
CuO	0,06
Mn^3O^4	0,02
CaO	18,16
MgO	4,50
K^2O	9,31
Na^2O	2,55
Perte au rouge	0,45
	101,37
A déduire l'oxygène correspondant au fluor trouvé	1,95
TOTAL	99,42

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le jade artificiel, d'après cette analyse, est donc un verre alcalino-calcaire, plus basique que les verres ordinaires, coloré en verdâtre par de petites quantités de fer et de cuivre, et rendu opalescent par la présence dans sa masse de fluorure de calcium.

Limaille de cuivre. — La limaille de cuivre, qui entre dans la préparation du rouge *Kun-houng*, est loin d'être du métal pur. On y trouve en effet par l'analyse qualitative des protoxyde et oxyde de cuivre, des traces de plomb, de l'oxyde de fer, de l'alumine, de l'oxyde de manganèse, de la chaux, de la silice et des matières charbonneuses en quantité notable.

L'acide nitrique dédouble cette matière en une partie soluble, formée surtout de cuivre plus ou moins oxydé et une insoluble, composée d'une argile ferrugineuse grise, qui devient rouge après cuisson, et de matières charbonneuses.

L'analyse quantitative de ces deux parties donne :

	56,17 Soluble dans AzO^3H.	43,83 Insoluble.	Total.
SiO^2	»	22,71	22,71
CuO	52,54	0,17	52,71
Al^2O^3	1,71	5,49	9,80
Fe^2O^3		2,41	
Mn^3O^4		0,19	
CaO	1,52	0,60	2,12
MgO	0,49	0,28	0,77
PbO	0,83	»	0,83
Perte au rouge ($C + H^2O$)	»	11,63	11,63
	57,09	43,48	100,57

Il y aurait à déduire de ces résultats une certaine quantité d'oxygène, parce que tout le cuivre n'est pas à l'état d'oxyde CuO dans cette matière.

L'aspect, l'action de l'acide nitrique et l'analyse quantitative de la matière dite limaille de cuivre porphyrisée, ne laissent aucun doute sur sa nature, c'est un mélange à parties à peu près égales de cuivre plus ou moins oxydé et d'une argile riche en fer et en silice, sans doute introduite, ainsi que la matière charbonneuse, pour faciliter le broyage du métal.

Perles de verre. — La quatrième matière qui forme la couverte *Kun-houng* est désignée sous le nom de perles de verre colorées; cette matière nous a été envoyée pulvérisée sous forme d'une poudre blanche; son nom chinois est *tchou-tzé*. Telle quelle, cette matière fond en un verre de couleur verdâtre; essayée au chalumeau avec le borax, elle donne en flamme oxydante une perle jaune due au fer qui masque le cuivre, et en flamme réductrice, une perle rouge; avec le sel de phosphore on constate la présence de la silice.

L'analyse qualitative par voie humide décèle la présence dans le *tchou-tzé* de plomb, de traces de cuivre, de fer, de l'aluminium, de traces de manganèse,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de calcium, de magnésium, de potassium et de sodium; comme acide, en plus de la silice, on a constaté la présence de l'acide fluorhydrique et de traces d'acide sulfurique.

L'analyse quantitative donne :

Silice	54,74
Fluor	1,05
CuO	0,08
PbO	20,97
Al^2O^3	1,44
Fe^2O^3	0,58
CaO	5,40
MgO	1,03
Mn^3O^4	0,04
K^2O	7,87
Na^2O	5,53
Perte au rouge faible	5,63
	99,67

Cette analyse montre que les perles de verre se rapprochent beaucoup de la composition d'un cristal plombeux dur qui serait légèrement coloré en vert par le cuivre et rendu opalescent par la présence du fluor, comme pour le jade artificiel étudié précédemment.

Pa-li. — D'après le mémoire Scherzer, il entre encore une matière dans la composition de l'émail rouge, c'est le verre à bouteilles, nommé en Chine *Pa-li* Ce produit, qui nous a été envoyé pulvérisé, fond difficilement au chalumeau en donnant un verre de ton vert jaunâtre; avec le sel de phosphore il donne un squelette de silice et les colorations caractéristiques du fer.

Par voie humide, on y reconnaît la présence de traces de plomb, d'étain, de l'alumine, de l'oxyde de fer du manganèse, de la chaux, de la magnésie, de la soude, de la potasse ; il n'y a ni fluor ni bore.

Quantitativement on trouve dans ce verre à bouteille :

SiO^2	60,55
SnO^2	0,07
PbO	0,29
Fe^2O^3	1,75
Al^2O^3	4,45
Mn^2O^3	0,45
CaO	20,42
MgO	4,21
K^2O	1,09
Na^2O	5,41
Perte au rouge	1,24
	99,93

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

C'est la composition d'un verre riche en chaux, très analogue à nos verres communs, coloré en vert jaunâtre par de l'oxyde de fer.

Nous connaissons par ces analyses la composition des matières premières multiples qui entrent dans la préparation du *Kun-houng*. Scherzer nous donne les proportions dans lesquelles on les mélange; mais il reste encore une inconnue que ses données ne nous permettent pas de trouver, c'est la quantité de couverte blanche faite de lait de *Yeou-Ko* et de lait de chaux qu'on ajoute au mélange dosé de ces cinq matières.

L'envoi Scherzer contenait heureusement les matières nécessaires pour une étude précise de la couverte rouge; il s'y trouvait en effet quelques vases émaillés prêts à passer au four, de la couverte *Kun-houng* toute préparée en suspension dans l'eau, et des morceaux de rouge coulé au pied des vases pendant leur cuisson dans le four chinois. J'ai analysé ces trois couvertes rouges dont deux étaient crues et l'autre cuite; ce qui a permis de déterminer les matières qui se volatilisent pendant la cuisson en milieu réducteur; comme on le verra, c'est surtout le plomb qui disparaît en très notable proportion.

L'analyse qualitative de la couverte *Kun-houng* crue, envoyée en suspension dans l'eau, donne les résultats qui suivent : la matière humide est alcaline au papier rouge de tournesol, elle contient des traces de chlorures et de sulfates; l'action des acides produit un dégagement d'acide carbonique. Les réactions ordinaires y décèlent la silice, le fluor, des traces d'étain, du cuivre, du plomb, du fer, des traces de manganèse, de la chaux, de la magnésie, de la potasse et de la soude, c'est-à-dire la somme des éléments que nous avons trouvés dans les composés qui, d'après le dire des Chinois, entreraient dans la fabrication de la couverte rouge.

L'analyse quantitative de cette couverte crue conduit aux résultats suivants :

Analyse du *Kun-houng* cru apporté en suspension dans l'eau.

SiO^2	61,56
Fl	1,75
PbO	12,71
CuO	0,60
Al^2O^3	4,37
Fe^2O^3	0,85
Mn^3O^4	0,25
CaO	7,43
MgO	1,65
K^2O	5,82
Na^2O	2,86
CO^2	0,80
	100,65

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

D'autre part, on a enlevé d'un vase venu de Chine, recouvert de son émail cru, la quantité nécessaire pour en faire une seule analyse par l'acide fluorhydrique.

On a, en opérant ainsi, laissé de côté le dosage du fluor, de l'acide carbonique et de la silice; mais les résultats obtenus pour les autres composés sont assez voisins de ceux indiqués ci-dessus pour établir l'identité de ces deux couvertes et pour pouvoir conclure que le rouge est appliqué sur les vases qu'il doit orner, sans l'addition d'aucune autre matière que celles que l'analyse avait décelées dans la couverte qui nous avait été envoyée crue en suspension dans l'eau.

On trouve en effet dans ce rouge :

PbO	12,76
CuO	0,68
Al^2O^3	5,80
Fe^2O^3	1,09
Mn^3O^4	traces
CaO	7,78
MgO	1,56
K^2O	5,57
Na^2O	2,45
	37,69
$SiO^2 - Fl - CO^2$	62,31 par différence

Nous avons de plus analysé des fragments de couverte rouge fondue qui avait été recueillis dans un four chinois sous forme de gouttes épaisses rassemblées au pied des vases sur leurs supports; on trouve dans ce rouge fondu les mêmes éléments moins le fluor, que dans le *Kun-houng* cru, et dans les proportions suivantes :

SiO^2	70,18
Al^2O^3	6,57
Fe^2O^3	0,91
CaO	8,00
MgO	1,65
Mn^3O^4	0,15
PbO	3,89
CuO	0,54
K^2O	4,79
Na^2O	2,71
SnO^2	traces?
	99,39

Si on établit les formules chimiques d'après ces analyses du rouge chinois

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

avant et après cuisson, en ne tenant pas compte de l'état différent d'oxydation auquel certains oxydes sont dans les deux cas, on trouve :

Dans le rouge avant cuisson. .	2,952 SiO^2 0,264 Fl 0,052 CO^2	0,1205 Al^2O^3 0,0152 Fe^2O^3	0,1637 PbO 0,0224 CuO 0,0031 Mn^3O^4 0,3815 CaO 0,1185 MgO 0,1781 K^2O 0,1327 Na^2O	1,0000
Après cuisson.	3,86 SiO^2	0,212 Al^2O^3 0,018 Fe^2O^3	0,0574 PbO 0,0211 CuO 0,0023 Mn^3O^4 0,4712 CaO 0,1359 MgO 0,1679 K^2O 0,1442 Na^2O	1,0000

En comparant les résultats des analyses du rouge avant et après cuisson, on voit que pendant la cuisson, une grande partie du plomb et une petite quantité du cuivre et des alcalis ont été volatilisées, et que le fluor a été complètement éliminé ; ces faits étaient faciles à prévoir, puisque nous savons que les rouges se développent à haute température dans un milieu réducteur.

Les résultats, auxquels j'arrive pour la composition du rouge chinois, sont très différents de ceux publiés par Ebelmen et Salvetat, mais ils s'accordent assez bien, sauf cependant pour l'alumine et la chaux, avec ceux obtenus par Seger. Ces auteurs ont trouvé dans le rouge de Chine après cuisson :

	Ebelmen et Salvétat.	Seger.
SiO^2.	73,90	71,07
Al^2O^3.	6,00	3,24
Fe^2O^3.	2,10	1,40
CaO	7,30	9,20
MgO	traces	1,75
CuO	4,60	0,92
PbO	traces	4,15
Mn^3O^4.	traces	»
K^2O.	3,00	8,11
Na^2O	3,10	
	100,00	99,84

La présence du plomb, qui n'est pas constatée dans l'analyse d'Ebelmen et Salvetat, est cependant certaine dans l'échantillon étudié par Seger et dans celui que j'ai examiné ; si on considère la forte quantité de cuivre trouvée par

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ebelmen et Salvetat, on est amené à supposer que, pour une cause ou une autre, ils ont dosé le plomb avec ce métal. Les reconstitutions des rouges de Chine que j'ai faites en me basant sur mes analyses, ainsi que les travaux de M. Seger, font voir que la dose de 4,60 d'oxyde de cuivre indiquée par Ebelmen et Salvetat est beaucoup trop élevée pour obtenir une belle couverte rouge transparente.

Cette observation toute de détail, faite au sujet de l'analyse du rouge chinois publiée par Ebelmen et Salvetat, il n'en reste pas moins établi que c'est à eux que revient le mérite d'avoir les premiers dévoilé par leurs recherches la composition du rouge de Chine et d'avoir montré, suivant le texte de leur mémoire : « Que la coloration de l'émail rouge est due positivement à du protoxyde de cuivre, répandu dans la couverte; que cette couverte cuit à une température très élevée, quoique cependant inférieure à celle du grand feu de Sèvres, peut-être égale à celle du grand feu des fours chinois; que la fusibilité du feldspath dans cette couverte est augmentée par la proportion de chaux dont la quantité peut varier et dont nous avons constaté la présence dans les couvertes chinoises. »

Ebelmen et Salvetat confirmèrent les résultats de leurs analyses en reproduisant vers 1849, à Sèvres, le rouge chinois; si leurs échantillons, conservés dans le musée de la Manufacture nationale, n'ont pas tout l'éclat des beaux rouges d'Orient, ils n'en sont pas moins les premiers spécimens faits en Europe de cette belle couverte de grand feu.

Yéou-li-houng. — Au *Kun-houng* se rattache directement par sa composition le *Yéou-li-houng*, ou rouge sous couverte, dont les Chinois font un emploi si habile, et qui n'a pas jusqu'ici été obtenu d'une façon sûre en Europe.

Voici ce que Scherzer écrit au sujet du rouge de cuivre *Yeou-li-houng*.

« Cette composition s'applique au pinceau sur le cru, comme le bleu de cobalt; elle donne des résultats très inégaux, aussi ne l'emploie-t-on que pour le décor de petits objets, ou bien pour donner çà et là un peu de relief aux dessins des vases de plus grandes dimensions décorés au bleu de cobalt.

« D'après *Lin*, on prend :

Tong-hoa (limaille de cuivre porphyrisée). . .	3 parties.
Poudre de plâtre	7 —
	10 parties.

« Ce mélange, broyé pendant un mois dans un mortier de porcelaine, serait délayé dans l'eau et servirait à la peinture sur le cru.

« La couverte appliquée sur les vases ainsi décorés est la couverte blanche ordinaire.

« Le fabricant *Li* m'a fourni un échantillon de *Yeou-li-houng*, dont le secret

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de la composition serait jalousement gardé; il m'a été impossible d'obtenir la formule de cette préparation dans laquelle il entrerait :

De la cornaline pulvérisée.	(*Ma-nao*).
— limaille de cuivre porphyrisée	*Tong-hoa*.
— terre alumineuse légèrement ferrugineuse. . .	*Tché-Ché*.
— argile ferrugineuse.	*Tzé-Kin-Ché*.

Ces renseignements assez vagues sont très différents l'un de l'autre; mais comme on ne trouve pas dans le *Yeou-li-houng* d'acide sulfurique, ce qui exclut de suite la présence possible du plâtre indiqué par *Lin*, il reste à vérifier si le fabricant *Li* a été plus sincère dans sa communication.

Si ce dernier avait dit la vérité, le *Yeou-li-houng* ne devrait pas faire effervescence par l'action d'un acide; cependant ce rouge sous couverte traité par l'acide chlorhydrique dégage une grande quantité d'acide carbonique; l'acide nitrique dissout environ 80 p. 100 de la matière mise en expérience, et la liqueur provenant de cette action contient du cuivre, des traces de plomb, du fer, de l'alumine, des traces de manganèse, de la chaux, de la magnésie, de la potasse et de la soude. La partie restée insoluble est composée de silice, d'alumine, de fer, de chaux, des traces de cuivre et des matières volatiles et combustibles. D'après ces résultats, le *Yeou-li-houng* paraît être un mélange de :

Limaille de cuivre porphyrisée. . .	*Tong-hoa*.
Argiles ferrugineuses.	*Tzé-Ché* et *Tché-Ché*.
Craie.	*Hoei-Yeou*.

Cette craie remplacerait la cornaline pulvérisée (*ma-nao*) dans la formule donnée par le fabricant *Li*.

L'analyse quantitative confirme cette manière de voir; on trouve, en effet, dans le *Yeou-li-houng* :

Eau hygroscopique.	1,01
Matières volatiles et carbonées . .	2,53
Acide carbonique	27,14
Silice.	12,27
Oxyde de plomb.	0,07
Oxyde de cuivre	14,03
Mn^3O^4.	0,16
Al^2O^3.	3,11
Fe^2O^3.	3,32
TiO^2.	0,15
CaO.	34,28
MgO.	0,40
K^2O.	0,46
Na^2O	0,53
	99,45

De cette analyse et des précédentes faites sur le *Tong-hoa* et le *Tzé-ché* cités

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plus haut, on peut déduire par le calcul que le rouge sous couverte est composé d'environ :

25 de limaille de cuivre tenant { 14 d'oxyde de cuivre. / 11 d'argile rouge.
10 d'argile rouge.
65 de *Hoei-Yeou* (craie).

Telle serait la composition de ce rouge sous couverte, qui donne de si beaux résultats quand la cuisson vient favoriser son développement; j'en ai fait la reconstitution d'après cette analyse, plus loin j'indiquerai les résultats que j'ai obtenus avec cette substance, qui semble fort difficile à maîtriser.

Émaux de demi-grand feu. — Outre les couvertes de grand feu que nous venons d'étudier, l'envoi Scherzer contenait des échantillons en poudre, des émaux pour fonds employés par les Chinois.

Si Ebelmen et Salvetat rencontrèrent de grandes difficultés pour séparer les couvertes des vases qu'elles ornaient, ils en trouvèrent encore de plus grandes pour arracher des pièces les émaux qu'ils désiraient soumettre à l'analyse.

« Nous eussions voulu, écrivent-ils dans leur mémoire, présenter ici des analyses bien exactes de ces couleurs, mais nous avons dû y renoncer; lorsqu'on cherche à détacher de semblables fonds de la pâte qui en est couverte, la tressaillure fait séparer des éclats qui entraînent une portion plus ou moins notable de l'excipient. L'analyse ne donne alors que la composition d'un mélange dans lequel l'alumine est étrangère et la proportion de la silice fortement altérée; nous avons dû nous abstenir de toute analyse quantitative. Quelques grammes seulement des matériaux ou bruts ou préparés, mais en poudre, nous eussent donc été très précieux; notre travail y eût en même temps gagné comme précision et comme variété. »

Scherzer a répondu au désir exprimé autrefois par Ebelmen et Salvetat, et ce sont les émaux en poudre que j'ai pu soumettre à l'analyse. Son envoi contenait un violet, un bleu turquoise, un jaune et un vert, ce sont les mêmes couleurs que celles dont Ebelmen et Salvetat avaient fait l'analyse qualitative.

Scherzer s'exprime comme il suit, au sujet de ces couvertes de demi-grand feu :

« Émail bleu turquoise (*Fa-tsouei* (1).

« Le biscuit destiné à recevoir cet émail de demi-grand feu serait formé exclusivement de *Koui-Ki-Ko* (?).

« La couverte s'obtiendrait en frittant les matières suivantes :

Poudre de silex (*Ché-mo*). . . .	9 onces.
Tong-hoa (poudre de cuivre) . .	1
Acide borique (*Ya-Siao*)	2,40
Lait de *Hoei-Yeou*.	un bol.

(1) Fei-thsei dans Stanislas Julien.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« Le résultat de ce frittage, broyé et suspendu dans l'eau, donnerait l'émail bleu turquoise (*Fa-tsouei*).

« Cette couverte s'applique sur le biscuit par aspersion, l'opération est répétée de trois à quatre fois suivant la teinte que l'on veut obtenir.

« Les vases décorés avec cet émail sont placés dans des cazettes et recuits dans la portion postérieure du laboratoire du four à porcelaine; les pièces manquées ne peuvent plus être recuites.

« Les fabricants de *King-te-tcheng* entourent du plus grand mystère la fabrication des émaux de demi-grand feu; les uns sont, paraît-il, cuits dans la partie postérieure du four où la température est relativement moins élevée, les autres, dans des fours d'émailleurs de grandes dimensions et chauffés pendant un jour et une nuit.

« J'ai eu beaucoup de peine à me procurer les échantillons que j'ai rapportés :

« Le vert (*Lu*) (1). Cet émail serait formé de :

Silex pulvérisé.	(*Chemo*).
Cuivre porphyrisé	(*Tong-hoa*).
Céruse	(*Yuan-fenn*)

« Le jaune (*Hoang*), émail formé de :

Tsé-ché . . .	Terre alumineuse et ferrugineuse.
Chémo (3). .	Silex.
Yuan-fenn. .	Céruse.

« Le violet (*Tzé*) (4), émail formé de :

Émail de moufle. . . .	*Yang-houng* (5).
Leao.	(Manganèse cobaltifère
Yuan-fenn	Céruse.

Là s'arrêtent les renseignements donnés par Scherzer.

Bleu turquoise. — En nous occupant des pâtes nous avons vu qu'il est fort probable que la pâte destinée au turquoise n'est formée que d'une seule roche naturelle analogue au *Petun* ou au *Yeou-Ko*. Si pour la pâte les Chinois ont été sincères dans les renseignements qu'ils ont donnés, l'analyse de l'émail va vous

(1) *Lou*, dans Stanislas Julien.
(2) *Yen-fen*, Stanislas Julien.
(3) *Chi-mo*, Stanislas Julien.
(4) *Yang-tsé*, Stanislas Julien.
(5) Sans doute *houng*, émail rouge, *Yang*, étranger.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

montrer d'une façon indubitable qu'ils ont trompé Scherzer en lui communiquant la composition du *Fa-tsouei*.

Les recherches qualitatives établissent en effet qu'une grande partie de cet émail est soluble dans l'eau, et que cette solution renferme du nitrate de potasse, des traces d'acide sulfurique et de chlore; la partie insoluble, qui a l'aspect de limaille de cuivre mélangée de quartz, contient du cuivre, des traces de plomb, de l'alumine, du fer de la chaux, de la magnésie, de la silice et des matières charbonneuses.

L'analyse quantitative conduit aux résultats suivants :

Silice	45,71
Oxyde de cuivre	6,70
Oxyde de plomb	0,05
Al^2O^3, Fe^2O^3	1,75
CaO	0,20
MgO	0,21
K^2O	19,61
Na^2O	0,32
Perte au rouge	24,90
	99,45

La perte au rouge, qui s'élève à 24,90 p. 100, comprend :

Humidité (à 100°)	1,45
Chlore	0,33
SO^3	0,05
H^2O et C	0,65
Az^2O^5	22,17
	24,65

Ces résultats sur la turquoise, *Fa-tsouei*, montrent que cet émail n'est ni fondu, ni même fritté, et qu'il ne contient ni *Hoei-Yeou*, ni acide borique comme le dit le rapport Scherzer; mais qu'il renferme du salpêtre en nature qui serait le *Ya-Siao* de la formule fournie par les Chinois, de limaille de cuivre, la même qui entre dans la composition des rouges de cuivre et des verts, et enfin du silex; ce mélange donne après cuisson un silicate voisin de la formule $2{,}5\ SiO^2, MO$. L'attaque successive de cette matière par l'eau et l'acide nitrique montre que cet émail contient :

Ya-Siao (nitrate de potasse)	40,83
Tong-hoa (limaille de cuivre)	8,56
Che-mo (quartz)	49,18
Humidité (éliminée à 100°)	1,45

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

J'ai pu confirmer l'absence totale de *Hoei-Yeou* dans le turquoise chinois par l'analyse d'un autre échantillon portant la désignation de *Fa-tsouei prêt à l'emploi;* il n'y avait pas traces de carbonate de chaux.

Fondu dans un creuset de porcelaine en moufle à 950°, le *Fa-tsouei* se transforme en un émail transparent d'un ton vert turquoise, parsemé de fines craquelures, identique complètement aux turquoises des pièces chinoises de ce ton que possèdent nos musées.

Le *Fa-tsouei* de l'envoi Scherzer est donc bien l'émail turquoise des Chinois, mais la formule qu'ils en ont donnée n'est pas conforme à la réalité.

La simplicité avec laquelle les Chinois préparent le turquoise, cet émail qui a si longtemps été considéré chez nous comme très délicat à obtenir, est vraiment remarquable; rien dans sa composition n'est soit fondu, soit fritté, toute sa préparation se résume à mélanger et à broyer ensemble du salpêtre, du quartz et de la limaille de cuivre en proportions convenables, et l'émail turquoise est prêt à être employé sur les vases de porcelaine qu'on désire orner de ce ton, le plus brillant de la palette céramique.

Émail vert (*Lu*). — Scherzer nous dit que l'émail vert de demi-grand feu contient du silex, de la céruse et du cuivre porphyrisé, mais il n'indique pas en quelles proportions ces matières entrent dans sa composition.

Cet émail vert, soumis à l'action de l'eau, ne lui cède que de très petites quantités de matières; l'acide nitrique versé sur lui provoque un dégagement marqué d'acide carbonique et donne une liqueur verte; après cette attaque il reste une poudre brun rouge et une poudre vitrifiée verte.

Dans la portion dissoute dans l'acide nitrique on trouve du plomb, du cuivre, de l'aluminium, du fer et des traces de calcium. Si on traite par l'acide chlorhydrique la partie restée insoluble dans cette attaque, la poudre rouge brun disparaît, il reste une poudre noire qui, calcinée, s'éclaircit; il y a donc des matières charbonneuses; de plus la poudre vitrifiée verdâtre reste inattaquée; la liqueur chlorhydrique ainsi obtenue est jaunâtre, on y trouve du plomb, du cuivre, de l'alumine et du fer. La partie qui a résisté à l'acide azotique, puis à l'acide chlorhydrique, traitée par l'acide fluorhydrique, donne une liqueur contenant encore un peu de plomb de cuivre et des traces de fer.

L'émail vert semble donc contenir un carbonate, la céruse; un métal soluble dans l'acide nitrique, le cuivre; une petite quantité de matière ferrugineuse, représentée par la poudre brun rouge qui se trouve mélangée, comme on l'a vu au cuivre dans le *Tong-hoa*, et enfin un émail verdâtre, préparé par fusion antérieure, résistant à l'action des acides sauf à celle de l'acide fluorhydrique.

Par l'action de l'acide nitrique de densité 1,10, en tube scellé, à 200° pendant deux heures, tous les constituants de cet émail, hormis la silice, entrent en dissolution.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On trouve, en opérant ainsi dans cet émail :

	Lu.	Ta-lou (Ebelmen et Salvétat).
Silice	22,40	35,20
Oxyde de plomb	59,30	51,05
Oxyde de cuivre	4,52	3,98
Alumine	1,33	1,40
Oxyde de fer	0,82	
Oxyde de manganèse, chaux et magnésie	0,40	1,00
Potasse	0,88	»
Soude	0,48	»
Acide carbonique	8,04	»
Perte au rouge	1,27	4,30
Humidité (à 120°)	0,69	
	100,13	

Cet émail vert a une composition voisine du vert *Ta-lou*, étudié par Ebelmen et Salvetat, et il paraît composé comme la plupart des couleurs de moufle analysées par ces savants, c'est-à-dire de céruse, d'un verre coloré en vert, d'une poudre violacée renfermant du cuivre et une argile ocreuse (*Tong-hoa*), et enfin d'une matière sablonneuse, débris de quartz, désignés sous le nom de *Che-mo* par Scherzer et par celui de *Sy-Chy-mo* dans Ebelmen et Salvetat.

Le renseignement communiqué à Scherzer est donc exact, à l'exception des débris d'émail vert dont il n'est pas fait mention dans son rapport.

Fondu en moufle à fort feu sur du biscuit de porcelaine, cet émail *Lu* prend un beau ton vert foncé et forme un verre sillonné de nombreuses tressaillures à mailles très fines.

Émail jaune (*hoang*). — Cet émail est composé, d'après les renseignements qui nous ont été transmis, de silex, de céruse et de terre ferrugineuse; il laisse, par l'action de l'acide azotique, dégager une grande quantité d'acide carbonique, une partie entre en dissolution, et il reste un résidu formé de deux poudres, l'une rouge, l'autre incolore.

Dans la portion dissoute, on constate la présence du plomb, de petites quantités de fer, d'aluminium et des traces de magnésie et d'alcalis. La poudre rouge du résidu de l'attaque par l'acide azotique se dissout dans l'acide chlorhydrique en laissant une poudre siliceuse; cette solution chlorhydrique contient du fer, de l'aluminium et des traces d'alcalis; la poudre quartzeuse traitée par HFl disparaît en ne laissant que de petites quantités de Pb, Fe Al.

L'analyse quantitative montre que ce jaune renferme :

Silice	18,99
Oxyde de plomb	65,28
Oxyde de fer	2,74
Alumine	1,36
Chaux	0,09
A reporter	88,46

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Report	88,46
Magnésie	traces
Soude	0,20
Potasse	0,18
Acide carbonique	8,73
Eau combinée	2,11
Humidité (à 100°)	0,40
	100,08

Le colorant est ici l'oxyde de fer, et en effet, cet émail se comporte au feu comme celui qu'on obtiendrait en ajoutant à un fondant riche en plomb, le fondant rocaille (1) par exemple, une petite quantité de colcotar.

Pour ce jaune, l'analyse confirme absolument les données de Scherzer; il se peut fort bien, comme il est dit, qu'il soit fait par le simple mélange, sans aucun frittage préalable, de céruse, d'argile ferrugineuse et de sable quartzeux dans les proportions de :

20 de sable quartzeux (*Che-mo*).
75 de céruse (*Yuan-fenn*).
5 d'ocre rouge (*Tsé-ché*).

Émail violet (*Tze*). — En traitant cet émail par l'eau, on ne dissout que fort peu de chose; l'acide azotique l'attaque fortement en donnant un abondant dégagement d'acide carbonique; dans la liqueur provenant de cette attaque, on constate la présence du plomb, du cobalt, du fer, de l'aluminium et du manganèse, ainsi que celle de traces de chaux et d'alcalis; le résidu de l'attaque par AzO^3H, traité par HFl, se dissout en ne laissant qu'un peu de plomb et de cobalt, il est donc composé surtout de silice.

La composition de ce violet, d'après l'analyse quantitative, est :

Silice	18,90
Oxyde de plomb	65,75
Oxyde de manganèse (Mn^3O^4)	1,60
Oxyde de cobalt CoO	0,30
Oyde de fer	0,20
Alumine	0,65
Chaux	0,10
Magnésie	traces
Soude	0,23
Potasse	0,07
Acide carbonique	8,98
Eau combinée	1,80
Humidité (à 100°)	0,47
	99,05

Ces chiffres se rapprochent beaucoup de ceux trouvés par l'analyse du jaune (*hoang*), et il se pourrait qu'il fût composé d'une façon analogue, c'est-à-dire par

(1) Trois parties de minium pour une de silice.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le simple mélange de céruse (hydrocarbonate de plomb), de minerai de manganèse cobaltifère et de silex broyé.

Si on calcule, d'après les proportions trouvées, les quantités respectives entrées dans la composition de ce violet, on trouve :

76 de céruse ($2\,PbCO^3 + PbH^2O^2$)
3 *Leao*, manganèse cobaltifère.
19 Silice, *Che-mo*.

Cet émail fondu sur la porcelaine donne une couleur d'un violet rabattu, n'ayant pas le brillant du violet évêque de nos vitraux, mais il est encore d'un ton très agréable, s'harmonisant fort bien avec la plupart des couleurs de la palette chinoise, entre autres avec le turquoise, comme on peut en juger par les pièces orientales où ces deux émaux se trouvent souvent réunis.

La composition des émaux chinois pour fonds, qu'Ebelmen et Salvetat avaient désignés sous le nom de couleurs de demi-grand feu, se trouve par ces analyses bien établie ; ce sont des émaux analogues à ceux employés à la décoration des porcelaines au feu de moufle, mais ils s'en distinguent en ce que le fondant, au lieu d'être composé de silice, d'oxyde de plomb et d'alcalis à peu près dans les mêmes proportions que dans le flint-glass, est fait pour le jaune *hoang*, le violet *Tzé* et le vert *Lu* de silice et d'oxyde de plomb sans alcalis dans un rapport voisin de PbO,SiO^2. Ce fondant, qui est analogue à notre fondant rocaille, est, relativement aux fondants alcalins, peu fusible, et il exige une température assez élevée (le point de fusion de l'argent) pour s'étendre en une couche bien unie sur les porcelaines qu'il recouvre, d'autant plus que ce verre plombeux n'acquiert pas, en fondant, la fluidité des émaux alcalino-plombeux employés au feu de moufle.

Les fondants riches en oxyde de plomb, favorisent, comme on le sait, le développement du ton jaune apporté par l'oxyde de fer et ils sont nécessaires pour que l'oxyde de cuivre donne un ton vert.

Pour que l'oxyde de cuivre produise un émail turquoise, il faut que le fondant soit alcalin et peu plombeux; aussi voit-on dans la composition du *Fatsouei* le plomb disparaître et la potasse seule subsister; la silice et la potasse sont dans cet émail dans le rapport $2{,}5\ SiO^2.K^2O$, milieu dans lequel l'oxyde de cuivre prend très facilement le ton bleu vert de la turquoise.

La simplicité avec laquelle les Chinois préparent leurs émaux pour fonds est vraiment remarquable, ils ne font que mélanger les matières premières, et, sans leur faire subir aucune vitrification préalable, ils les emploient à la décoration de leurs porcelaines.

Ce mode d'opérer doit certainement retarder le point de fusion de l'émail; en moufle, où la cuisson est assez rapide, il donnerait certainement de médiocres résultats; mais il ne doit plus en être de même quand ces émaux sont soumis au feu prolongé qu'exige une cuisson dans un four à porcelaine.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

RECOMPOSITION DES PATES ET COUVERTES ANALYSÉES. — Ces nombreuses analyses terminées, j'ai cru devoir, pour en contrôler l'exactitude, reproduire au laboratoire les produits chinois sur lesquels elles avaient porté, en me basant sur leurs résultats numériques.

N'ayant pas à ma disposition des matières premières identiques à celles de Chine, j'ai mis en œuvre, pour reconstituer pâtes et couvertes, les matières que nous utilisons à Sèvres dans notre fabrication, c'est-à-dire le kaolin de Saint-Yrieix, la pegmatite du Limousin, le feldspath orthose et le sable quartzeux de Fontainebleau ; quant au mica, qu'on trouve en grande abondance dans la fabrication chinoise, je l'ai pris à l'état de beau mica de Russie en feuilles, amené à l'état plastique par un broyage soigné suivi de lévigation.

Ces diverses substances ont les compositions suivantes :

	Kaolin de Saint-Yrieix.	Mica.	Feldspath.	Pegmatite.
SiO^2	44,50	44,67	64,98	75,35
Al^2O^3 (Fe^2O^3)	37,90	38,20	19,51	15,04
CaO	0,13	0,34	0,23	0,78
MgO	0,13	0,38	»	»
K^2O	0,39	9,81	12,92	4,51
Na^2O	0,34	0,92	2,47	4,14
H^2O (perte au rouge)	13,38	4,46	0,24	0,13
Eau hygroscopique	4	Fl = 0,52	»	»
	100,77	99,30	100,35	99,95

Le sable quartzeux de Fontainebleau est assez pur pour être considéré comme silice pure.

La composition de la pâte chinoise de la manufacture impériale renferme, si on la suppose cuite :

Silice	69,70
Alumine	24,50
Chaux	0,19
Potasse	2,81
Soude	3,00
	100,20

C'est cette porcelaine, prise comme type, que nous avons préparée, soit avec l'introduction de mica comme dans les pâtes chinoises, soit sans mica, comme dans les porcelaines européennes.

La pâte micacée a été faite en mélangeant soigneusement le kaolin, le mica, le feldspath et le sable finement pulvérisés dans les proportions suivantes :

	SiO^2.	Al^2O^3.	K^2O.	Na^2O.	CaO.	MgO.
32 Kaolin	14,24	12,13	0,12	0,10	0,04	0,04
18 Mica	8,04	6,87	1,77	0,62	0,06	0,07
25 Feldspath	16,24	4,87	3,23	0,62	0,06	»
31 Sable quartzeux	31,00	»	»	»	»	»
	69,52	23,87	5,12	1,34	0,16	0,11

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cette pâte ainsi préparée a une bonne plasticité, elle se moule et se coule facilement.

La pâte sans mica, de même composition centésimale, a été composée de :

		SiO^2.	Al^2O^3.	K^2O.	Na^2O.	CaO.	MgO.
42	Kaolin	18,69	15,92	0,16	0,14	0,05	0,05
38,7	Feldspath. . . .	25,20	7,57	5,04	0,95	0,14	0,15
26,0	Sable quartzeux.	26	»	»	»	»	»
		69,89	23,49	5,20	1,09	0,19	0,20

Cette pâte se confond presque avec celle que nous avons, M. Lauth et moi, introduite en 1882 à la manufacture de Sèvres.

Les couvertes incolores destinées à ces pâtes ont été composées d'après les renseignements que Scherzer nous a donnés sur le *Pé-yeou*, et aussi d'après l'analyse de la couverte indiquée par lui comme destinée à recouvrir les rouges sous couverte, et que j'estimais être très probablement une simple couverte incolore.

En premier lieu, n'ayant pas de couverte incolore chinoise authentique, j'en ai composé une d'après les données des Chinois en employant le *Yeou-ko* de *Koui-ki* mélangé avec de la craie dans les proportions ci-contre :

	N° 1.	N° 2.
Yéou-Ko	90	80
Craie	10	20

Ces couvertes contiendraient, en déduisant leur composition de l'analyse du *Yeou-ko* de *Koui* et en les supposant vitrifiées :

	N° 1.	N° 2.	Analyse de couverte pour rouge Yéou-li-hong.
Silice	74,32	69,46	69,45
Al^2O^3 et Fe^2O^3 . . .	13,79	12,89	15,05
Chaux et MgO . . .	7,08	13,60	10,08
Potasse	2,94	2,74	3,30
Soude	1,87	1,31	2,12

Des échantillons des deux pâtes avec et sans mica dont on vient de donner la composition, émaillés avec les trois couvertes ci-dessus, ont été cuits, conjointement avec des échantillons de pâte chinoise émaillés avec ces mêmes couvertes, à la température de 1 290° à 1 300°, dans un four à gaz Perrot.

Les pâtes reconstituées et la pâte chinoise authentique ont donné des résultats semblables et très satisfaisants; toutes les couvertes ont pris un glacé convenable et n'ont présenté aucune tressaillure ni autre accident.

La pâte contenant du mica donne une porcelaine dont l'aspect se rapproche beaucoup de celle de Chine; la porcelaine cuite en feu oxydant est d'un ton

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gris ambré, sa transparence est rousse; en feu réducteur, sa transparence est plus grande et elle prend le ton gris vert bleuâtre, caractéristique des porcelaines chinoises.

La pâte sans mica, en cuisson oxydante, produit une porcelaine plus blanche, plus transparente que celle qui en contient, et cela parce que le mica que j'ai dû employer contenait une assez grande quantité d'oxyde de fer et de rutile pour colorer la pâte; en cuisson réductrice, la pâte sans mica se rapproche beaucoup, comme transparence, de la pâte micacée, mais son ton n'est pas aussi verdâtre, en cela elle s'éloigne de l'aspect des porcelaines orientales.

D'après ces essais de laboratoire, la présence ou l'absence du mica dans la pâte ne semble pas avoir une grande influence sur la porcelaine obtenue, néanmoins il est très probable qu'au point de vue de la fabrication en général, c'est-à-dire du façonnage, du séchage, de l'émaillage, de la résistance à la déformation pendant la cuisson, le mica, ou tout au moins le mica apporté dans les pâtes chinoises par les *Pé-tun* et *Yéou-ko*, matières qui, broyées, sont tout à la fois plastiques et fusibles, apporte à la pâte des qualités de résistance et des facilités pour tout le travail que des recherches de laboratoire n'ont pu mettre suffisamment en évidence. Le mica mis au feu sous la forme des tétraèdres analogues aux montres Seger ne commence à se déformer que 60° environ après le feldspath, ce seul fait autorise à conclure qu'une porcelaine faite avec des roches micacées sera moins sujette à se déformer à la cuisson qu'une porcelaine qui contenait du feldspath.

Ces premiers essais ayant établi que les formules données pour les couvertes faites avec le *Yéou-ko* étaient bonnes, et aussi que la couverte dite pour rouge sous couverte était bien une couverte incolore, je les ai reconstituées de toutes pièces avec les matières premières françaises dont j'ai donné la composition, en calculant les proportions d'après mes analyses et en y faisant, ou non, entrer du mica.

J'ai ainsi été amené à composer les couvertes à 10 et 20 p. 100 de craie de la façon suivante :

Couvertes avec mica :

	N° 1.	N° 2.
Quartz broyé	48,5	43
Mica	28,2	25
Feldspath.	13	12
Craie.	12	21,5

Couvertes sans mica :

	N° 1.	N° 2.
Quartz broyé	39,9	35,3
Feldspath.	33,1	29,8
Kaolin	18,7	16,6
Craie.	12	21,5

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour reconstituer la couverte chinoise destinée d'après Scherzer à recouvrir le rouge sous couverte, j'ai mélangé :

	Sans mica.	Avec mica.
Quartz broyé	32	38,7
Feldspath	36	19,7
Kaolin	17	0
Mica	0	25,8
Craie	16	16

Ces couvertes, micacées ou non, appliquées sur les pâtes venant de Chine ou sur celles que nous avons reproduites d'après les analyses, se sont toutes bien fondues, ont pris un beau glacé et n'ont présenté aucune tressaillure.

Cuites à 1 300° environ, celles de ces couvertes qui sont le moins calcaires n'acquièrent pas une grande fluidité, elles restent huileuses et ne coulent pour ainsi dire pas vers le pied des pièces qu'elles émaillent; cette fixité de la couverte explique la netteté des décors sous couverte qu'on voit sur les vases orientaux, et aussi la possibilité pour les Chinois de rapporter de la pâte sur la couverte crue sans que les dessins exécutés avec cette pâte soient déformés après cuisson; la couverte ne se déplaçant pas, il s'ensuit forcément que les décors mis soit dessus, soit dessous la couverte, restent tels que l'artiste les a disposés.

Les résultats que nous avons obtenus avec ces pâtes et couvertes ainsi reconstituées confirment donc nettement dans les pâtes et couvertes chinoises la présence du mica que l'analyse y avait décelée.

Céladon. — Pour introduire dans cette couverte l'oxyde de fer, seul colorant dont la présence ait été constatée par l'analyse dans le céladon chinois, j'ai employé une argile ferrugineuse qui contenait :

Silice	56,95
Alumine	20,97
Peroxyde de fer	11,10
Oxyde salin de manganèse	0,04
Chaux	0,18
Magnésie	0,16
Potasse	2,78
Soude	0,91
Perte au rouge (H^2O)	6,88
	99,97

L'eau oxygénée décèle la présence de l'acide titanique dans cette argile.

Le calcul indique que, pour avoir une couverte céladon de même composi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tion que celui de Chine, on doit mélanger cette argile avec les matières spécifiées précédemment dans les proportions suivantes :

Argile ferrugineuse	12
Kaolin argileux	12
Feldspath	30
Sable quartzeux	32
Craie	14

Après cuisson la couverte ainsi préparée glace bien et ne présente pas de tressaillures ni sur les pâtes chinoises authentiques ni sur celles reconstituées de toutes pièces.

La composition de la couverte a certainement de l'importance pour la production du ton fin si recherché du céladon, sa cuisson en a une encore plus grande.

Si l'on cuit la couverte composée, comme il vient d'être dit, en même temps que du céladon de Chine en feu oxydant, l'un et l'autre prennent un ton jaune ocre clair ; ce n'est que lorsque l'atmosphère est au moins aussi réductrice que pour la production du rouge de cuivre que l'on obtient, aussi bien avec la couverte reconstituée qu'avec celle venue directement de Chine, la belle couleur verdâtre spéciale qui caractérise le céladon.

Chaque fois que dans nos essais le céladon chinois a bien pris son ton, il en a été de même pour la couverte composée comme il vient d'être dit.

La production du céladon est néanmoins plus délicate à régler que celle du rouge ; c'est sans doute pour cela qu'un porcelainier chinois, pour être consacré cuiseur, doit savoir mener à bien une fournée contenant des vases recouverts de céladon.

Vert bronze. — Cette couverte se rattache, comme nous l'avons vu par analyse, directement au céladon ; de même que lui, elle ne contient comme colorant que l'oxyde de fer, mais en plus forte proportion. Pour la reconstituer on a pris :

Argile ferrugineuse	30
Feldspath	26
Kaolin argileux	10
Sable quartzeux	22,5
Craie	12

Ces matières finement broyées sont simplement mélangées ; c'est ainsi que les Chinois opèrent pour toutes les couvertes, sauf le rouge, ils évitent par là toutes les complications de fusion et de frittage qui du reste enlèveraient à leurs couvertes la plasticité qui leur est nécessaire pour pouvoir émailler les porcelaines crues comme ils le font constamment ; la pratique de dégourdir les pièces avant l'émaillage leur est totalement inconnue, comme on l'a déjà fait observer.

Cette couverte préparée comme il vient d'être dit et le vert bronze chinois

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ont pris, cuits à 1 300° en atmosphère réductrice, le même ton et le même glacé sans présenter de tressaillures, qu'ils aient été appliquées sur la pâte chinoise vraie ou celles qui en étaient les copies.

Bleu. — Nous avons constaté par l'analyse que le bleu chinois contenait moins de 0,5 p. 100 d'oxyde de cobalt, cette quantité nous paraissait bien minime pour être capable de donner le ton que possèdent les vases chinois recouverts de cette couverte; il n'en est rien, car si on introduit 0,40 d'oxyde colorant dans la couverte, on voit après cuisson que cette quantité est suffisante pour donner le ton bleu des Chinois, mais à la condition de poser sur les pièces la couverte à la forte épaisseur, qu'ils ont coutume d'employer sur leurs vases.

On a mélangé intimement pour reproduire le *Tsi-tsing :*

Oxyde de cobalt	0,40
Bioxyde de manganèse	1,80
Colcotar	1
Kaolin argileux	14
Pegmatite	65
Sable broyé	8,40
Craie	11

Les quatre premières matières indiquées dans cette composition représentent celles apportées par le *Leao;* les trois dernières remplacent le *Yeou-ko* et le *Hoei-yeou.*

Le bleu, ainsi composé par simple mélange, posé sur les porcelaines avec ou sans mica, cuit en feu réducteur, donne des résultats identiques à ceux du *tsi-tsing* soumis à la même cuisson ; ils ne prennent l'un comme l'autre le ton bleu rabattu qu'ils doivent avoir que lorsque leur épaisseur est suffisante.

Noir. — Pour reconstituer le noir d'après l'analyse du *Ou-kin*, on a employé les mêmes matières premières que pour le vert-bronze et le bleu, comme le font du reste les Chinois; on a mélangé avec soin :

Argile ferrugineuse	40
Sable quartzeux	25,5
Feldspath	10
Colcotar	4
Bioxyde de manganèse	3
Oxyde de cobalt	0,4
Craie	17

On obtient ainsi, en cuisant en atmosphère réductrice, un beau noir chaud, identique au *Ou-kin* chinois, et qui, comme lui, est plus fusible que les couvertes étudiées précédemment.

Les Chinois doivent, comme je l'ai déjà dit, rechercher cette plus grande

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fusibilité de la couverte noire pour pouvoir la cuire dans la partie de leur four voisine de la cheminée, endroit où la température est sûrement moindre que près du foyer.

Pour pouvoir cuire au laboratoire le noir en même temps que le céladon, le vert bronze et le bleu, il a fallu diminuer la quantité de craie et la réduire de 17 à 14 dans sa composition.

Craquelés. — Nous avons vu que les couvertes pour craquelés ne contiennent aucune autre substance que celles que l'on trouve dans le *Yeou-ko* et le *pé-tun* de *San-pao-pong* qui, d'après les Chinois, entrent dans leur composition ; cuite dans le four à gaz du laboratoire vers 1 300°, la couverte pour craquelé fin de l'envoi Scherzer donne un très joli truité à lignes presque circulaires ; la couverte destinée à produire les grandes craquelures n'en donne pas dans ces conditions, mais dès que la température de cuisson a été légèrement augmentée des réseaux à grandes mailles se sont développés sur les pièces.

La pegmatite du Limousin, bien que plus riche en alcali, a une composition centésimale assez voisine de la couverte chinoise pour craquelé fin pour qu'on pût supposer qu'elle donnerait sur les porcelaines du genre chinois des craquelures, c'est en effet ce qui a lieu ; la pegmatite employée telle quelle sur la pâte chinoise a donné, cuite à 1 300° environ, un craquelé assez fin, mais composé de lignes trop droites, d'un aspect moins joli que celui obtenu avec la couverte chinoise.

Pour se rapprocher de la composition donnée par l'analyse de la couverte à craquelures fines, on a fait le mélange :

Pegmatite	75
Sable quartzeux	15
Kaolin argileux.	10

La couverte ainsi préparée donne, après cuisson, une craquelure fine, vermiculée, qui si elle ne présente pas encore toute la finesse de celle de Chine, s'en rapproche beaucoup.

Pour reproduire les grandes craquelures, on a fait par simple mélange les deux compositions qui suivent :

	N° 1.	N° 2.
Feldspath.	60	60
Kaolin argileux . .	10	14
Craie.	2	4
Sable quartzeux. .	30,5	21,5

La première de ces compositions donne dans les conditions ordinaires de cuisson des pâtes chinoises de grandes craquelures ; la deuxième dans ces circonstances n'en donne pas, et ce n'est que lorsqu'on élève le point de cuisson qu'on les voit apparaître formant sur la pièce cuite de grandes mailles.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Rouge de cuivre (*Kun-Hong*). — Sans faire entrer dans la composition de la couverte rouge de cuivre, déduite de l'analyse, la multiplicité de matières vitrifiées employées par les Chinois, j'y ai cependant introduit deux verres plombeux fondus d'avance, l'un constituant un véritable cristal incolore, l'autre contenant des oxydes de cuivre, de manganèse et de fer, mélange qui, après fusion, donne un émail vert olive.

Le cristal incolore s'obtient en fondant :

Sable quartzeux	50
Minium	30
Carbonate de potasse sec	12
Carbonate de soude sec	8

On prépare l'émail vert olive par fusion de :

Cristal ci-dessus fondu	91,5
Oxyde de cuivre	3,4
Bioxyde de manganèse	1,0
Battitures de fer	4,1

Ces deux matières servent à apporter, dans la couverte pour rouge, le plomb que les Chinois prennent dans le *Ting leao;* elles y remplacent aussi plus ou moins le jade artificiel, la limaille de cuivre, les perles de verre, le verre à bouteille, *Pa-li*.

La couverte pour rouge est préparée en broyant finement le mélange de :

Émail vert olive	20
Cristal incolore	20
Pegmatite	30
Kaolin argileux sec	4
Sable quartzeux	20
Craie	13
Carbonate de magnésie	3

dont la composition centésimale correspond à celle trouvée par l'analyse pour le *Kun-houng*, en négligeant le fluor qui n'y figure que pour 1,75 p. 100.

Cuite dans les conditions nécessaires au développement du rouge, la couverte ainsi composée donne un beau rouge identique au *Kun-houng* qui, a chaque cuisson, était mis comme témoin; si, dans une cuisson mal réglée, le rouge reconstitué d'après l'analyse devenait jaune verdâtre, le *Kun-houng* prenait la même coloration.

L'envoi Scherzer contenait un vase cuit en biscuit, revêtu de couverte *Kun-houng* crue; ce vase a été cuit au four Perrot vers 1300°, au laboratoire de Sèvres; la cuisson a parfaitement réussi, et le rouge obtenu était même plus franc de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ton, plus transparent que celui recouvert du même émail qui avait été cuit en Chine.

Je vais en quelques mots décrire la marche suivie pour obtenir dans le four Perrot une cuisson convenablement réductrice pour le développement du rouge, du céladon, et en général de toute la fabrication des porcelaines orientales.

La cuisson se partage en trois périodes d'une heure : la première heure la clé du tuyau d'échappement des produits de la combustion est fermée au 3/4, la clé de l'entrée de l'air dans le brûleur n'est ouverte qu'à moitié; la deuxième heure on ouvre l'entrée d'air, au 3/5, et au 4/5 pendant la dernière heure, et la clé de la cheminée est ouverte alors totalement; le gaz est admis au brûleur sous une pression de $0^m,018$ à $0^m,020$. Dans ces conditions, que la température ait été amenée à 1 250° ou à 1 300°, j'ai constamment obtenu le rouge de cuivre aussi bien avec la couverte chinoise qu'avec celle refaite d'après l'analyse.

Rouge sous couverte (*Yéou-li-houng*). — Pour reconstituer cette matière d'après son analyse, j'ai mélangé et broyé avec soin :

20 Argile ferrugineuse (dont j'ai donné l'analyse ci-dessus).
66 Craie.
14 Cuivre précipité par le zinc.

Ce mélange et le *Yéou-li-houng* appliqué sur porcelaine sous forme de traits, recouverts ensuite avec la couverte désignée par Scherzer comme employée pour émailler les rouges sous couverte, ne m'ont que rarement donné le ton rouge qu'elles auraient dû prendre, même dans les cuissons où la couverte *Kun-houng* avait bien pris son ton rouge ; mais chaque fois que le *Yéou-li-houng* est devenu rouge, il en a été de même du rouge reconstitué; dans les non-réussites le type et la copie ont constamment été de la même couleur, tantôt vert, tantôt jaune à peine verdâtre.

Bien que je n'aie pas réussi, dans la cuisson rapide du four à gaz, à saisir les conditions à remplir pour arriver à coup sûr à développer le rouge sous couverte, la similitude des résultats obtenus avec l'original et la copie prouve bien l'exactitude de l'analyse que j'ai faite du *Yéou-li-houng* et celle de sa reconstitution.

Du reste, nous savons que la production du rouge sous couverte est considérée en Chine comme une des opérations les plus délicates à bien conduire.

Bleu sous couverte. — La fixité des bleus, et en général de toutes les couleurs sous couverte, dépend non seulement de la nature de la couleur employée, mais encore de la fluidité de la couverte qui la recouvre au moment où elle est en pleine fusion; quand la couverte prend bien sa transparence et son glacé sans se déplacer sur la pièce qu'elle recouvre, la couleur reste fixe, à condition toutefois qu'elle ne soit pas trop fusible par elle-même, et qu'elle ne contienne

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pas une quantité telle d'oxyde colorant qu'il tente à se diffuser dans la couverte.

Les couvertes chinoises remplissent bien ces conditions, elles forment à leur point de cuisson un verre de fusibilité pâteuse et le *Leao* est pauvre en cobalt, aussi les décors en bleu ont-ils une grande fixité.

Scherzer nous apprend que les chinois emploient comme bleu sous couverte le *Leao*, il en a rapporté plusieurs échantillons; je les ai essayés sous couverte dans une atmosphère réductrice pour ajouter le ton vert céladon du fer au bleu du colbalt, aucun n'a donné le ton fleuri de certains bleus qu'on rencontre sur d'anciennes porcelaines chinoises.

Pour reconstituer le *Leao* analysé, on a finement broyé :

Kaolin du Limousin.	78
Oxyde de cuivre.	1
Colcotar.	2,5
Bioxyde de manganèse.	27,5
Oxyde de cobalt.	5,0

Cuit en même temps que le *Leao* Chinois sous la même couverte, ce mélange a constamment donné les mêmes résultats que lui, c'est-à-dire un bleu rabattu vers le gris d'une grande fixité. Ici s'arrêtent les essais que j'ai entrepris pour vérifier les analyses des matières employées en Chine à la fabrication de la porcelaine. On a vu qu'ils ont presque tous donné des résultats satisfaisants.

Je crois qu'après les travaux d'Ebelmen et Salvetat et l'étude que l'envoi Scherzer m'a permis de faire, on peut dire que de toutes les fabrications de porcelaine, c'est celle de Chine qui est la mieux connue.

S'il reste encore quelques points obscurs sur ce sujet, ils sont relatifs aux procédés de façonnage ou de cuisson et ils ne pourraient être éclaircis que par un porcelainier, habile en pratique et en théorie, auquel il serait possible de fréquenter pendant plusieurs mois les ateliers de *King-te-Chen*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PHOTOGRAPHIE

LES RELIEFS PHOTOGRAPHIQUES, par **M. Marion,** *ingénieur en chef des ponts et chaussées à Arras* (1).

La communication que je vais avoir l'honneur de vous faire est relative à l'obtention de reliefs par des procédés exclusivement photographiques, — consistant à faire agir la lumière, à travers un cliché, sur une plaque de gélatine bichromatée bien sèche. Dès 1854, Poitevin avait indiqué les modifications qu'éprouvent les substances gélatineuses, gommeuses ou mucilagineuses additionnées de bichromate de potasse, sous l'action de la lumière. Si, en particulier, nous prenons une plaque de gélatine bichromatée bien sèche, elle subit, lorsqu'elle est insolée, deux modifications bien distinctes :

1° Les parties insolées cessent d'être solubles dans l'eau chaude, tandis que celles qui n'ont pas reçu l'action de la lumière restent solubles ;

2° Les parties insolées perdent la propriété de se gonfler en absorbant de l'eau froide, tandis que celles qui n'ont pas subi l'action de la lumière conservent cette propriété.

Les modifications subies par l'action de la lumière sont du reste d'autant plus profondes que cette action a été plus énergique. De là, à utiliser cette propriété pour obtenir des images en relief il n'y a qu'un pas. Prenons une plaque de gélatine bichromatée bien sèche, appliquée sur un fond rigide, verre, ébonite, métal, soumettons-la sous un cliché présentant toute la gamme des valeurs, depuis le noir opaque jusqu'au blanc pur (celui-ci étant formé par les parties où les sels d'argent ont été entièrement dissous dans l'hyposulfite) à l'action de la lumière pendant un temps suffisant, et développons-la.

Si nous la développons à l'eau chaude, les parties qui se trouvaient sous les grands clairs du cliché ne seront pas attaquées ; celles qui se trouvaient sous les noirs opaques seront dissoutes entièrement et laisseront le fond à découvert. Quant à celles qui se trouvaient sous les parties plus ou moins teintées, elles auront été plus ou moins insolubilisées, et, après développement, leur hauteur au-dessus du fond sera *inversement* proportionnelle à la valeur correspondante du cliché.

Si, au contraire, nous développons la plaque en l'immergeant simplement

(1) Communication faite en séance, le 9 février 1900.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans l'eau froide, les parties qui se trouvaient protégées contre l'action de la lumière atteindront le gonflement maximum. Celles qui ont été le plus fortement insolées gonfleront peu ou point si l'insolation a été suffisante. Quant aux parties intermédiaires, leur gonflement sera proportionnel, et, cette fois, *directement proportionnel* à la valeur correspondante du cliché. On voit donc que, avec le même cliché, et suivant que l'on développe à chaud ou à froid, on pourra obtenir soit un creux, soit un relief.

Les premières applications de ce procédé, faites par Poitevin, paraissent avoir présenté des reliefs peu accentués. Il semble s'être borné à des essais faits en vue de la gravure, en provoquant sur des reliefs en gélatine bichromatée, obtenus au moyen de clichés au trait, un dépôt galvanique de cuivre. Il a indiqué également la possibilité d'obtenir des lithophanies, en moulant au plâtre des reliefs obtenus sur gélatine au moyen de clichés d'après nature et en coulant du kaolin dans ces moules. Il fit à ce sujet, en 1864, une communication à la Société française de Photographie.

Mais il ne paraît pas avoir envisagé la possibilité, entrevue plus tard, d'obtenir, par l'action de la lumière sur la gélatine bichromatée, des reliefs suffisants pour la bijouterie ou la médaille, tels que peut les produire le modelage.

Les recherches de Poitevin sur les applications de la gélatine bichromatée furent poursuivies par d'autres dans diverses directions. Elles donnèrent lieu à divers modes de reproduction de dessins soit par impression aux encres grasses, soit par l'emploi de gélatine colorée d'épaisseur variable comme le procédé Woodburay. Nous n'y insisterons pas, les applications étant étrangères à l'objet qui nous occupe.

En 1870, MM. Maquet, Davanne et Jenrenaud appliquèrent les principes découverts par Poitevin pour obtenir le filigranage du papier. Celui-ci était appliqué contre un relief en gélatine aluné et bien séché, obtenu par le développement à l'eau chaude d'une couche de gélatine bichromatée insolée sous un cliché, et le tout était passé au laminoir. A l'Exposition ouvrière de 1878, M. Magnin, de Barfleur, se vit décerner une récompense pour des bas-reliefs obtenus par la seule intervention de la lumière agissant à travers un cliché sur la gélatine bichromatée. M. Magnin paraît avoir surtout cherché à faire des portraits, il opérait pour cela au moyen de clichés faits d'après nature. Dans le mémoire qu'il a publié, il recommande d'employer des clichés durs et heurtés, de blanchir les parties saillantes avec de la poudre de riz, notamment le sommet de la coiffure, l'arcade sourcilière, l'arête du nez, etc. On verra plus loin, qu'avec cette manière d'opérer, alors même qu'il eût pu obtenir des saillies suffisantes, il n'avait qu'un bas-relief où les choses ne pouvaient être à leur place, et présentaient des déformations dues à ce que l'éclairage de chaque point du modèle ne pouvait être proportionnel à sa distance au-dessus du fond.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Son mode opératoire est très sensiblement le même que celui qu'a décrit en 1893 M. Fisch dans son Traité de photographie au charbon.

Depuis cette époque, MM. Hill et Barral ont pris, vers 1896, pour l'obtention de reliefs et notamment de portraits au moyen de la gélatine bichromatée, un brevet d'invention autour duquel les journaux anglais et américains ont fait grand bruit, et MM. Hill et Barral ne paraissent avoir rien inventé, mais s'être simplement convaincus, en employant le procédé de M. Magnin ou tout autre analogue, que le cliché d'après nature ne peut pas donner grand'chose de bon, à moins d'être fortement retouché. Leur brevet revendique en effet, comme leur appartenant en propre :

1° La correction, soit de l'épreuve positive du cliché, soit du négatif au moyen des procédés ordinaires de la retouche et du maquillage;

2° L'expansion verticale du relief de la gélatine au moyen d'un acide, l'acide citrique de préférence, pour augmenter ce relief;

3° La reproduction de ces reliefs en métal ou en une matière plastique.

Toutes ces opérations, sauf peut-être l'expansion du relief par l'emploi d'un acide, avaient été indiquées dès l'origine par Poitevin et on ne voit guère ce qu'il y a de brevetable dans la prétendue invention de MM. Hill et Barral.

Il me faut enfin mentionner la production de portraits en relief publiée vers la fin de 1898, — baptisée *photostérie* par son auteur, M. Lernac. Son procédé se distingue de ceux employés jusqu'à ce jour par la manière dont il obtient le cliché qui lui sert à impressionner sa gélatine bichromatée. Il superpose pour cela deux négatifs d'après nature, obtenus à la lumière artificielle avec des éclairages et des intensités différentes. Les résultats sont incontestablement supérieurs à ceux de M. Magnin. Mais encore exigent-ils, pour être suffisants, une forte retouche des clichés.

Dès 1893, époque à laquelle j'avais commencé à m'occuper de la production de reliefs par la gélatine bichromatée, j'étais arrivé à me convaincre que l'emploi de clichés d'après nature ne pouvait donner que des résultats inacceptables au point de vue du modelé, à moins de leur faire subir à eux-mêmes, ou à un agrandissement de ces clichés, un travail de retouche tellement important que le procédé n'était plus pratique.

Si, en effet, on veut représenter en bas-relief un objet quelconque, il est évident, qu'en chaque point du bas-relief la saillie est parfaitement déterminée par la saillie maximum du point qui, dans la nature, est le plus rapproché du spectateur.

Pour obtenir un bas-relief dont les saillies soient justes, où chaque point soit bien à son plan, et dont, par conséquent, le modelé soit juste, il faut qu'en chaque point du cliché la valeur soit proportionnelle à la saillie que, sur le bas-relief, ce point devra avoir au-dessus du fond.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Sans parler même des ombres portées et des reflets qui auraient pour résultat d'amener une perturbation complète dans les plans du relief, je ne crois pas qu'il soit possible au moyen d'une source d'éclairage unique ou de sources multiples, agissant simultanément ou successivement, d'arriver à remplir les conditions requises pour obtenir un relief correct, à moins de retoucher considérablement le cliché. C'est donc, en faisant un cliché d'après un dessin où, en chaque point, la valeur soit directement en rapport avec la hauteur que devra avoir ce point au-dessus du fond dans le relief, que l'on peut arriver à produire des reliefs corrects.

Fig. 1.

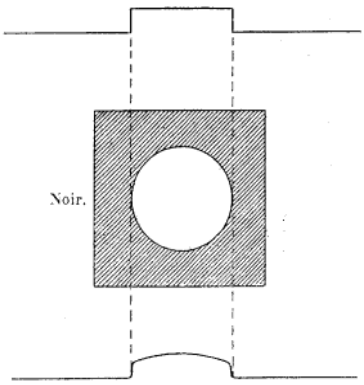


Fig. 2.

Je ne saurais mieux comparer ce dessin qu'à un plan à courbes de niveau, dont les différentes zones comprises entre deux courbes de niveau sont teintées avec des valeurs différentes : le blanc absolu correspondant aux points les plus saillants, le noir absolu correspondant au fond, et les valeurs des teintes des différentes zones étant inversement proportionnelles à leur cote.

Je dois faire observer, toutefois, que la proportionnalité des valeurs à la cote au-dessus du fond n'est pas toujours une condition absolument suffisante pour obtenir exactement le modelé désiré; il est nécessaire de recourir à un artifice, lorsqu'il s'agit d'obtenir de brusques dénivellations dans la surface du relief.

Supposons, par exemple, et pour préciser, que nous ayons à produire, en

Fig. 3.

Fig. 4.

relief, un disque posant sur le fond. (Le cas se présente pour les besants d'un écusson.)

Le dessin, d'après lequel nous ferons un cliché, représentera un cercle blanc sur fond noir. — Le cliché donnera un cercle noir sur le fond blanc du verre. Au développement de la gélatine insolée sous le cliché, nous devrions obtenir, théoriquement, la forme indiquée par la figure 1.

Mais en raison de la continuité de la masse de la gélatine, il se produit sur la surface des tensions qui la déforment, et au lieu de la coupe théorique de la figure 1 nous obtenons en réalité celle de la figure 2, — où la surface du disque au lieu d'être plane est bombée et où cette surface se raccorde au fond au moyen

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de deux congés de sens inverse qui amollissent le contour. Pour parer à cet inconvénient, il suffit de teinter légèrement le cercle blanc sur le dessin en laissant, pour le limiter, un serti d'un blanc bien pur. — La coupe théorique de la surface obtenue sur la gélatine est indiquée par la figure 3, et en réalité on obtient la coupe de la figure 4, dont les bords sont suffisamment fermés.

Le dessin qui est la partie capitale de l'opération une fois terminé, on en fait un cliché qui, pour donner de bons résultats, doit être très brillant, mais un peu dur (les photocopies obtenues avec un semblable cliché sont en général plutôt médiocres). Il s'agit maintenant, pour l'obtention du relief, d'utiliser l'action de la lumière sur la gélatine bichromatée.

Ce mode opératoire est extrêmement simple et fort analogue à celui qui a été exposé dans l'ouvrage de M. Fisch.

Sur une glace dépolie, on coule dans un cadre de la gélatine fondue dans quatre fois environ son poids d'eau et additionnée, en proportion variable suivant le relief à obtenir, de glycérine et de sucre. La gélatine, pour les plus hauts reliefs que j'aie cherché à obtenir, a été coulée dans une épaisseur de 4 millimètres qui se réduit par la dessiccation à environ 9 dixièmes de millimètre.

La dessiccation doit se faire très rapidement, à une température aussi haute que le permet la facile fusibilité de la gélatine, et en la hâtant au moyen du chlorure de calcium.

Si la dessiccation marchait trop lentement, la gélatine se moisirait et serait perdue.

Une fois sèche, on la sensibilise dans un bain de bichromate de potasse à 3 p. 100 au plus, où elle doit tremper un temps suffisant pour être imprégnée de bichromate jusqu'au verre qui lui sert de support; avec une plaque où la gélatine sèche a une épaisseur de $0^{mm},9$, il faut environ une heure et demie d'immersion.

Elle est ensuite séchée de nouveau dans l'obscurité.

Une fois sèche, elle est exposée à la lumière diffuse, sous le cliché, pendant une durée variable suivant l'état du ciel et la saison, mais qui n'est guère inférieure à deux jours. Il faut veiller à l'orientation du châssis de manière que la lumière arrive dans le même sens. On peut même exposer le châssis au soleil, mais en ayant soin que la glace soit toujours perpendiculaire aux rayons solaires, ce qui est fort assujettissant, à moins de posséder un héliostat. Cette manière de procéder peut, du reste, avoir l'inconvénient d'amener la fusion de la gélatine, si elle n'a pas été desséchée à fond. Le dessin se forme peu à peu en positif brun sur le fond de la gélatine, protégée contre la lumière qui reste jaune clair.

L'insolation terminée, la gélatine est plongée dans l'eau froide, que l'on renouvelle plusieurs fois, et qui la débarrasse de bichromate. Elle s'y développe

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

peu à peu, c'est-à-dire que le relief monte insensiblement; au bout d'un jour et demi ou deux, lorsque toute trace de bichromate a disparu, — et le développement est terminé, — on passe alors la gélatine au formol ou à l'alun de chrome, afin de la tanner et de lui permettre de supporter les opérations subséquentes consistant en moulage pour reproduire le relief en une matière plus durable que la gélatine.

Le procédé que je viens d'expliquer se prête à de nombreuses applications, notamment à la bijouterie et à l'orfèvrerie, où il permet de réduire dans une proportion considérable les frais de certains modèles.

Il présente le très grand avantage de faciliter la reproduction d'un même modèle à des échelles différentes. Il suffit pour cela de faire un cliché à la dimension voulue, en lui donnant une densité appropriée à cette dimension.

Il évite, par conséquent, l'emploi du pantographe, qui est toujours long et coûteux. Il permet d'arriver à des résultats excellents, à condition de ne pas lui demander plus qu'il ne peut donner.

Avec un peu de pratique, l'exécution du dessin qui sert de base à l'emploi du procédé ne présente aucune difficulté; tout au moins pour tout ce qui est ornement, lettres, fond d'architecture, etc. Elle est beaucoup plus délicate lorsqu'il s'agit d'aborder la figure, et surtout le portrait, qui exige une précision absolue dans le modelé.

Les dessins et les reliefs que je vais mettre sous vos yeux, vous permettront de vous rendre compte de la façon dont doivent être exécutés les dessins et des résultats que peut donner l'application du procédé.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

COMMERCE

L'INDUSTRIE AMÉRICAINE ET L'INDUSTRIE ANGLAISE

LES CAUSES ET L'AVENIR DE LEUR RIVALITÉ D'APRÈS LES ANGLAIS ET LES AMÉRICAINS, par **E. Biard,** *ancien élève de l'École polytechnique, membre de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, ingénieur principal du matériel des chemins de fer de l'Est.*

Les récentes importations en Angleterre de produits américains, l'achat par le chemin de fer du Midland de locomotives américaines, et enfin l'adjudication du pont de l'Atbara, en Égypte, à des constructeurs des États-Unis, ont appelé d'une façon toute particulière l'attention des industriels et négociants britanniques sur la concurrence heureuse que font aux produits anglais ceux de l'industrie américaine, non seulement en Grande-Bretagne, mais sur de nombreux marchés où, de tout temps, la suprématie industrielle et commerciale de l'Angleterre était indiscutable et indiscutée.

Cette situation qui, depuis quelques mois surtout, s'accuse chaque jour davantage, est de nature à frapper non seulement les Anglais, mais aussi toutes les nations industrielles de l'ancien continent : si, en effet, les progrès de l'Amérique continuent à croître avec la même rapidité que dans ces derniers temps, il pourra en résulter, dans un avenir rapproché, des modifications profondes de l'équilibre du marché international.

La lecture du message annuel, adressé le 5 décembre dernier au Congrès par le président Mac-Kinley (1), permet de se rendre compte de l'extraordinaire prospérité actuelle de l'industrie américaine. La partie de ce document réservée à la situation économique des États-Unis et les chiffres donnés par le rapport du secrétaire du Trésor qui accompagne le Message et le complète font ressortir d'une façon frappante l'extension remarquable du commerce extérieur américain : pour le dernier exercice clos le 30 juin 1899, le montant total des importations et des exportations atteint le chiffre le plus élevé qui ait été relevé jus-

(1) Voir à ce sujet le *Moniteur des Intérêts matériels* du 10 décembre 1899.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qu'alors : le commerce extérieur a plus que doublé depuis 1870 ; il a atteint l'an dernier bien près de 2 milliards de dollars. Pendant cette période de moins de 30 ans, les importations ont diminué par tête d'habitant de 11,30 dollars à 9,15 dollars, soit de 20 p. 100, tandis que les exportations par tête ont augmenté de 10,9 dollars à 16,12 dollars, soit de 58 p. 100 ; et, si l'on remarque que, dans le même laps de temps, la population a passé de 38,5 à 76 millions d'habitants, ayant ainsi sensiblement doublé, on voit que l'Amérique est arrivée, en un temps remarquablement court, à s'affranchir de l'étranger pour beaucoup de produits et on est frappé de l'importance de sa part dans l'alimentation des autres marchés du monde (1).

Depuis quatre ans, en effet, le chiffre total des exportations dépasse 1 milliard de dollars ; en 1898-1899, il a atteint à très peu près celui de 1897-1898 qui s'était élevé à 1 231 millions à cause de l'importance exceptionnelle des expéditions de céréales à l'étranger. — Pour les produits manufacturés, le montant des exportations a, depuis deux ans, dépassé notablement les importations : l'excédent a été de 61 millions de dollars environ en 1898 et 76 millions de dollars en 1899. — La progression du commerce extérieur des États-Unis, particulièrement pour les produits manufacturés, est donc rapide et considérable, et l'Amérique est devenue une rivale puissante et dangereuse pour l'Angleterre qui se considérait encore jusque dans ces dernières années comme l'atelier naturel et désigné de tout l'univers.

Bien que l'année 1899 ait été marquée aussi bien dans ce dernier pays que dans le monde entier par une activité industrielle intense et une grande abondance de commandes, les effets de la concurrence américaine n'en ont pas moins été ressentis d'une façon toute particulière, et l'un des périodiques techniques les plus importants de l'autre côté du détroit vient de publier sur cette question de la compétition américaine une enquête des plus intéressantes.

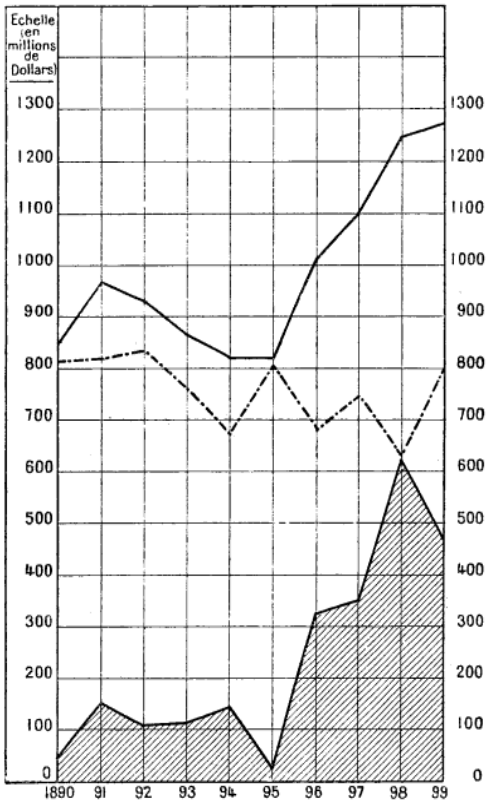
(1) Le mouvement commercial des États-Unis, dans les 10 dernières années, résulte des chiffres suivants :

	Exportations.	Importations.	Excédent d'exportations.	Totaux.
1890. . . doll.	853 399 202	814 909 576	40 489 627	1 670 308 777
1891.	970 265 925	818 364 521	151 901 404	1 788 630 446
1892.	938 020 941	830 490 141	107 530 800	1 768 511 082
1893.	875 831 848	766 239 846	109 592 002	1 642 071 694
1894.	825 102 248	676 312 941	148 589 307	1 501 415 189
1895.	824 860 136	801 669 347	23 190 789	1 626 529 483
1896.	1 005 837 241	681 579 556	324 257 685	1 687 416 797
1897.	1 099 709 045	742 595 229	357 113 816	1 842 304 274
1898.	1 255 546 266	634 964 448	620 581 218	1 890 510 714
1899.	1 275 486 641	799 834 620	475 652 021	2 075 321 261

(D'après le *Moniteur des Intérêts matériels* du 25 février 1900.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En vue de dégager les causes de cette situation relative des deux pays au point de vue économique et de mettre en lumière les côtés les plus importants de cette question d'ailleurs très complexe, l'*Engineering* a fait appel au concours d'un certain nombre de notabilités industrielles ou économistes dont la compétence en la matière fait autorité de part et d'autre de l'Atlantique, les



La courbe en traits pleins est relative aux exportations. La courbe en traits mixtes est relative aux importations. La couche hachurée représente les excédents des exportations sur les importations.

invitant à exposer leurs vues personnelles dans la forme ou selon la méthode qui leur semblerait préférable.

La publication des mémoires reçus par l'*Engineering* s'est poursuivie chaque semaine dans les colonnes de ce journal pendant tout le dernier trimestre de l'année dernière et pendant le mois de janvier. La note de la rédaction qui précède cette publication, en manière d'avant-propos, se termine en exprimant l'espoir que ces études, ainsi que les commentaires auxquels elles pourront

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

donner lieu, auront, pour le plus grand bien de l'industrie britannique, l'avantage de faire ressortir en quoi, sur le terrain de l'industrie, l'Amérique est plus forte et l'Angleterre plus faible, et quelles méthodes il conviendrait de modifier ou d'adopter en Angleterre pour rétablir l'équilibre ou reconquérir la supériorité. « Le véritable moyen de vaincre un adversaire, dit avec beaucoup de sens le rédacteur de l'*Engineering*, n'est pas de le dédaigner, mais de connaître le secret de sa force. »

Nous avons pensé que pour l'industrie française qui se trouve, pour un certain nombre de produits, en concurrence avec l'Angleterre, aussi bien qu'avec l'Amérique, il ne serait pas sans intérêt de connaître les avantages que chacun des concurrents aura reconnus à son adversaire, les causes qu'il aura découvertes à certaines de ses infériorités propres et de mettre à profit, pour nous-mêmes, les enseignements que tous deux comptent tirer de cette étude comparative, dans l'intérêt de la prospérité de leur industrie nationale (1).

L'examen analytique séparé de chacun de ces mémoires nous exposerait à des redites, puisqu'un certain nombre de considérations se retrouvent chez plusieurs de ces auteurs, et même chez tous pour beaucoup d'entre elles.

Il nous a paru préférable de grouper suivant un ordre plus logique les divers points de vue considérés, ce qui nous a permis d'opposer parfois les avis contradictoires émis sur certains côtés de la question, tout en mettant davantage en lumière quelques opinions plus particulières; nous avons pu ainsi mieux

(1) Voici la liste complète des articles parus, avec indication de leurs auteurs :

22 septembre 1899. Colonel Stevens, président de la *Hoboken Ferry C°*, New-York.

29 septembre 1899. G. Howell, membre de la Société statistique de Londres.

6 octobre 1899. W. Kent, ingénieur mécanicien, rédacteur de l'*Engineering News*, New-York.

13 octobre 1899. X., ingénieur anglais.

20 octobre 1899. J. Thomson, ingénieur à New-York.

27 octobre 1899. G. Nicol. Barnes, secrétaire de l'*Amalgamated Soc. of Engineers* à Londres.

3 novembre 1899. O. Smith, président de la *Ferracute Machine C°*, à New-Jersey.

10 novembre 1899. A. P. Head, membre de l'*Institution of Civil Engineers*.

17 novembre 1899. W. Metcalff, ingénieur à Pittsburg.

24 novembre 1899. R. W. Hunk, ingénieur à Chicago.

1er décembre 1899. T. Guelford Smith à Buffalo (New-York).

8 décembre 1899. Robert S. Ball junior, B-Sc à Londres.

15 décembre 1899. Walter M. Mac Farland, ancien ingénieur en chef de la marine des États-Unis.

22 décembre 1899. G. W. Dickie, directeur de l'*Union Iron Works*, à San-Francisco.

29 décembre 1899. X***

5 janvier 1900. Henry Moston, directeur de l'Institut technologique de Stevens.

12 janvier 1900. H. F. J. Porter, ingénieur de *la Bethleem Steel C°*, à South Bethleem, Pa.

19 janvier 1900. Spencer Miller, ingénieur à New-York.

19 janvier 1900. W. J. Keep, directeur de la *Michigan Store C°*, à Détroit (Michigan, E-U.).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

classer les suffrages éclairés que l'*Engineering* s'était proposé de réunir pour les présenter impartialement à ses nombreux lecteurs.

Nous nous abstiendrons, au cours de cet exposé, d'intervenir dans ce vaste débat, laissant à d'autres plus autorisés que nous le soin d'apprécier la valeur des arguments présentés ou des conclusions qui en ont été déduites quant à l'avenir de la suprématie américaine, de prévoir les chances que cette suprématie peut avoir de s'accentuer, enfin de déterminer les phénomènes d'ordre politique, économique ou social qui, dans l'évolution industrielle d'autres nations que l'Angleterre elle-même, sont de nature sinon à détruire, du moins à enrayer la compétition américaine.

I

Le prix de revient de tout produit manufacturé dépend, comme on le sait, de trois éléments :

Le prix des matières employées;

La dépense de main-d'œuvre de fabrication ;

Les frais généraux qui grèvent à la fois les matières et la main-d'œuvre.

Le plus faible prix de revient des produits américains résulte, de l'avis unanime des auteurs des mémoires adressées à l'*Engineering*, de deux causes principales d'ailleurs universellement reconnues aujourd'hui :

D'une part, les merveilleuses richesses naturelles de l'Amérique;

D'autre part, le remarquable développement et le degré de perfectionnement de l'outillage de fabrication, de manutention et de transport.

Le bas prix des matières premières nécessaires à la fabrication est dû principalement à la première de ces causes. La seconde a surtout pour effet de diminuer, dans des proportions considérables, la dépense de main-d'œuvre de fabrication proprement dite; l'emploi d'un outillage puissant et perfectionné contribue aussi à réduire le prix des matières en diminuant le prix d'extraction des matières brutes et en abaissant les frais d'expédition des produits fabriqués. Quant aux frais généraux qui constituent le troisième des éléments considérés, ils semblent *a priori* devoir s'élever du fait de l'intérêt et de l'amortissement des capitaux engagés pour la mise en action de cet outillage, mais ils se trouvent aussi, si on les rapporte à l'article fabriqué, fortement réduits en général, tant à cause de la plus grande productivité résultant de l'organisation rationnelle du travail à la machine, qu'à cause de l'écoulement rapide et économique des produits fabriqués vers les points de consommation.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Richesses naturelles de l'Amérique. — Tout le monde connaît l'importance des ressources naturelles de l'Angleterre qui ont toujours été, avec raison d'ailleurs, tenues pour considérables et exceptionnelles; elles sont cependant loin d'atteindre celles de certaines régions des États-Unis infiniment plus vastes que la Grande-Bretagne et où l'on trouve notamment, en une abondance véritablement incroyable, le minerai de fer et la houille, c'est-à-dire les deux produits qui forment la base de l'industrie sidérurgique. « On peut, dit M. Archibald P. Head (1), se faire une idée des générosités de la nature en visitant les régions minières du lac Supérieur où du minerai de fer riche est extrait d'une tranchée à ciel ouvert et directement chargé dans les wagons; le bassin houiller de Connesville, où l'on extrait en abondance de la houille à coke d'une qualité égale à celle du Durham; le bassin houiller de Pocahontas où de la houille pour machines à vapeur, aussi bonne que celle du pays de Galles, est extraite de couches d'où l'eau disparaît d'elle-même, assez épaisses pour qu'une locomotive puisse être amenée au front de taille; le district de Birmingham (Alabama) où, du sommet des hauts fourneaux, on découvre à la fois les mines de fer, les mines de houille et les fours à coke. »

« Il semble, dit de son côté M. Metcalff, de Pittsbourg (2), que l'on commence à peine à se rendre compte de la richesse remarquable de la grande région apalachienne des États-Unis. Partant de l'État de New-York et se dirigeant vers le Sud-Ouest à travers la Pensylvanie, les deux Virginies, la Caroline du Nord, le Kentucky, le Tennessee et pénétrant bien en avant dans la Géorgie et l'Alabama, cette région montagneuse abonde en houille, en fer et autres minerais. Il y a à peine un hectare stérile et le climat est sain et fortifiant. Ce pays est bordé de tous côtés par un des plus riches districts agricoles du monde; il est traversé par de nombreux et grands cours d'eau dont la longueur navigable au départ de Pittsburg est d'environ 24 000 kilomètres. On estime que dans la seule Pensylvanie occidentale, au-dessus du niveau des nappes aquifères, et en négligeant toutes les veines ayant moins de $0^{m},90$ d'épaisseur, le service géologique de l'État a relevé assez de gisements houillers pour suffire à tous les besoins du nouveau continent pendant plusieurs siècles. Si on y ajoute les énormes gisements connus au-dessous des eaux dans les États du Sud-Ouest, on voit que le bassin houiller contient plusieurs fois celui de l'Angleterre. Nous produisons, ajoute M. Metcalff, des millions de tonnes de houille, de fer et d'acier et pourtant la majeure partie des monts Apalaches est encore à l'état vierge (3). »

(1) *Engineering*, 10 novembre 1899.
(2) *Engineering*, 17 novembre 1899.
(3) L'ensemble de la production de la houille aux États-Unis a été, en 1899, d'environ 222 mil-

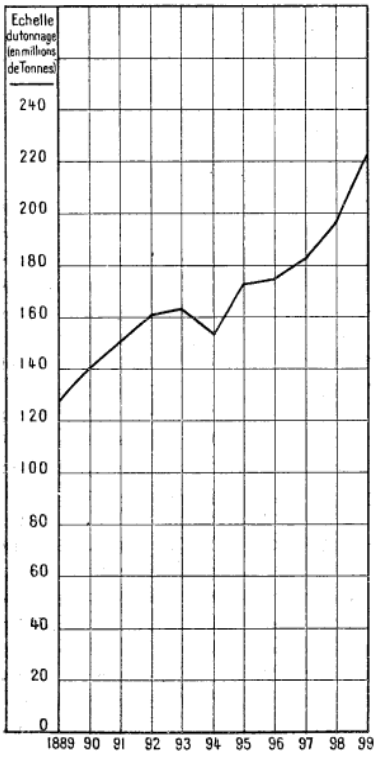
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Extraction et transport des matières brutes. — L'abondance naturelle des matières brutes n'est pas la seule cause de leur bas prix, le prix de revient de ces matières rendues aux usines est, en Amérique, réduit autant que possible par l'emploi d'engins mécaniques excessivement puissants, servant non seulement à l'extraction proprement dite, mais aussi au chargement, au transport et au déchargement de ces matières.

Grâce à la création de cet outillage, à la construction d'une flotte nombreuse spécialement propre à la navigation sur les mers intérieures, les lacs et les grandes voies fluviales des États-Unis, enfin grâce à l'établissement du vaste réseau ferré qui sillonne le Nouveau Continent, les Américains ont pu résoudre la difficulté géographique résultant des énormes distances qu'il faut faire fran-

lions de tonnes, dont 51 millions d'anthracite. Cette production dépasse pour la première fois celle de l'Angleterre estimée pour la même année à 212 millions de tonnes.

La progression de la production de la houille aux États-Unis depuis 11 ans a été la suivante :



Production de la houille aux États-Unis, depuis 1889 jusqu'à 1899.

	tonnes.
1889.	126 098 000
1890.	140 883 000
1891.	150 506 000
1892.	160 115 000
1893.	162 815 000
1894.	152 448 000
1895.	172 426 000
1896.	173 416 000
1897.	181 624 000
1898.	196 500 000
1899.	221 845 000

En 1898 et 1899 la production en coke, minerai de fer et fer en gueuse a été la suivante :

	1898	1899
	tonnes.	tonnes.
Coke	14 422 000	17 549 000
Minerai de fer.	20 986 000	25 746 000
Fer en gueuse.	11 743 128	13 867 844

La production d'autres métaux a été, pendant les mêmes années, la suivante :

	1898	1899
	tonnes.	tonnes.
Cuivre.	243 083	268 835
Zinc.	103 514	123 194
Plomb.	207 271	193 236
	kilog.	kilog.
Or.	97 933	109 069
Argent.	1 827 723	1 902 860

(D'après l'*Engineering and Mining Journal.*)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

chir à la matière brute et qui semblait devoir être un obstacle permanent et insurmontable à la réalisation d'un prix de revient suffisamment bas à pied d'œuvre. Nulle part ailleurs qu'en Amérique il n'a été établi d'installations aussi importantes, ou aussi complètes pour réduire au minimum la main-d'œuvre relative à ces travaux d'extraction et de manutention des matières. Nulle part également les conditions d'établissement et d'exploitation des voies ferrées (1) ou des lignes de navigation intérieure (2) ne se sont présentées naturellement ou n'ont été réalisées d'une façon aussi favorable à la réduction des tarifs de transport.

Les immenses et riches gisements de minerai de fer qui existent à l'extrémité du Lac Supérieur seraient, comme le fait remarquer M. Hunt de Chicago (3), restés pour ainsi dire sans valeur, ainsi que le combustible nécessaire pour le fondre, si on n'était parvenu à réunir, moyennant des prix suffisamment bas, le minerai et le charbon situés à 1 600 kilomètres l'un de l'autre. Dans ce but le minerai, extrait mécaniquement, est chargé mécaniquement dans les wagons à la sortie de la mine, transbordé de même dans les docks et enfin chargé, toujours mécaniquement, dans les bateaux à vapeur du Lac Supérieur. Le tonnage de ces derniers atteint jusqu'à 6 000 tonnes, ils peuvent recevoir leur chargement en 6 heures, et le déchargement dans les wagons sur les voies des ports de la région basse du lac s'effectue en 12 heures.

(1) La longueur totale des lignes de chemins de fer des États-Unis s'élevait à la fin de de l'année 1898 à 297 679 kilomètres dont le coût total d'établissement atteignait 64 milliards de francs. Le nombre des locomotives était de 36 746, celui des véhicules de toutes sortes de 1 318 700. Le nombre des voyageurs transportés a été de plus de 500 millions et le tonnage des marchandises a atteint 5 milliards de tonnes. Le trafic de cette même année a produit une recette brute de 6 milliards et demi de francs.

Il a été construit, en 1899, 5 150 kilomètres de voies ferrées nouvelles, contre 4 613 kilomètres en 1898, et 3 520 kilomètres en 1897.

Le nombre de locomotives neuves construites par l'industrie privée, non compris la production des ateliers des compagnies de chemins de fer, a été en 1899 de 2 473 contre 1 875 en 1898 et 1 751 en 1897. En 1898, il a été construit, par l'industrie privée également, plus de 100 000 véhicules, dont 700 voitures à voyageurs et 4 650 voitures pour tramways.

(2) La marine marchande des États-Unis, d'après le rapport du commissaire de la navigation, annexé au message présidentiel, comprenait en tout, au 30 juin 1899, 22 728 vaisseaux de 4 864 238 tonnes. Un an auparavant, elle en comptait 22 705 jaugeant 4 749 738 tonnes.

De 1894 à 1899, le tonnage s'est accru de 24,6 p. 100. (Pendant le même laps de temps le tonnage des flottes marchandes des pays suivants s'est accru : pour l'Allemagne de 21,8 p. 100 pour la France de 12,1 p. 100 et pour l'Angleterre de 8,85 p. 100.)

Malgré cette augmentation de la flotte américaine, la part du pavillon britannique pour les transports des États-Unis était encore en 1899 de 58 p. 100. Aussi le Président, dans son dernier message, appelle-t-il l'attention du Congrès sur l'importance que présenterait une marine marchande américaine au point de vue de l'expansion du commerce du pays et de la consolidation de la puissance maritime de la nation.

(3) *Engineering*, 24 novembre 1899.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Au retour, les bateaux prennent une cargaison de houille qui, grâce au déchargement mécanique des wagons dans la cale, est complète en 10 heures.

Cette rapidité des opérations et du transport lui-même a permis, aux meilleurs bateaux du Lac Supérieur, de transporter le minerai d'une extrémité à l'autre du Lac, effectuant ainsi 1 600 kilomètres, à un prix rémunérateur qui ne dépassait pas, l'an dernier, 3 francs par tonne.

Les tarifs des transports des matières pondéreuses par chemins de fer ne sont pas moins remarquablement réduits. — Parmi les principales raisons qui ont été mises en avant, pour expliquer ces tarifs excessivement bas, notamment par MM. Head et Hunt qui ont particulièrement envisagé ce côté de la question, nous nous bornerons à citer les suivantes :

1° Dépenses de premier établissement peu élevées résultant du bas prix des terrains, de la simplicité de la législation en matière d'expropriation, de l'absence de règlements rigides sur les signaux, les stations, les clôtures des voies; et surtout de l'absence de limitation dans la durée des concessions;

2° Frais d'exploitation réduits par l'emploi de machines très puissantes, de wagons de très grande capacité montés sur bogies et dont le tonnage dépasse maintenant parfois 50 tonnes, ce qui a pour effet de réduire notablement le rapport du poids mort à la charge utile;

3° Vitesse relativement grande et longs trajets de trains lourds à marchandises, suivant des courants bien déterminés de transport;

4° Enfin concurrence plus grande des Compagnies américaines entre elles, provoquant la création de nouvelles lignes et l'abaissement des taxes de transport.

Il résulte de ces diverses causes que, dans bien des cas, les tarifs sont moins élevés en Amérique qu'en Angleterre, notamment ceux relatifs à certaines matières pondéreuses pour lesquelles ils descendent jusqu'au chiffre extrêmement bas de 1 centime par tonne kilométrique. L'industrie des chemins de fer est peut-être, pour cette raison, moins prospère aux États-Unis; d'énormes capitaux, ne représentant d'ailleurs qu'une faible partie de ceux plus considérables accumulés grâce aux richesses agricoles et en particulier à l'industrie du pétrole, ont pu longtemps et peuvent encore rester improductifs ou modestement rémunérateurs, mais le résultat définitif au point de vue de la prospérité des autres industries et de la mise en valeur des immenses territoires du nouveau Continent n'en a pas moins été des plus heureux.

Si l'on considère que, en 1898, le minerai extrait mécaniquement revenait à la mine à un prix variant de 1 fr. 25 à 3 francs la tonne, suivant la nature des gisements, que les gisements de houille sont des plus abondants et extrêmement faciles à exploiter; si, d'autre part, on tient compte des conditions que nous venons d'indiquer, dans lesquelles les Américains sont parvenus à remédier au désavantage géographique résultant de la nécessité de transporter à d'énormes

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

distances les matières pondéreuses, désavantage qui eût été de nature à contrebalancer l'accumulation des richesses naturelles de certaines régions ; enfin, si l'on suit les matières brutes jusqu'aux hauts fourneaux où combustible et minerai sont chargés aussi mécaniquement au moyen d'engins perfectionnés et économiques, on ne s'étonne plus qu'on produise en Amérique à des conditions si extraordinairement avantageuses la fonte, le fer et l'acier qui sont les matières premières fondamentales de l'industrie des constructions mécaniques (1).

En 1898, c'est-à-dire pendant la période normale qui a précédé les hauts cours actuels, la fonte brute, malgré les énormes trajets du minerai et du coke par bateau et par voie de fer, était produite à Pittsburg à environ 25 francs de moins par tonne qu'à Middlesborough qui avait jusque-là passé pour le centre naturel de la fabrication de fonte brute du monde, grâce à la proximité du minerai de Cleveland, du coke et du calcaire de Durham, et d'un excellent port maritime. Aussi, l'an dernier, a-t-on vu la fonte brute et les billettes des États-Unis venir faire en Angleterre même, à Liverpool, une concurrence heureuse aux produits anglais (2).

(1) Nous donnons plus loin, en annexe, quelques documents statistiques sur la production de la fonte aux États-Unis, ainsi que sur les importations et exportations de fers et aciers, dans la période des vingt dernières années.

(2) De récentes statistiques montrent que, sur les marchés étrangers, les produits de l'Industrie métallurgique américaine viennent de plus en plus concurrencer ceux de l'Industrie anglaise. Les chiffres suivants relatifs au Japon et extraits du *Moniteur des Intérêts matériels* (11 janvier 1900) sont particulièrement intéressants :

IMPORTATION DE RAILS AU JAPON

Provenance.	1895	1896	1897	1898
	marks.	marks.	marks.	marks.
Angleterre.	1 732 886	4 057 084	3 253 432	1 603 604
Allemagne.	39 298	200 606	340 606	269 976
Belgique.	78 876	174 524	584 598	150 974
États-Unis.	»	749 820	2 469 950	3 219 462

IMPORTATION DE LOCOMOTIVES AU JAPON

Provenance.	1895	1896	1897	1898
Angleterre.	1 523 738	2 107 144	5 583 384	6 165 228
États-Unis	568 658	832 212	4 828 180	4 038 428

Pour développer le champ d'action de l'industrie américaine dans l'Extrême-Orient, le Président Mac-Kinley recommande au Congrès, dans son dernier Message, d'allouer une somme suffisante pour couvrir les dépenses d'une Commission qui irait étudier les conditions commerciales et industrielles de la Chine et les meilleurs moyens pour élargir de ce côté le débouché des produits américains.

D'autre part, dans ces 4 dernières années, les Américains ont exporté en tous pays plus du quart du nombre total des locomotives qui ont été construites par l'industrie privée.

	1896	1897	1898	1899
Nombre total de locomotives construites. . .	1 175	1 251	1 875	2 473
Nombre exporté	309	386	554	644
Valeur (en francs) des locomotives exportées.	13 175 000	17 370 000	25 560 000	»

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

II

Nous venons de voir qu'en Amérique le bas prix des matières brutes est principalement dû aux immenses ressources naturelles du sol et à la puissance de l'outillage mécanique et de transport qui a été créé. La première conséquence de ce bas prix a été le développement phénoménal de l'industrie sidérurgique dont nous venons de donner une idée.

D'autre part, comme les différents produits de la métallurgie et notamment la fonte, le fer et l'acier ne sont eux-mêmes que les matières premières mises en œuvre par diverses autres industries et plus particulièrement par celle des constructions mécaniques, le bas prix de ces matières premières a contribué pour une grande part au développement non moins prodigieux et au succès de cette dernière industrie en Amérique.

Le prix de revient final des produits manufacturés, et en particulier de ceux de l'industrie des constructions mécaniques que nous considérerons plus spécialement comme l'ont fait les correspondants de l'*Engineering*, ne dépend pas, dans la même mesure que pour les produits de la métallurgie, du prix des matières employées : parmi les trois éléments du prix de revient que nous avons définis plus haut, la main-d'œuvre joue, dans le cas des produits considérés, un rôle bien plus considérable ; or, la dépense de main-d'œuvre dépend elle-même d'une série d'éléments divers dont les principaux sont :

1° Le taux des salaires et la valeur professionnelle des ouvriers ;

2° La perfection plus ou moins grande de l'outillage employé ;

3° L'organisation du travail et les méthodes appliquées.

Salaires. — En Amérique, le taux des salaires est incomparablement plus élevé qu'en Angleterre. Cette élévation a été, d'après M. W. Kent, de New-York (1), une conséquence indirecte de l'établissement des tarifs de protection auxquels il attribue non seulement la conservation du marché intérieur pour les industries américaines, mais aussi leur développement si rapide. Les capitaux se portèrent en masse vers les entreprises naissantes et celles-ci nécessitèrent en un laps de temps très court l'emploi d'un nombre considérable d'ouvriers. L'immigration d'artisans habiles venant de l'étranger, quoique se produisant en foule, ne fut pas assez rapide pour fournir dès le principe une main-d'œuvre suffisante et c'est ainsi que le taux des salaires s'établit et se maintint à un niveau sensiblement supérieur à celui des autres pays d'Europe.

Non seulement les ouvriers américains sont en moyenne mieux rétribués que les ouvriers anglais, mais la différence des salaires pour les ouvriers d'un

(1) *Engineering*, 6 octobre 1899.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

même atelier est aussi plus marquée en Amérique qu'en Angleterre. Pour une même profession ou dans une même usine, la gamme des salaires se groupe moins aux environs d'un taux moyen uniforme ; cela tient à ce que les constructeurs américains payent l'ouvrier suivant sa valeur, estimant que le salaire doit être proportionné aux résultats obtenus, que la préférence doit être réservée aux mécaniciens payés le plus cher et que la main-d'œuvre à bas prix n'est pas, comme le fait remarquer M. J. Thomson, de New-York (1), nécessairement ni généralement la moins coûteuse. Dans les ateliers de constructions mécaniques des États-Unis, dit le rédacteur en chef de l'*Engineer* dans l'article qu'il a publié le 3 novembre 1899 à propos de celui de M. Barnes paru le 27 octobre précédent dans l'*Engineering*, on n'exige pas qu'un ouvrier venant offrir ses services prouve qu'il a fait une période d'apprentissage ou en subisse une plus ou moins longue dans l'usine où il désire entrer : il se déclare capable de faire tel ou tel travail particulier et il est mis à l'essai. En cas d'insuccès, on le remercie ; en cas de succès, ou de succès partiel, il est payé exactement le prix qu'il vaut pour la maison. Il n'y a pas de salaires fixes au sens anglais du mot ; il va sans dire que dans tout atelier il se trouvera des groupes d'ouvriers d'une valeur à peu près égale et leur salaire sera sensiblement le même, mais cette uniformité relative, qui résulte de ce phénomène général que dans toute collection d'individus les sujets de valeur moyenne sont les plus nombreux, n'a pas du tout la même origine que celle qui résulte, principalement en Angleterre, de l'intervention des syndicats.

Quoi qu'il en soit, la main-d'œuvre, rapportée à l'unité de temps, heure ou journée de travail, est tellement plus élevée en Amérique que les industriels américains semblent devoir éprouver de ce côté un sérieux désavantage par rapport à leurs confrères de Grande-Bretagne. Ils apportent un premier correctif à cette situation en intéressant l'ouvrier, par le travail à la tâche, à une très grande production et en rémunérant largement les aptitudes professionnelles ; de son côté, l'ouvrier habile ou actif sait qu'il n'a pas à redouter une limitation de son salaire, ne cherche pas à réduire sa production en vue de la ramener au niveau de la moyenne de ses compagnons et donne le maximum de travail compatible avec ses forces et avec la bonne qualité de l'exécution.

Grâce à cette puissance de productivité de l'ouvrier américain, le prix de revient des produits manufacturés ne se ressent pas autant qu'on pourrait le supposer de la cherté de la main-d'œuvre ; mais ce remède au taux élevé des salaires n'aurait pas été suffisant pour assurer la supériorité de l'industrie mécanique américaine si les industriels de ce pays n'avaient compris que le plus important facteur de production est la machine et que le moyen le plus efficace

(1) *Engineering*, 20 octobre 1899.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'agir sur l'élément du prix de revient qui est souvent de beaucoup le plus onéreux, c'est-à-dire la main-d'œuvre, est de supprimer le travail manuel partout où cela est possible en substituant le travail mécanique au travail à la main.

Outillage. — La perfection et la puissance de l'outillage mécanique sont encore ici, pour les constructions mécaniques aussi bien que pour un grand nombre de produits manufacturés, la cause prépondérante de la supériorité actuelle de l'industrie américaine.

En Angleterre, bien que le développement de l'outillage ait pris naissance depuis longtemps, ce développement ne s'est produit qu'avec une certaine lenteur et n'a peut-être pas fait dans ces derniers temps, et tout au moins dans certaines industries, tous les progrès désirables. « Il faut reconnaître que nous, Britanniques, dit M. G. Howell, membre de la Société de statistique de Londres (1), nous avons nos préjugés, et ces préjugés sont souvent si bien enracinés que nous conservons opiniâtrément de vieilles méthodes lorsqu'on en a découvert de nouvelles et de meilleures. Il est probable que dans aucun pays, à l'exception peut-être de l'Asie, on n'a fait une opposition aussi acharnée aux innovations industrielles, aussi bien que politiques et sociales. Cet état d'esprit s'est manifesté dans la résistance opposée à l'introduction des premières machines, résistance qui allait jusqu'à la destruction, et l'on ne peut guère dire qu'il ait disparu maintenant. » Et M. Howell rappelle, à ce propos, l'opposition du tisserand au métier à la main, du tailleur à la machine à coudre, des cultivateurs aux machines agricoles et celle des aubergistes et maîtres de poste aux premiers chemins de fer. Tous craignaient d'être ruinés et tous, ajoute-t-il, avaient tort, l'expérience l'a montré, mais leur manière de penser ne s'est pas perdue : on constate qu'elle existe encore partout où l'on doit faire usage de nouveaux appareils destinés à économiser de la main-d'œuvre.

Les Américains semblent avoir compris, sans hésitation, le rôle économique de la machine et tout le parti qu'il est possible d'en tirer, soit qu'ils aient été amenés plus vite à son emploi par l'impossibilité de se procurer au début une main-d'œuvre suffisante, soit que le génie inventif de la race les y ait naturellement portés; ils semblent s'être plus vite rendu compte de ce phénomène économique aujourd'hui indiscuté, que la machine « attire l'ouvrier » (2) et que, loin

(1) *Engineering*, 29 septembre 1899.

(2) Voir à ce sujet dans le *Bulletin* de la Société d'Encouragement (février et mars 1900) la très intéressante conférence faite au siège de cette Société par M. Levasseur, membre de l'Institut, sur la comparaison du travail à la main et du travail à la machine. Dans cette conférence, M. Levasseur a, en particulier, rendu compte des résultats de l'importante enquête faite depuis 1894 par le Commissaire du travail des États-Unis, M. Carroll D. Wright, correspondant de l'Institut de France, et qui vient d'être publiée sous le titre de *Hand and Machine Labour*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de ruiner le travailleur, elle contribue à sa prospérité parce que la quantité totale de travail étant loin d'être limitée, elle provoque forcément un accroissement de la production et, enfin, que l'ouvrier est le premier à profiter à la fois de l'accroissement des salaires qui en résulte et du bas prix de revient des objets de consommation usuelle nécessaires à ses besoins.

Nous ne nous étendrons pas plus longtemps sur les avantages généraux de la substitution du travail mécanique au travail manuel dont l'influence sur le développement des diverses industries a été si souvent mise en relief; nous nous attacherons plutôt à faire ressortir, avec les correspondants de l'*Engineering*, ce qui caractérise l'outillage américain moderne, son mode d'emploi ainsi que les méthodes de travail auxquelles il conduit ou en vue desquelles il est conçu et établi. Les qualités maîtresses de la machine américaine sont l'aptitude au travail demandé dont dépendent la qualité et la perfection des produits, et la vitesse de fonctionnement qui est le principal facteur de son rendement. L'inventeur et le constructeur cherchent à réaliser de leur mieux la première de ces qualités; une organisation rationnelle du travail de la part de l'industriel et une grande activité dans la conduite des machines de la part de l'ouvrier permettent à la seconde de ces qualités de produire tout son effet économique.

Après que, pour l'exécution d'un travail donné ou la confection d'une pièce déterminée, l'inventeur américain a déterminé les opérations élémentaires les plus simples entre lesquelles le travail peut être conçu, et après qu'il a imaginé pour chacune ou pour l'une de ces opérations élémentaires la machine la plus apte à la produire, le constructeur américain chargé de la réaliser se pénètre des idées de l'inventeur, met au point son projet grâce à une étude plus approfondie et dirigée de façon à n'admettre que les dispositions à la fois les plus simples et les plus robustes; s'il ne néglige aucune précaution, aucun soin pour donner la plus parfaite précision aux organes qui jouent un rôle essentiellement actif, il s'abstient au contraire de toute recherche exagérée dans le fini ou la forme des pièces inertes ou de rôle secondaire.

L'industriel qui a fait construire ou acquis la machine qu'il considère comme la plus apte au travail à produire s'applique à l'utiliser dans des conditions telles qu'il en obtienne le maximum de rendement : c'est une question d'installation de la machine et d'organisation du travail. Le premier élément du rendement étant la vitesse, l'installation de la machine sera établie de façon que cette vitesse de fonctionnement soit aussi grande que possible, sans dépasser toutefois les limites compatibles d'abord avec la sécurité du personnel, ensuite avec la conservation de l'outillage. L'ouvrier de son côté, chargé de conduire cette machine, préfère aussi une grande vitesse de marche puisqu'il est, comme nous l'avons vu plus haut, intéressé à une grande production par le travail à la tâche, et il se prête à la grande capacité de débit de l'outillage qui

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lui est confié en desservant soit simultanément plusieurs machines semblables, soit une machine à rôles multiples permettant d'accomplir, en même temps ou successivement, mais sans désemparer et sans perte de temps, une série de travaux élémentaires, comme c'est le cas des tours revolvers, perceuses multiples, etc.

Fabrication en séries. Types normaux de fabrication. — Si la machine a été plus spécialement conçue et construite en vue d'une seule opération déterminée, il y a le plus grand intérêt non seulement à produire cette opération dans le minimum de temps, mais encore à la répéter dans des conditions identiques d'une façon pour ainsi dire ininterrompue; l'application de ce principe constitue la méthode de *fabrication en séries* que les Américains sont les premiers à avoir poussée aussi loin dans tous les genres d'industrie, et c'est à cette méthode particulière de travail que les articles de l'*Engineering* rapportent le secret de la supériorité de l'industrie manufacturière américaine sur l'industrie anglaise.

Pour que la spécialisation des machines en vue de la fabrication en séries de pièces identiques produise tous ses avantages, il faut non seulement que la machine ait été imaginée spécialement dans toutes ses parties en vue de la confection d'une pièce, mais aussi que cette pièce elle-même ait été également déterminée au préalable dans tous ses éléments en vue de l'utilisation la plus complète et la plus rapide de la ou des machines sur lesquelles elle doit passer avant son parachèvement. La méthode de la fabrication en séries mène donc à la recherche, dans la mesure la plus large possible, de *types normaux de fabrication :* elle nécessite, avant la mise en train, une réflexion préalable plus intense, secondée par l'expérience et la prévoyance, des études plus complètes et plus approfondies sur le choix des types les meilleurs à adopter aussi bien pour les machines mêmes que pour les produits fabriqués; c'est en cela que le génie inventif et essentiellement pratique des Américains a excellé : pour les machines-outils, les machines électriques, les bicyclettes, les ponts et les principales pièces de matériel roulant, certains organes de locomotives, il y a quelques types normaux de fabrication dont on s'écarte le moins possible. L'étude préalable de ces types normaux de produits fabriqués a, bien entendu, pour point de départ les goûts et les convenances du client; l'industriel américain a soin de bien se pénétrer des principales conditions requises à cet égard, et c'est lui, producteur, bien plus que le consommateur, qui établit le projet définitif de l'article à fournir. L'acquéreur ou ses ingénieurs conseils ne sont consultés principalement que sur les services qu'il déclare attendre du produit dont il a en vue l'acquisition, et le producteur considère que c'est à lui de s'occuper non seulement des voies et des moyens pour réaliser l'objet demandé, mais encore de déterminer parmi les produits-types qu'il a déjà construits celui qui convient le mieux pour la solution du problème posé. C'est ainsi

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que le producteur a habitué les nombreux consommateurs du vaste marché intérieur américain à certains types invariables de produits.

Toutefois si les conditions à remplir ne peuvent être suffisamment observées à l'aide de types déjà existants, le constructeur américain n'hésitera pas à en étudier un nouveau, plus perfectionné si possible et répondant mieux au programme posé; mais il ne le fera que s'il espère voir ce nouveau type supplanter les autres à cause des améliorations apportées, ou s'il entrevoit que de nouvelles circonstances ou de nouveaux clients lui donneront l'occasion de placer sur le marché des articles identiques de ce type plus moderne et qu'un nouveau débouché sera ainsi créé à son industrie.

Dans cet ordre d'idées, l'unification des dimensions et poids de profilés de fer et d'acier résultant de l'accord entre les principales aciéries est des plus avantageuses pour les constructeurs : les ingénieurs Américains s'attachent à ne pas sortir, dans leurs projets, de ces profils-types universels et évitent le plus possible d'employer des dimensions exceptionnelles. Ils se plient de même pour des tôles et profilés employés pour la construction des ponts et charpentes à observer, pour l'espacement des rivets, des règles uniformes permettant une vitesse d'avancement extraordinairement rapide des poinçonneuses pour le perçage des trous et, pour le rivetage, un fonctionnement plus régulier et par suite un rendement plus considérable.

Pour les produits plus complexes de l'industrie des constructions mécaniques (tels que pièces de locomotives, matériel roulant ou fixe de chemins de fer, machines-outils, etc.), la plupart des grands établissement américains ont leurs types devenus classiques pour certains, si répandus sur le nouveau continent et de plus en plus connus des consommateurs du monde entier.

En Amérique, ce n'est donc pas en général l'acquéreur qui établit les projets et dessins pour l'exécution des commandes qu'il confie à un constructeur; le rôle de ses conseils techniques, ainsi affranchis du désir de créer du nouveau à tout prix, se borne à fixer le choix ou à ratifier les projets soumis à leur approbation dans le cercle restreint des propositions du constructeur, le client estime que le fabricant est plus compétent que lui-même dans sa spécialité. « Le fabricant, dit l'auteur anonyme de l'article du 13 octobre, est ainsi stimulé et les articles qu'il produit sont vendus avec la garantie qu'ils conviendront à l'usage prévu, et non acceptés sous réserve de leur conformité à une spécification déterminée. »

Cette manière de voir n'introduit peut-être pas dans les productions des divers constructeurs toute la variété qu'on rencontre en d'autres pays, mais les avantages pratiques qu'elle permet de réaliser sont considérables : il nous suffira de mentionner la rapidité des études, l'établissement plus prompt des projets définitifs facilité par la constance d'éléments de calculs qui se répètent sans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

changement, la simplicité des dessins et la réduction de leur nombre, la plus grande exactitude des devis qui facilite les transactions eommerciales en diminuant les risques du constructeur, l'approvisionnement plus facile des pièces de détail servant à la fabrication proprement dite ou au rechange, enfin la prompte livraison des produits : les courts délais garantis pour l'expédition du pont de l'Atbara et la fourniture des locomotives Baldwin en Angleterre en sont des exemples frappants (1).

L'étude de l'outillage spécialisé à une fabrication en séries est intimement liée, comme nous l'avons vu plus haut, à celle du type normal à reproduire. Or, quand celui-ci a été définitivement arrêté, le programme complet de la fabrication peut être mûrement établi dans toutes ses phases; il devient possible de déterminer les meilleures formes et dimensions des outils spéciaux et des organes des machines, d'après leur fonction dans chaque opération élémentaire, l'état d'avancement et les formes successives du produit avant et après chacune d'elles, et enfin l'outillage de vérification : calibres, jauges, gabarits divers qui permettent à chaque moment de s'assurer de la correction et de la précision des pièces, ébauchées ou finies.

Le travail conçu d'après ce programme peut, au moyen d'un outillage ainsi approprié, s'exécuter pour ainsi dire automatiquement : l'élimination de l'intervention humaine est aussi complète que possible et la dépense de main-d'œuvre est réduite au minimum : seule, ainsi que le fait remarquer M. Ob. Smith, Président de la Ferracute M^ne C^o, à New-York (2), la constitution de l'outillage de fabrication ou de vérification nécessite du travail de précision : on le confie à un ou quelques ouvriers habiles ou chefs ouvriers bien payés, mais qui, n'ayant à exécuter qu'une seule fois ce travail, peuvent consacrer leurs efforts et leur intelligence à la recherche ou à la production d'autres outils ou calibres devant réduire le prix de revient d'autres pièces, au lieu de dépenser leur temps et leurs forces au travail manuel consistant à reproduire indéfiniment une seule et unique pièce. Le travail qui doit se répéter, au contraire, est fait par la machine conduite par un ouvrier qui touche un salaire moins élevé que celui du maître ouvrier en question, mais qui acquiert, du fait même de la répétition du même travail mental et des mêmes gestes, une grande dextérité, une rapidité surprenantes, intéressé qu'il est d'ailleurs à acquérir ces qualités par le salaire à la tâche.

Toutes les conditions se trouvent ainsi réunies pour la marche à grande vitesse et pour le rendement maximum des machines.

(1) Vers la fin de l'an dernier une fourniture de ponts en Birmanie a été enlevée par une usine américaine au prix de 60 000 dollars, livraison en douze mois; l'offre anglaise la plus favorable s'élevait à 116000 dollars, avec délai de trois ans.

(2) *Engineering*, 3 novembre 1899.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cette production intensive est loin d'exclure la précision : la subdivision et l'automaticité des opérations dans la fabrication en séries diminue, au contraire, les chances d'erreur, chacune des opérations élémentaires commande, en effet, la suivante et, du fait que cette dernière puisse être effectuée, il en résulte généralement une première vérification, automatique pour ainsi dire, de la correction de l'opération précédente; d'ailleurs, l'emploi de calibres et gabarits, l'application soutenue du conducteur de la machine, stimulé toujours par le travail aux pièces, viennent, en outre, permettre de contrôler à tout instant la bonne marche de la fabrication, la rigoureuse exactitude et la perfection des pièces produites, enfin l'interchangeabilité de leurs éléments.

La grande vitesse des machines et leur énorme rendement sont, malgré les soins de l'entretien, une cause de prompte usure, aussi les industriels américains prévoient-ils un prompt amortissement de l'outillage. Une règle fréquemment appliquée est de considérer huit ans comme la durée maximum d'une machine-outil; au bout de ce laps de temps, on considère généralement que son type est démodé et son remplacement donne l'occasion d'installer à sa place une machine plus perfectionnée, d'un meilleur rendement. C'est pour cette raison qu'on ne voit, d'après l'auteur de l'article du 13 octobre 1898, dont l'anonymat cache un ingénieur anglais très connu, dans aucun établissement américain de premier ordre, aucun outillage suranné; les machines-outils sont considérées comme un moyen temporaire et non permanent d'atteindre le but; le perfectionnement constant de l'outillage et son renouvellement fréquent garantissent, en outre, contre la conservation prolongée avec excès des types normaux de produits : un outillage nouveau et plus perfectionné permet de produire des types nouveaux répondant mieux aux convenances les plus récentes du marché; c'est ainsi que les progrès de l'outillage et les améliorations des produits fabriqués marchent de pair, les uns provoquant les autres et les rendant réalisables.

La fabrication en séries de types de fabrication nécessite de grands ateliers et de grands capitaux. Nous dirons plus loin, d'après les auteurs du mémoire de l'*Engineering*, quelques mots de l'organisation financière de l'industrie américaine. Quant à l'installation même et à l'organisation des ateliers, bien qu'on puisse citer en Angleterre des établissements de constructions mécaniques sur lesquels les Américains pourraient prendre exemple à bien des points de vue, les États-Unis, si l'on en juge par les articles de MM. Barnes (1) et Ball (2) comptent un grand nombre d'usines merveilleusement installées et organisées. Ces établissements, généralement conçus et construits d'une seule pièce, sont disposés de la façon la plus judicieuse; les engins de levage et de manutention y sont

(1) *Engineering*, 27 octobre 1899.
(2) *Engineering*, 8 décembre 1899.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

remarquablement développés, toujours dans le même but de réduire au minimum la main-d'œuvre et les pertes de temps.

D'autre part, les Américains, soit parce que leurs usines sont généralement d'une construction plus récente, soit à cause des rigueurs mêmes du climat, semblent s'être appliqués davantage à l'installation hygiénique de leurs ateliers ; ceux-ci sont généralement bien éclairés, bien ventilés pendant l'été, bien chauffés pendant l'hiver. Les bureaux surtout sont, dans les villes des États-Unis, bien supérieurs en confort à ceux des maisons commerciales et industrielles anglaises.

D'une façon générale, la substitution du travail mécanique au travail à la main augmente les frais généraux, mais la proportion dans laquelle elle réduit la main-d'œuvre a pour effet, en définitive, d'abaisser le prix de revient de l'article fabriqué ; c'est là un phénomène économique bien connu.

La méthode de la fabrication en séries de types uniformes, qui n'est pas exclusive aux Américains, mais dont l'application a été poussée par eux aussi loin que possible, et en tout cas plus loin que partout ailleurs, a pour effet d'accentuer ce phénomène et tous les économistes et ingénieurs consultés par l'*Engineering* sont unanimes pour déclarer que la cause principale du bas prix de revient total des produits américains est l'application générale de cette méthode de fabrication en séries. Le succès de cette méthode est principalement dû au concours heureux de l'effort intellectuel de l'inventeur et de l'ingénieur, de l'habileté mécanique du constructeur et de l'activité de l'ouvrier ; elle a pour caractère la création des meilleurs dispositifs-types servant à la reproduction exacte, en nombre illimité et surtout économique, de produits-types tenus pour les meilleurs.

III

Tempérament de la race. — Caractère national. — Influence de l'immigration. — Pour expliquer le développement et l'organisation actuelle de l'industrie américaine, il conviendrait aussi de remonter aux origines du peuple américain, d'étudier les qualités et le tempérament de la race, de dégager quelle a pu être l'influence de l'immigration, qui a été si importante, et de rapprocher le développement de l'industrie des conditions politiques et sociales du pays.

Sans entrer sur ces différents points dans des développements qui seraient plutôt du domaine des historiens ou des anthropologistes, voire même des psychologues, certains des correspondants de l'*Engineering* n'ont pas été sans émettre quelques réflexions intéressantes au point de vue de l'influence du milieu sur l'éclosion et le développement de l'industrie dans le nouveau Continent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La race nouvelle qui se forma aux États-Unis grâce à la fusion des immigrants de toutes les nations, Français, Allemands, et surtout Anglo-Saxons d'origines diverses (Bretons, Celtes, Écossais ou Irlandais), hérita de l'audace, de la hardiesse et de l'esprit d'initiative des premiers colons qui eurent à lutter dans le principe avec tant d'énergie contre les difficultés de toute nature pour assurer les premiers besoins de leur existence et qui, perdus dans les vastes territoires de ce pays neuf, au milieu des représentants des races autochtones, se trouvaient dans l'impossibilité d'y suivre les traditions nationales et les vieilles méthodes de travail de leurs ancêtres. De là, chez ces immigrés et leurs descendants, cette confiance en eux-mêmes, de là aussi cette ingéniosité de l'Américain et la supériorité qu'il a sur l'Européen de savoir mieux adapter les moyens au but; de là, enfin, pour ce qui concerne plus spécialement le côté industriel, la sûreté de son instinct mécanique.

Si la persistance et le développement de l'immigration (1) qui a pris de si fortes proportions, surtout depuis la création de la navigation à vapeur, n'ont affaibli ni tempéré ces qualités nationales de l'Américain : fixité des desseins, ingéniosité et confiance en lui-même, cela tient, d'après M. Head (2), à deux causes : d'abord, les colons qui viennent en Amérique sont généralement pauvres, mais la dose d'énergie dont ils sont capables est suffisamment prouvée par la grave résolution qu'ils ont prise en s'expatriant; d'autre part, en raison d'une loi d'ethnologie bien connue, et que M. Head rappelle, la race américaine, composée d'éléments si divers, aurait pour cette raison même une vitalité plus grande que celle des nations plus homogènes.

L'Américain, s'il est porté par son ingéniosité naturelle aux solutions originales et neuves, sait aussi observer et étudier les méthodes étrangères; il n'est pas sceptique sur les progrès évidents des autres, il sait mettre à profit les qualités particulières des artisans étrangers qui viennent se fixer sur son sol, et la recherche incessante des améliorations et des perfectionnements le met en garde contre un amour-propre exagéré et contre l'esprit de routine. En Angleterre semble-t-il, du moins si l'on s'en rapporte au jugement porté sur leurs nationaux mêmes par certains des auteurs des mémoires publiés, l'esprit conservateur est bien plus marqué, avec une tendance même à l'exagération : les générations qui se sont succédé ont tenu et tiennent encore à garder ce que leurs devancières ont acquis ou appris avec peine; surtout si les résultats donnés par les méthodes anciennes et ayant fait leurs preuves sont bons, il semble qu'il n'y ait pas utilité

(1) L'immigration a amené, en 1899, aux États-Unis et au Canada, 311 715 immigrants dont 297 349 d'Europe, 8 972 d'Asie, 51 d'Afrique et 5 343 divers. — L'augmentation en 1899 par rapport à 1898 a été de 82 416, soit 36 p. 100, et se rapporte principalement aux émigrants d'Europe (Italie, Autriche-Hongrie, Russie).

(2) *Engineering*, 10 novembre 1899.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ou nécessité à en rechercher de meilleures ; le respect des traditions entraîne une réelle opposition, sinon à tout progrès, du moins à tout changement radical et l'expérience antérieurement acquise élève ainsi parfois, comme le fait remarquer l'auteur de l'article du 20 octobre 1899, un sérieux obstacle au progrès en servant de prétexte à l'entêtement et à la routine ; elle est aussi de nature à entraîner une confiance exagérée dans les résultats obtenus quand elle ne produit pas une indifférence fâcheuse quant aux résultats futurs. C'est contre cet esprit conservateur exagéré que s'élève, peut-être un peu sévèrement, M. Barnes, secrétaire de l'Amalg. Society of Engineers de Londres, lorsqu'il fait allusion à l'outillage parfois suranné et à l'installation souvent assez antique de certains ateliers anglais comparativement aux grandes usines américaines toujours dotées de l'outillage le plus récent et le plus perfectionné.

Nous ne nous étendrons pas davantage sur les réflexions générales d'ordre psychologique de certains des correspondants de l'*Engineering*, qui ont apprécié l'influence des particularités de la race sur le développement industriel des deux pays : certains de ces jugements portés dans cet ordre d'idées nous ont paru du côté des auteurs anglais empreints de pessimisme ou de sévérité excessive pour leurs compatriotes ; du côté des Américains, si quelques-uns, prétendent avec une délicate modestie, avoir hérité de leurs cousins d'Angleterre de certaines de leurs qualités nationales, d'autres les font valoir non sans un sentiment d'orgueil, que les succès récents rendent d'ailleurs assez naturel.

Peut-être ne faut-il pas s'étonner que ce côté psychologique de la comparaison ait été apprécié d'une façon plus impartiale et plus juste par des auteurs étrangers aux deux nations, et que certains écrivains du Continent comme Paul Bourget, qui a consacré, dans *Outre-Mer* des pages si intéressantes au caractère national américain, aient mieux pénétré et plus fidèlement dépeint les qualités et les travers du caractère de ce grand peuple (1).

IV

Régime social. — Questions ouvrières. — Conflits du travail. — Bien que la question du régime social n'ait été, en général, qu'effleurée dans les différents articles de l'*Engineering*, les auteurs de ces articles l'ont envisagée presque tous dans le même sens : l'opinion presque générale exprimée, aussi bien de la part des industriels ou économistes anglais que de leurs confrères américains, est que l'Angleterre a eu beaucoup à souffrir dans ces derniers temps et souffre encore de la tyrannie du trade-unionisme.

(1) Voir aussi à ce sujet l'ouvrage de M. Levasseur : *l'Ouvrier Américain*, et celui de M. Lavollée : *les Classes ouvrières en Europe*, tome III (Angleterre).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La ligne de conduite imprévoyante et l'esprit étroit de la politique des trade-unions (nous ne faisons ici qu'employer les termes mêmes des diverses appréciations formulées) auraient eu, d'après ces auteurs, une funeste répercussion sur l'industrie anglaise, non seulement en soulevant de graves conflits du travail, comme la grève des mécaniciens de 1897 (1), mais encore par la restriction artificielle de la capacité productive des hommes et des machines. « Un homme pour chaque machine, une seule machine pour un homme et la production de cette machine limitée », telle serait bien souvent, paraît-il, l'une des formules de revendication des trade-unions anglaises.

En Amérique, au contraire, l'ouvrier étant, comme nous l'avons vu plus haut, payé suivant sa valeur et selon le travail effectué, ne cherche pas à limiter sa production : il est ainsi plus indépendant de ses camarades, et comme, d'autre part, la division des classes est moins marquée, comme l'ouvrier habile et intelligent peut plus facilement sortir du rang et prétendre à une situation meilleure et même à la fortune, l'ambition, aussi bien que l'intérêt qui stimule son activité, entraîne de sa part une coopération plus intelligente à l'œuvre commune; l'émulation entre les ouvriers d'une même usine est, pour les mêmes raisons, plus grande, plus féconde : de là, peut-être aussi, une discipline plus souple, un respect plus scrupuleux des droits des patrons et, par suite, plus de cordialité et de bonne entente entre ceux-ci et leurs ouvriers. Si des perturbations ouvrières se sont produites en Amérique, dit M. Hunt, de Chicago, elles y ont été généralement moins graves et les plus sérieuses d'entre elles, c'est-à-dire celles qui ont nui le plus à la cause ouvrière même, y ont été, d'après lui, fomentées par des membres ou des meneurs d'associations qui étaient les derniers arrivés de l'ancien dans le nouveau Continent.

M. Barnes, secrétaire de l'Amalgamated Society of Engineers de Londres (2), ne partage pas les idées de la plupart de ses confrères de l'*Engineering* en ce qui concerne le rôle des trade-unions anglaises : si certaines industries anglaises se trouvent, dit-il, actuellement en retard au point de vue de la perfection de l'outillage, de la bonne disposition des ateliers, de l'application de méthodes

(1) L'influence de la grève des mécaniciens de 1897 est bien mise en évidence par l'accroissement qui s'est produit dans le chiffre des importations en Grande-Bretagne des machines-outils de provenance américaine. Nous empruntons à l'*Engineer* du 27 décembre 1899, les chiffres suivants relatifs à ces importations pendant les dernières années :

	Fr.	
1895.	2 154 125	
1896.	4 371 225	
1897*	8 438 200	(* année de la grève)
1898.	7 824 000	
Prévision pour 1899.	9 450 000	

(2) *Engineering* du 27 septembre 1899.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de fabrication avantageuses, les trade-unions n'en peuvent être, suivant lui, rendues responsables; leurs revendications portent sur deux points principaux : remaniement des heures de travail et application plus rationnelle du travail à la tâche.

M. Barnes estime que l'ouvrier anglais est capable de produire un travail plus abondant et meilleur en moins d'heures que n'en comporte actuellement la journée de travail dans ce pays, à la condition qu'il commence à une heure moins matinale; il y a là, dit-il, une coutume aussi cruelle qu'inutile, anti-économique parce que l'ouvrier ne travaille bien qu'après un repas et que la journée est forcément coupée par un plus grand nombre d'interruptions, inéquitable parce que la rentrée du personnel dirigeant est fixée à des heures plus tardives et, enfin, contraire aux intérêts normaux de l'ouvrier qui ne peut consacrer aucun instant aux études intellectuelles ou techniques susceptibles d'assurer son progrès social.

Quant au travail en tâche, les Unions, dit M. Barnes, n'y sont pas opposées en principe et elles admettent parfaitement que l'ouvrier doive un plus grand effort pour un plus grand salaire : l'établissement de prix fixes ou normaux n'est pas incompatible avec de plus forts gains journaliers, un supplément de production devant entraîner un supplément de salaire, lequel ne doit pas être limité *a priori*. Le travail en tâche, tel qu'il est appliqué actuellement en Angleterre, ne consisterait, d'après M. Barnes, qu'en un marchandage individuel entre le patron et l'ouvrier, qui excite le premier à opérer des réductions successives du prix offert jusqu'à ce qu'il soit ramené au taux ordinaire de la journée, même pour un ouvrier très habile.

Suivant les vues de M. Barnes, au contraire, le système du travail à la tâche sera appliqué au profit des deux parties si l'on considère les prix de base de la journée de travail comme des marchandages collectifs admis d'un commun accord entre les deux parties, mais permettant un salaire supplémentaire pour un accroissement de travail. L'application de ce principe, que certains établissements britanniques ont mis en pratique, ferait disparaître la répugnance pour le travail en tâche de beaucoup d'ouvriers anglais qui préfèrent aujourd'hui le salaire fixe à la journée. Le travail en tâche ainsi compris aurait l'avantage, pour l'ouvrier qui travaille individuellement, de stimuler son activité et son intelligence et, pour ceux qui travaillent en équipes, d'améliorer la cordialité de leurs relations; enfin il assurerait la bonne entente des employeurs et des employés. D'après M. Barnes, le système américain du salaire toujours rigoureusement proportionnel au travail produit, sans la garantie pour les ouvriers d'habileté ou d'activité moyenne d'un gain journalier débattu, mène à un régime social qui ne pourra pas se maintenir. L'Angleterre, toujours selon M. Barnes, a passé par l'état actuel avant d'arriver à un régime social préférable à tous égards, mais

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

perfectible encore cependant, puisque de nouveaux progrès restent à réaliser pour améliorer, grâce au concours de toutes les classes, les rapports du capital et du travail et assurer le respect mutuel des droits des patrons et des ouvriers.

Les Américains passeront eux-mêmes, prédit M. Barnes, par les mêmes phases que les Anglais : ils devront arriver plus ou moins rapidement à la situation actuelle de ces derniers après avoir progressé eux-mêmes et perfectionné leur système social, grâce à un rôle analogue des Unions américaines. Le système américain semble, en effet, à M. Barnes ne pouvoir se défendre au point de vue du bien-être social. Il n'est pas le seul, en effet, parmi les auteurs de l'*Engineering*, qui ait formulé des réserves sur les conséquences que ce régime de production à outrance, de la part de l'ouvrier, comme de la part du chef d'industrie, peut ou pourra avoir, non seulement sur les relations sociales, mais aussi sur la famille. Mais la conception de la vie humaine est tellement différente en Amérique de ce qu'elle est en Angleterre, qu'il est bien difficile de prévoir si les Américains reconnaîtront un jour comme un progrès désirable à réaliser le régime social actuel de la Grande-Bretagne.

V

Enseignement technique et professionnel. — La question de l'enseignement et de l'éducation technique, qui a une influence si prépondérante sur la prospérité de l'industrie des constructions mécaniques en particulier, a été tout spécialement envisagée dans certains des articles de l'*Engineering :*

M. G. Howell, membre de la Société de statistique à Londres (1), estime que l'une des principales raisons de l'ancienne suprématie anglaise dans certaines branches de l'industrie fut un système presque parfait d'apprentissage légué à la génération du commencement de ce siècle par les anciennes corporations; mais tout en constatant que malgré le relâchement qui s'est produit dans ces derniers temps et la suppression même de ce système d'apprentissage dans certains corps de métier, son influence paraît avoir continué encore longtemps à se faire sentir dans les industries où il avait été appliqué rigoureusement, M. Howell regrette que l'Angleterre ait tardé bien longtemps à créer un système d'enseignement technique destiné à compenser la perte de l'instruction spéciale due à l'apprentissage, et qu'elle n'ait pas, comme l'Amérique, suivi à cet égard les progrès remarquables réalisés par les autres nations du Continent, principalement la France, l'Allemagne, la Belgique et la Suisse. L'Angle-

(1) *Engineering* du 29 octobre 1899.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

terre, d'après le même auteur, n'a fait dans cette voie de progrès notables que depuis 1870, mais il lui resterait encore, par rapport à l'Amérique, un retard sérieux à regagner.

M. Robert S. Ball, de Londres (1), pense que, dans les centres industriels de l'Angleterre, les ouvriers disposent d'autant d'occasions et de facilités pour acquérir les notions scientifiques et mécaniques qui leur sont indispensables pour élever le niveau de leurs connaissances; toutefois, avec M. Barnes que nous avons déjà cité, il estime que l'ouvrier américain désireux de s'instruire a l'avantage d'une meilleure distribution de ses heures de travail, ce qui lui permet de faire un meilleur usage du temps qui lui appartient. Mais où la supériorité de l'Amérique est bien établie, d'après M. Howel, c'est dans le mode d'enseignement technique réservé aux jeunes gens appelés à former une bonne partie du cadre du personnel dirigeant des grands établissements industriels et surtout à l'accueil sympathique que trouvent auprès des chefs d'industrie américains les jeunes hommes ayant reçu une certaine instruction théorique ou diplômés d'un des nombreux instituts technologiques que possèdent les États-Unis. Presque toujours, dit M. Robert Ball, ce jeune diplômé trouve sans aucune difficulté un emploi dans un des établissements américains de constructions mécaniques; il est rétribué dès le premier jour de son entrée aux ateliers et son salaire augmente avec son expérience et les services qu'il rend. Aux ateliers du collège d'où il sort, il n'a acquis qu'une connaissance des outils assez superficielle, mais déjà très utile pour le travail plus sérieux dans lequel il vient de s'engager dans l'usine où il est entré; il reste à l'atelier assez longtemps pour se familiariser avec les procédés employés, plutôt que pour acquérir une dextérité manuelle égale à celle d'un vieil ouvrier, car il ne compte pas, et on ne le laisserait pas s'éterniser au tour ni à l'établi. A la première occasion, il entre au bureau des études avec une augmentation de salaire et commence à utiliser son instruction par la recherche d'améliorations diverses ou l'étude de nouveaux dispositifs.

En Angleterre, au contraire, d'après le tableau assez sombre que fait M. Ball des débuts du jeune technicien, celui-ci, après d'énormes dépenses de temps et d'argent, se trouve, lorsqu'il s'agit de chercher une chance d'acquérir l'expérience pratique qui lui manque, en présence d'un état de choses désolant : s'il réussit à entrer dans un établissement industriel, au lieu d'être payé de son travail, il est souvent obligé de payer pour ce qu'on appelle la période d'instruction; son temps est utilisé comme le directeur de l'établissement ou plutôt comme ses sous-ordres le jugent à propos, et le débutant peut ainsi rester pendant des mois à tourner des boulons de même diamètre, c'est-à-dire

(1) *Engineering* du 8 décembre 1899.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à perdre son temps, s'il n'a l'intention de devenir tourneur de profession. Or, il ne semble pas que l'habileté avec laquelle il peut manier tel ou tel outil soit une base exacte d'estimation de la valeur d'un homme dont l'éducation a dû viser un travail d'un autre genre. Cet état de choses, conclut M. Ball, déterminé uniquement par des causes économiques et non par une tendance hostile aux élèves des écoles techniques, n'en est pas moins décourageant et doit, en Angleterre, détourner des professions mécaniques beaucoup de jeunes gens qui feraient honneur à cette industrie.

Quant au programme même de l'enseignement technique, il est conçu en Amérique dans un but aussi pratique et aussi utilitaire que possible : nous pensons ne pouvoir mieux faire, pour en donner une idée, que de faire connaître la substance de l'article que M. Henry Morton, directeur de l'Institut technologique de Stevens, bien qualifié par ses fonctions mêmes pour traiter cette question, a exclusivement consacré à ce sujet (1) : L'enseignement technique des arts mécaniques était, dit-il, inconnu il y a une trentaine d'années aux États-Unis, mais il y a fait de rapides et importants progrès. Le caractère de cet enseignement est de maintenir les élèves et surtout les professeurs en contact intime avec les progrès réalisés dans les meilleurs ateliers; on s'est attaché toutefois à ce que cet enseignement, sans perdre son caractère éducateur, ne dégénérât pas en simple enseignement professionnel. Les professeurs ont été généralement recrutés, surtout dans le principe, parmi les hommes ayant une expérience personnelle dans le dessin et la construction des machines; on a pris soin de ne pas les absorber entièrement par leur enseignement et ils ont été généralement autorisés et même aidés ou encouragés à se livrer à leurs travaux professionnels chaque fois que ceux-ci ont pu se concilier avec leurs devoirs de professeurs. Le personnel enseignant ainsi formé a pu se maintenir constamment au courant des progrès de l'industrie; il peut, d'autre part, se livrer à des recherches d'ordre plus scientifique grâce à la surveillance ou à la direction des ateliers d'essais qui leur est confiée dans les établissements où ils professent. Quant aux élèves-ingénieurs, on s'applique à les laisser en contact avec le fonctionnement réel des ateliers; le programme de leurs études comporte deux séries de travaux très distinctes : d'une part, des travaux manuels pratiques : les élèves sont exercés à la forge, au moulage, au tournage sur bois et sur fer, non pas jusqu'à ce qu'ils aient atteint la dextérité d'artisans habiles, mais suffisamment pour exercer la main et l'œil de l'élève et le mettre à même de se rendre compte des procédés d'exécution; d'autre part, un cours expérimental rompt les élèves aux essais pratiques de machines de toute nature : moteurs à vapeur, à air chaud, à gaz, électriques, compresseurs de turbines, de ventilateurs,

(1) *Engineering* du 5 janvier 1900.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de pompes, transmissions de force, etc. Grâce à cette méthode d'enseignement, l'élève, à la fin de la période d'études, est familiarisé avec les engins qu'il devra utiliser dans l'industrie, il sait les dessiner, peut-être en surveiller l'exécution et est des plus aptes à découvrir des améliorations ou des perfectionnements. Il en résulte aussi une formation très rapide de l'ingénieur qui peut ainsi, dès le début de sa carrière, acquérir promptement une expérience solide, alors que sa jeunesse lui assure encore toute la souplesse de l'intelligence et une grande facilité d'assimilation.

C'est là, d'après M. Kent, ingénieur mécanicien, directeur de l'*Engineering News* de New-York (1), la cause du succès, dans la compétition internationale, d'un grand nombre d'établissements américains dirigés avec une grande compétence pratique et une grande largeur de vues par des hommes jeunes, actifs, pleins d'amour-propre, n'ayant pas de vieilles méthodes à désapprendre, sans préjugés et sans routine.

VI

Législation industrielle. — La comparaison de la législation industrielle dans les deux pays ne serait certainement pas sans intérêt pour l'étude des causes qui ont pu activer ou ralentir dans chacun d'eux le développement de l'industrie en général. Les correspondants de l'*Engineering* se sont peu appesantis sur ce côté de la question : nous mentionnerons toutefois quelques réflexions relevées à ce sujet.

M. Howell, membre de la Société de statistique de Londres, estime que l'Angleterre est restée longtemps en retard en ce qui concerne les lois sur les brevets : pendant de longues années, dit-il, ces lois furent plutôt un empêchement qu'autre chose : elles rendaient le succès extrêmement difficile à l'inventeur pauvre et la plupart des grands inventeurs furent pauvres. Dans d'autres pays, aux États-Unis, les lois sur les brevets encourageaient les inventeurs en leur facilitant l'obtention de la protection nécessaire. Les Anglais se sont engagés lentement dans cette voie, d'abord en donnant une protection limitée à ceux qui exposaient dans les expositions industrielles et autres, ensuite par une réforme générale des lois sur les brevets. Ces hésitations coûtèrent cher à l'Angleterre, car l'étranger la devança en bien des choses.

L'Angleterre se trouve particulièrement en retard par rapport à l'Amérique, comme le fait remarquer l'auteur anonyme anglais de l'article du 13 octobre 1899, en ce qui concerne les questions de traction électrique et de transmission de la

(1) *Engineering* du 6 octobre 1899.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

force par l'électricité. Le retard de cette industrie dans la Grande-Bretagne peut s'expliquer par les lois rigoureuses sur la matière et l'Act de 1871 sur les tramways. Ces lois ont empêché les capitaux anglais de s'engager dans les entreprises électriques du pays et la statistique prouve qu'ils se sont beaucoup plus portés sur les entreprises similaires de l'étranger. L'Amérique n'est pas entravée par de telles lois et se trouve aujourd'hui très en avance sous ce rapport, aussi bien que pour l'industrie des automobiles.

Quant aux lignes de chemins de fer, nous avons déjà fait remarquer plus haut que les dépenses de premier établissement, qui ont une répercussion si considérable sur le prix des transports, sont en Amérique généralement moins élevées par suite de la simplification de la législation sur les expropriations, de la moindre rigueur des règlements sur les signaux, les clôtures et les stations, et surtout de l'absence de limitation de la durée des concessions.

D'une façon plus générale, les citoyens des États-Unis jouissent d'une grande liberté pour la création et l'organisation de leurs établissements industriels. La facilité, dit M. Walter Mac Farland, ancien ingénieur en chef de la marine des États-Unis (1), avec laquelle des Sociétés peuvent être formées, les terrains achetés et les marchandises transportées, est beaucoup plus grande en Amérique qu'en Angleterre. Il n'est nullement exceptionnel, aux États-Unis, qu'un établissement industriel se voie attribuer gratuitement des terrains nécessaires pour ses besoins et accorder l'exemption des impôts pendant une longue période d'années, quelquefois même avec allocation notable pour qu'il s'établisse dans un endroit spécial où il y a intérêt à créer un village industriel. Il est évident que ces dons réduisent les frais de premier établissement et, par suite, le prix de revient des produits. J'ai reçu, ajoute M. Mac Farland, de plusieurs Anglais éminents, bien au courant de la situation, des lettres dans lesquelles ils parlent de toute une série d'entreprises qui ont été littéralement étranglées par des mesures législatives ou administratives qui rendaient simplement impossible de tirer un bénéfice quelconque de l'entreprise concédée. — Il se peut qu'en Amérique, dit en terminant M. Mac Farland, on ait les coudées trop franches, mais il paraît certain qu'en Angleterre c'est le contraire. Il est permis de croire aussi que bien souvent en Angleterre les innovations trouvent un obstacle dans la prise en considération exagérée des intérêts existants susceptibles d'être lésés par de nouvelles créations.

Enfin, les tarifs douaniers ont aussi, sans aucun doute, joué un rôle considérable dans l'évolution de l'industrie des deux pays, mais les articles de l'*Engineering* se sont abstenus d'aborder ce côté de la question. Seul, M. W. Kent attribue la plus grande influence sur le développement de l'industrie américaine

(1) *Engineering* du 13 octobre 1899.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

aux lois protectionnistes votées dans ce pays depuis un demi-siècle. L'effet immédiat des tarifs de protection sur les industries de fabrication des États-Unis a été, suivant lui, l'affluence des capitaux de placement vers les entreprises naissantes, la conservation puis le développement prodigieux du marché intérieur jusqu'au moment où une surproduction à des prix de revient avantageux permit à l'industrie d'envoyer avec succès ses produits sur les marchés étrangers.

VII

Organisation financière de l'industrie. — Peu de mots également ont été dits sur l'organisation financière de l'industrie en Amérique et en Angleterre.

Les Américains, dit M. Archibald Head, membre de l'*Institution of Mechanical Engrs* et de l'*Institution of civil Engineers* (1) sont aussi hardis et ingénieux en matière financière qu'en mécanique, et comme l'abondance des capitaux est la force vitale de l'industrie des constructions mécaniques, elle favorise leur compétition internationale. Les *trusts* gigantesques récemment formés dans beaucoup d'industries américaines éclipsent tout ce qui a été fait précédemment et diffèrent, par leur nature aussi bien que par leur importance, des anciens syndicats entre établissements concurrents. Le *trust* est l'acquisition, en toute propriété, par une nouvelle compagnie, d'un certain nombre d'établissements différents qui perdent désormais leur individualité. Ces *trusts* sont une bonne chose d'après M. Head tant qu'ils emploient leurs immenses ressources à réduire le prix de revient par économie de l'organisation et à éviter une compétition ruineuse. Ils sont une mauvaise chose dès qu'ils cherchent à accaparer le marché et à écraser la concurrence. — Le dernier message du président Mac Kinley appelle aussi de la façon la plus sérieuse l'attention du Congrès sur le danger de ces *trusts*, qu'on peut considérer comme la manifestation exagérée de la confiance du peuple américain dans sa puissance productive. Le message présidentiel les condamne en principe : « Ce sont, dit-il en propres termes, des combinaisons de capital organisées pour régler les conditions du commerce, annihiler la concurrence, limiter la production et fixer le prix des produits consommés par le peuple. »

L'auteur anonyme de l'article du 13 octobre termine cet article par des considérations analogues sur le danger des *trusts* et l'influence que peut avoir sur le pays la réunion en un très petit nombre de mains de la fortune nationale. Jusqu'à présent, dit-il, la plupart des hommes qui détiennent cette fortune se sont conduits sagement et, tant qu'il en sera de même, il n'y aura rien à craindre ; mais

(1) *Engineering* du 10 novembre 1899.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

si ces hommes ou — ce qui est plus probable — leurs successeurs venaient à abuser de la puissance énorme dont ils disposent, la conséquence en serait une convulsion sociale d'une telle étendue qu'il est difficile d'en concevoir le résultat désastreux pour l'industrie, convulsion qui anéantirait ou atténuerait tout au moins considérablement la compétition américaine.

VIII

Conclusions. — De la lecture des articles de l'*Engineering* dont nous nous sommes efforcés de donner, dans chaque ordre d'idées, un exposé aussi fidèle que possible, il résulte que tous les auteurs des mémoires publiés depuis quelques mois dans les colonnes de ce journal sont pour ainsi dire unanimes à constater les progrès prodigieux et toujours croissants de la compétition américaine, surtout dans ces dernières années.

Elle se manifeste dans les diverses branches de l'industrie et plus particulièrement dans celle des constructions mécaniques.

Les causes du succès de la concurrence faite par les États-Unis à la Grande-Bretagne sont multiples : les ingénieurs, industriels ou économistes qui ont fait connaître leur opinion dans l'*Engineering* les ont mises en évidence d'une façon plus ou moins frappante, suivant le point de vue spécial auquel ils se sont respectivement placés; les uns se sont appesantis davantage sur les richesses naturelles du pays, le tempérament de la race ou le régime social et politique; d'autres ont fait plus particulièrement ressortir le développement et la puissance de l'outillage mécanique, de manutention, de transport et de fabrication proprement dite; presque tous vantent la parfaite organisation industrielle, les méthodes de travail et la bonne utilisation de la main-d'œuvre dans les usines américaines; quelques-uns, enfin, ont fait une comparaison intéressante entre les méthodes d'enseignement technologique appliquées dans l'un et l'autre des deux pays. La plupart des arguments se retrouvent d'ailleurs, tous plus ou moins développés, dans les mémoires qui ont été publiés, et les appréciations des auteurs anglais ne diffèrent guère, au fond, de celles de leurs confrères américains.

L'ampleur donnée à cette enquête, la compétence des écrivains qui y ont pris part, la sincérité des convictions exprimées, donnent à la publication de l'*Engineering* une haute valeur et un puissant intérêt.

Quel sera l'avenir de la compétition américaine?

Il est difficile, ainsi que le fait remarquer M. Hunt, de Chicago, de prophétiser avec quelque certitude lorsqu'il s'agit de phénomènes économiques sur lesquels les faits de tout ordre qui se produisent dans l'univers entier peuvent avoir une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

répercussion et une influence considérable; toutefois, les correspondants de l'*Engineering*, sauf un ou deux qui pensent que la situation actuelle ne sera que temporaire, estiment que la concurrence américaine s'exercera de jour en jour plus âpre et plus redoutable pour l'Angleterre, que l'évolution commencée ne fera que s'accentuer et que la Grande-Bretagne ne pourra désormais que se résigner à partager avec sa rivale du nouveau continent le marché de l'Univers, au lieu de le dominer et de l'absorber comme elle l'a fait si longtemps. Et encore, ajoute-t-on en général, ce résultat ne sera-t-il obtenu que si l'Angleterre sait se plier à certains remèdes énergiques et immédiats, notamment si les industriels anglais, abandonnant leur rigidité traditionnelle et leur esprit conservateur, se décident à modifier leurs méthodes actuelles et perfectionnent leur outillage, et si, du côté des ouvriers, ceux qui sont à la tête des Unions, se rendant compte de la compétition étrangère, s'abstiennent de toute politique d'obstruction.

Les ingénieurs anglais qui ont répondu à la demande de l'*Engineering* sont les premiers à confesser que ces remèdes s'imposent. Lord Rosebery, dans un discours prononcé tout récemment à Chatham (le 22 janvier 1900) à propos de la guerre sud-africaine, ne s'exprimait pas d'ailleurs autrement lorsqu'il disait : « Cette guerre doit porter ses fruits et nous devons mettre en pratique les dures leçons qu'elle nous apprend. Je n'hésite pas à dire que cette guerre aura été un bon marché si elle nous a enseigné que, jusqu'ici, nous avons trop vécu au jour le jour et que, dans la guerre aussi bien que dans le commerce et l'instruction publique, il faut appliquer partout un procédé scientifique et méthodique. Or, il faut bien l'avouer, nous n'avons pas été méthodiques, nous n'avons pas été scientifiques; et la tâche qui nous incombe aujourd'hui est la plus grande qui puisse incomber à une nation. Il faut que délibérément, patiemment, scientifiquement, nous révisions les méthodes d'après lesquelles nous avons été jusqu'ici habitués à procéder. »

Lord Rosebery sera-t-il écouté ?

Ce programme sera-t-il suivi ?

N'appartiendra-t-il pas à d'autres nations que l'Angleterre, dans la lutte internationale des intérêts, d'empêcher que, suivant les prévisions d'un des correspondants de l'*Engineering*, le commerce de l'avenir continue à marcher vers l'Ouest?

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ANNEXE

La production de la fonte aux États-Unis, depuis 1879, est la suivante, d'après l'*American Iron and Steel Association :*

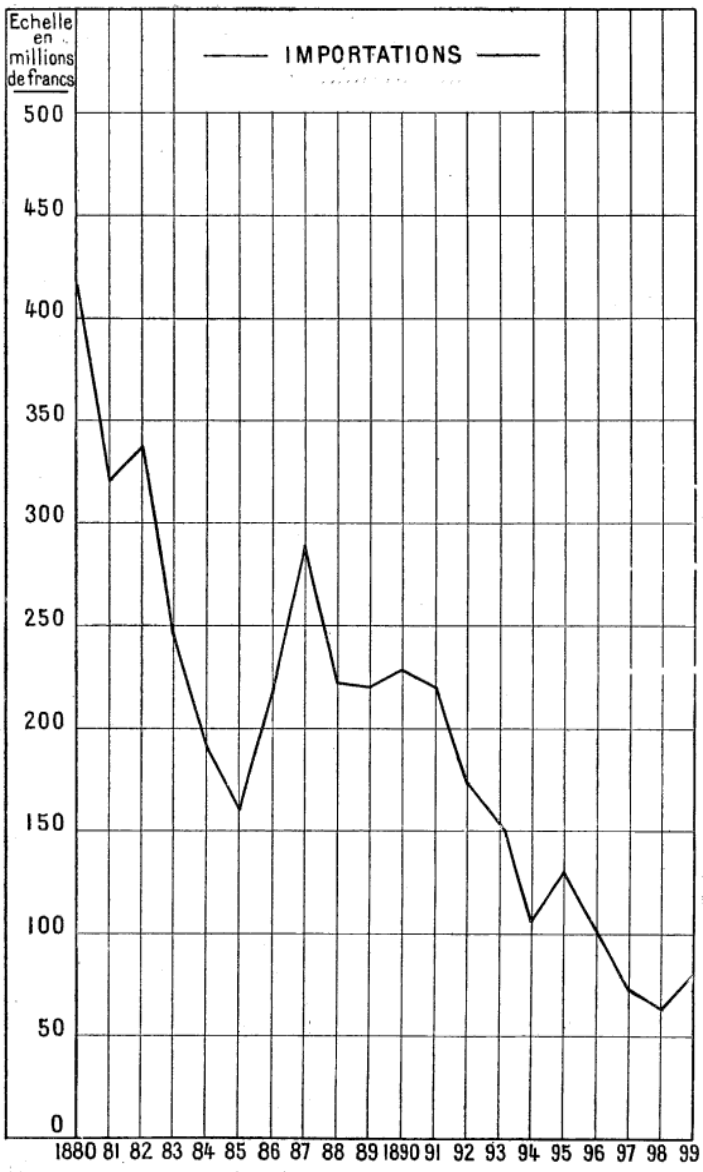
	Tonnes.		Tonnes.
1879	2 785 854	1890	9 350 388
1880	3 896 738	1891	8 412 745
1881	4 210 761	1892	9 303 951
1882	4 697 518	1893	7 238 836
1883	4 669 259	1894	6 764 226
1884	4 163 631	1895	9 597 902
1885	4 109 432	1896	8 731 511
1886	5 774 535	1897	9 807 586
1887	6 520 130	1898	11 962 882
1888	6 593 835	1899	13 839 288
1889	7 725 465		

Production de la fonte aux États-Unis, depuis 1879.

La production en 1899 a été la plus forte qui ait été atteinte jusqu'alors. Elle équivaut au tiers de la production du monde entier; elle a dépassé la production de l'An-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gleterre et également la production réunie de l'Allemagne, de la Belgique et de la France.

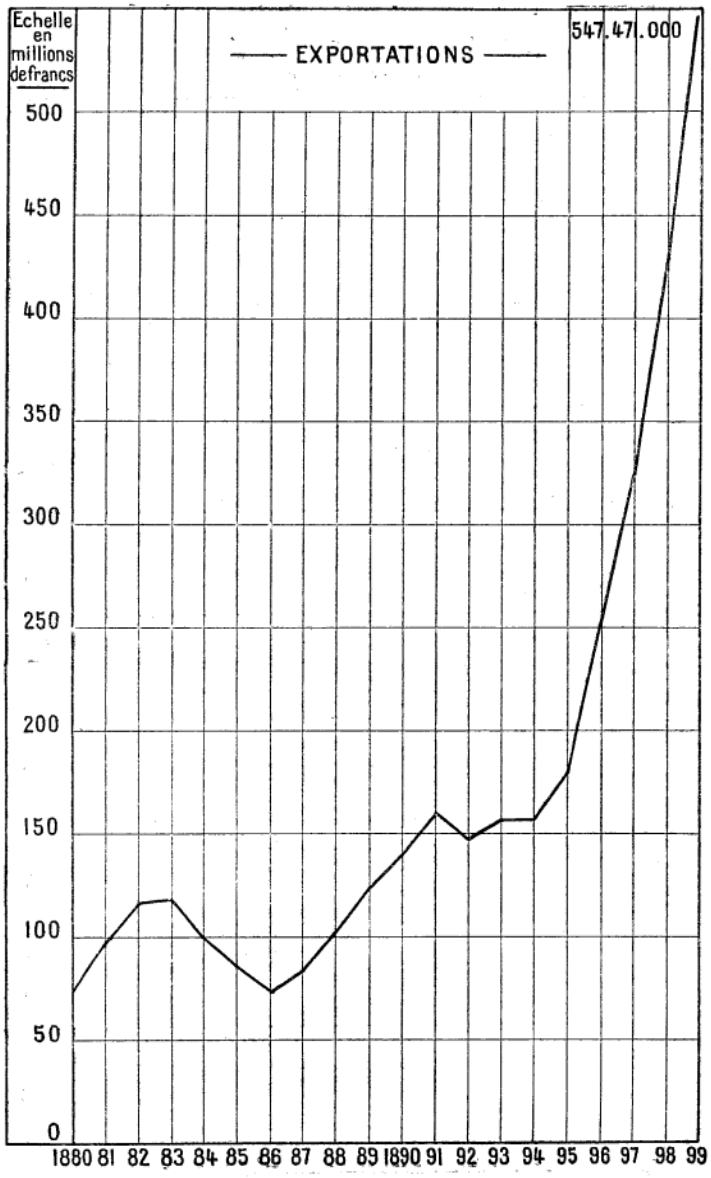


Importations des fers et aciers aux États-Unis dans les vingt dernières années.

Il y avait, au commencement de 1899, aux États-Unis, 200 hauts fourneaux en feu et 280 à la fin de la même année, produisant par semaine près de 300 000 tonnes. Au

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

commencement de 1900, il y avait 19 nouveaux hauts fourneaux en construction, devant produire annuellement 2 600 000 tonnes. Les hauts fourneaux existants amé-



Exportations des fers et aciers des États-Unis, pendant les vingt dernières années.

liorent leurs installations et seront à même d'augmenter notablement leur production. On estime que la production annuelle pourra atteindre 17 millions 1/2 de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tonnes; comme la consommation intérieure actuelle ne dépasse guère 13 millions, il y a de grandes probabilités pour que les produits sidérurgiques américains envahissent le marché international.

Le tableau des importations et exportations des États-Unis pour les fers et les aciers, bruts et manufacturés, de 1880 à 1899, extrait du 19e Rapport annuel de l'Inspection géologique des États-Unis, pour les années 1880 à 1897, et de l'*Engineering* (16 fév. 1900) pour les années 1898 et 1899, fait ressortir les chiffres suivants :

	Importations. Fr.		Exportations. Fr.
1880.	416 696 615	1880.	78 511 721
1881.	3188 55 298	1881.	94 339 306
1882.	337 449 147	1882.	115 766 960
1883.	246 082 665	1883.	117 669 087
1884.	192 064 671	1884.	99 926 836
1885.	161 328 779	1885.	86 104 606
1886.	215 647 435	1886.	77 001 150
1887.	292 258 744	1887.	84 102 075
1888.	219 174 549	1888.	101 416 573
1889.	219 703 703	1889.	122 832 376
1890.	230 719 339	1890.	139 860 694
1891.	217 475 182	1891.	159 215 106
1892.	175 511 075	1892.	144 526 465
1893.	153 620 872	1893.	156 225 500
1894.	107 969 723	1894.	135 108 516
1895.	133 499 664	1895.	181 670 696
1896.	100 816 065	1896.	252 111 729
1897.	71 671 536	1897.	324 978 955
1898.	64 618 000	1898.	428 757 000
1899.	81 840 000	1899.	547 472 000

N. B. — Les chiffres des années 1898 et 1899 sont extraits de l'*Engineering* du 16 février 1900. L'accroissement de 1899 sur 1898, pour les importations, doit provenir de l'augmentation des prix. Malgré cette augmentation des prix, il paraît certain que le tonnage exporté en 1899 a été supérieur au tonnage de 1898.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

NOTES DE MÉCANIQUE

Perforatrice *Bullock*

M. Milan Bullock a été, comme on le sait, le principal initiateur, aux États-Unis du moins, des sondages aux diamants a de très grandes profondeurs, jusqu'à 1 500 mètres

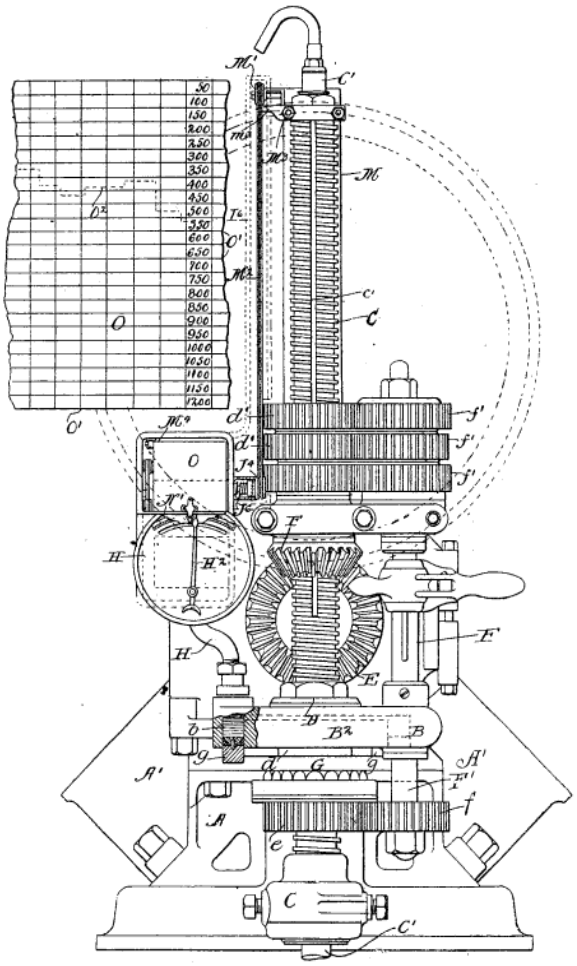


Fig. 1 et 2. — Perforatrice *Bullock*. Ensemble du montage de l'indicateur et détail d'un diagramme.

Ses appareils sont trop connus pour qu'il faille en donner ici une description générale : je me bornerai à celle d'un perfectionnement tout récent, permettant d'in-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

scrire sur un enregistreur la résistance que la perforatrice rencontre aux différents points du sondage, indication des plus précieuses, permettant de suivre approximativement la nature des roches traversées.

On reconnait en A et A′ (fig. 1 et 13) les deux cylindres à vapeur qui, par E F, commandent la vis C, rainurée en c' dans F, et filetée dans un écrou D, commandé, de C,

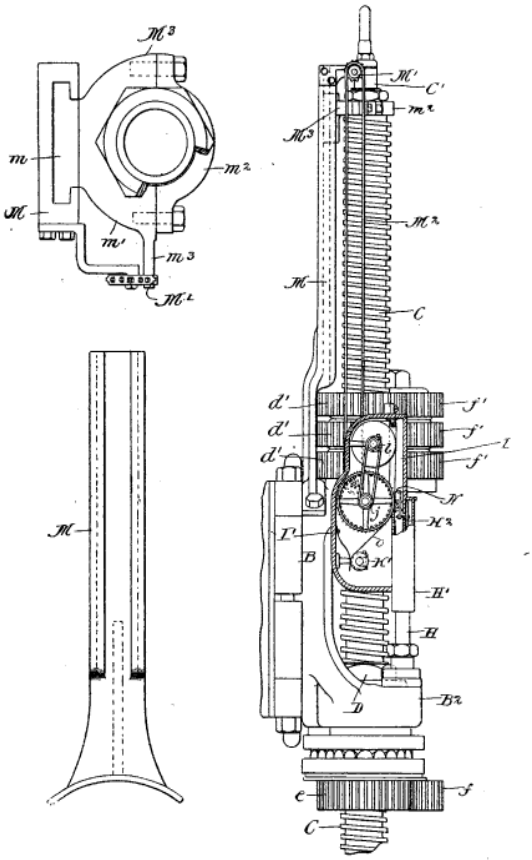


Fig. 3, 4 et 5. — Perforatrice *Bullock*. Détail du guide M et vue par bout (fig. 1).

par l'un des trains $d' f'$ et les pignons $f e$. Cet écrou reçoit ainsi, par rapport à C, un mouvement différentiel faisant avancer C avec des vitesses variables de $\frac{1}{50}$ à $\frac{1}{2\,400}$ de pouce par tours. La vitesse de rotation de C varie de 200 à 1 500 tours suivant les types de perforatrices : à 400 tours, l'avance au $\frac{1}{50}$ donne une vitesse de 200 millimètres par minute ; à 600 tours, celle de $\frac{1}{2\,400}$, donne 380 millimètres à l'heure : ce sont deux extrêmes, pour roches très tendres ou très dures.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

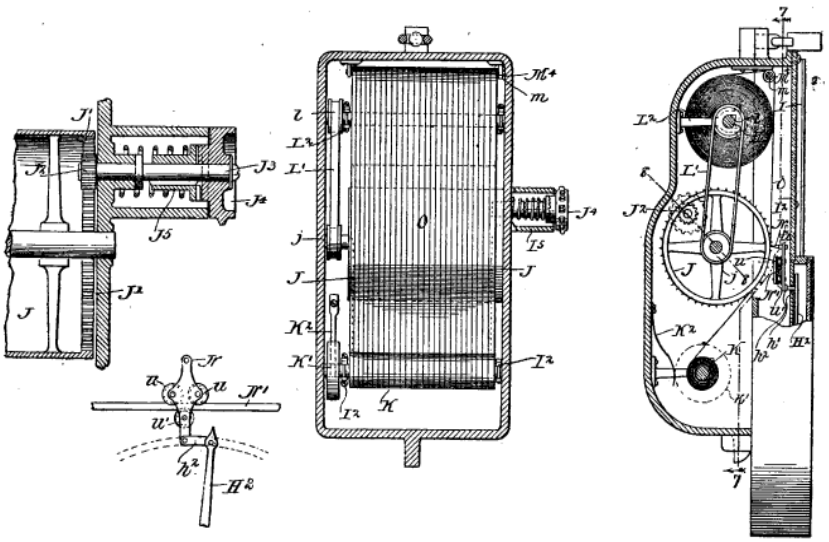


Fig. 6 à 9. — Perforatrice *Bullock*. Détail de l'enregistreur.

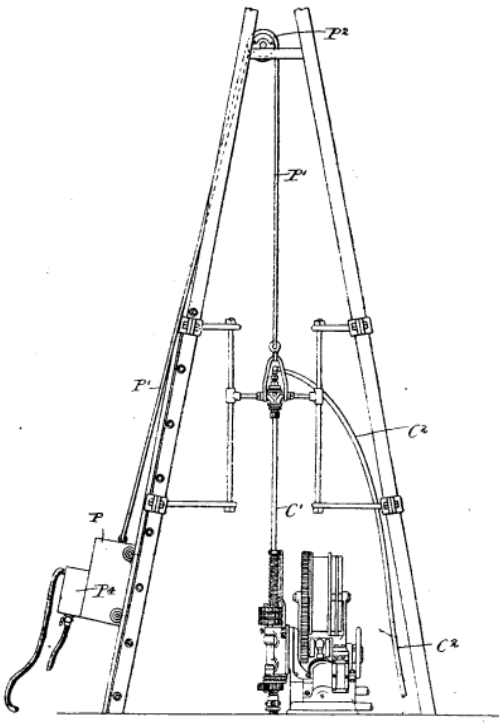


Fig. 10. — Perforatrice *Bullock*. Ensemble du chevalet.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La poussée de l'écrou D est reçue par des galets sur une plaque G, appuyée sur les pistons g des cylindres b, creusés dans le support $B_2 B_1$, et qui communiquent avec un manomètre H, dont l'aiguille H_3 indique ainsi les résistances rencontrées par la tige C′, reliée à C par un chuck. L'aiguille H_2 (fig. 9) de ce manomètre commande par h_2 et le chariot N, guidé sur la barre N^1 par trois galets nnn', un style qui se déplace transversalement devant un papier sans fin O, lequel se déroule de K en L (fig. 8)

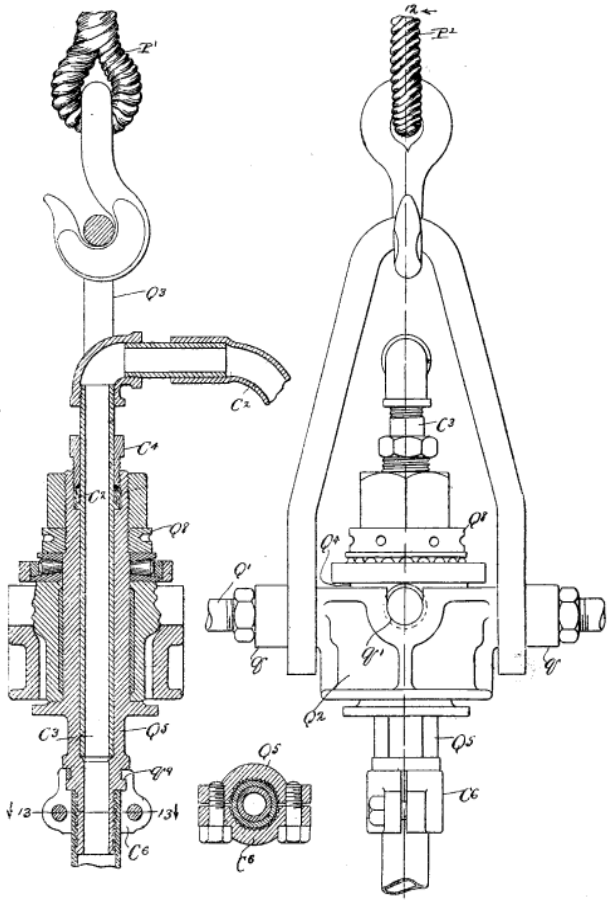


Fig. 11. — Perforatrice *Bullock*. Suspension.

proportionnellement à l'enfoncement de C. A cet effet, le déroulement de ce papier, tendu par le frottement de la courroie L′ et guidé en M_1, est commandé par les pointes d'une roue J (fig. 8) mise en rotation par le pignon J_2, mené, de J_1, par la chaîne $M_2 M$, entraînés par le bras $M_3 M_2$ de C, guidé en M. Un cliquet à ressort J_5 (fig. 6) fait que J_1 n'entraîne J_3 que dans le sens de la descente de C. Il en résulte que H_3 trace sur O un diagramme analogue à O_2 (fig. 2), donnant en ordonnées les profondeurs du sondage et en abscisses les résistances de la roche. Pour éviter les erreurs dues aux variations

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

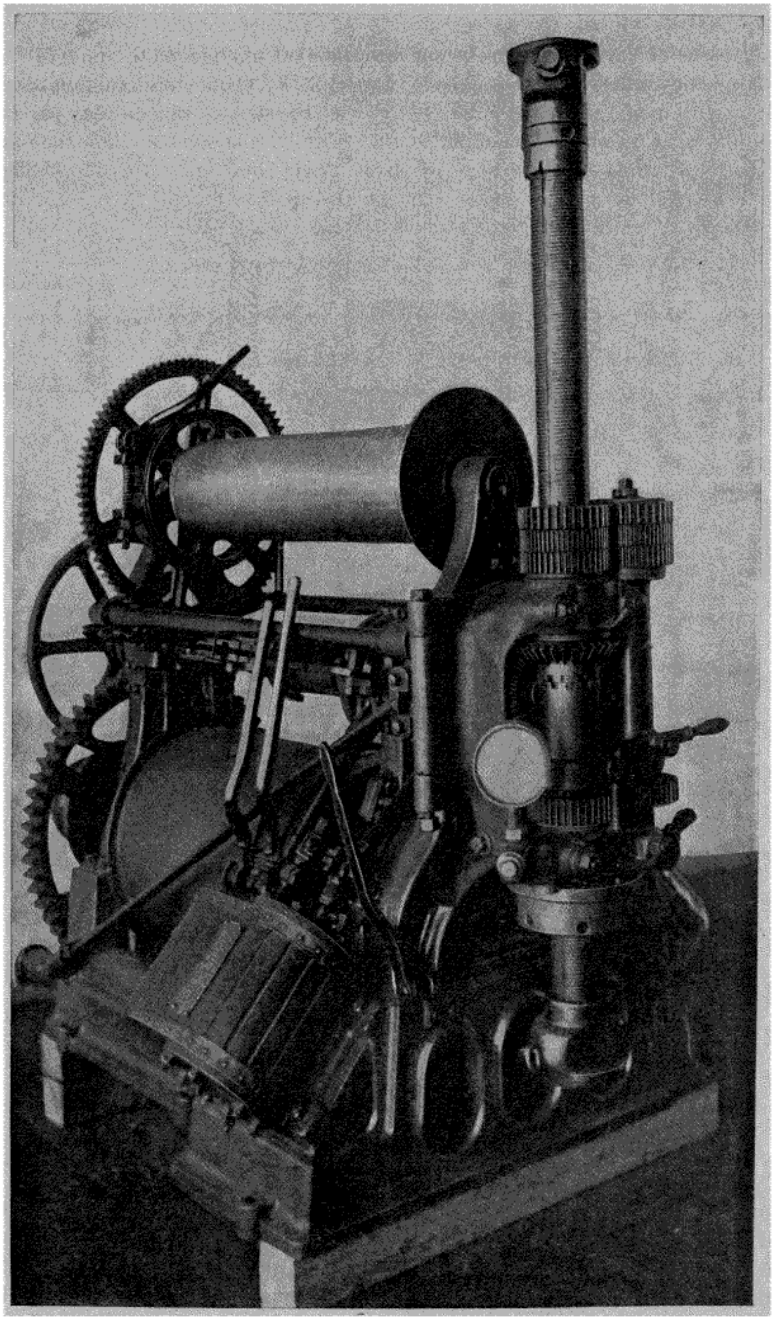


Fig. 12. — Perforatrice *Bullock* avec indicateur. Type « Favorite ». Diamètre du trou, 50 millimètres. Profondeur, 1 000 mètres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du poids de la tige C′ avec la profondeur, on peut (fig. 10) équilibrer ce poids par un contrepoids P. P′, variable par une charge d'eau P_1. La tige C′ est reliée à la corde P, par une suspension à la Cardan $q\,q'$, (fig. 11) qui lui laisse toute liberté de se prêter

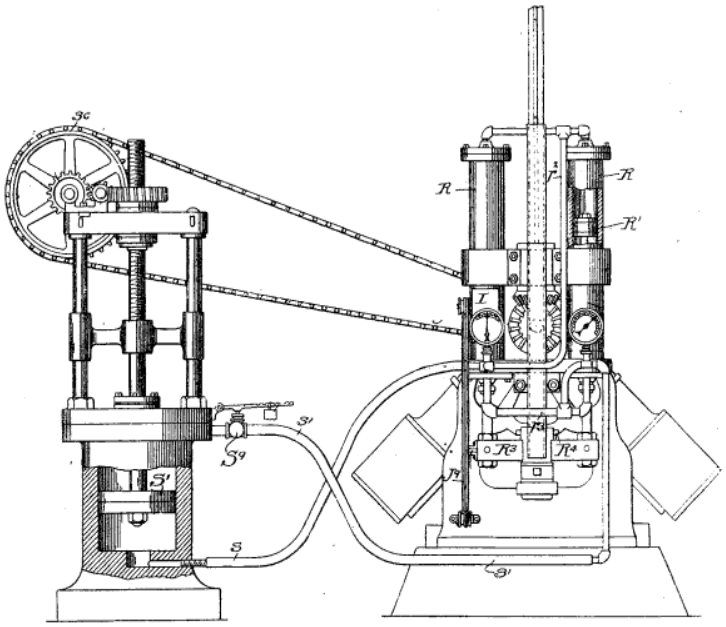


Fig. 13. — Perforatrice *Bullock* à pression hydraulique.

aux légers désaxements de l'aplomb du sondage; elle est filetée, puis pincée et calée par une mâchoire C_6, sur un manchon Q_5, à bague Q_3, reposant par galets sur cette suspension et traversé par le tube C_3 (fig. 11 et 14), à garniture C_4 (fig. 14), qui lui amène la circulation d'eau nécessaire pour rafraîchir et dégager l'outil perforateur.

Dans le type représenté par la figure 13, l'avancement est déterminé par la pres-

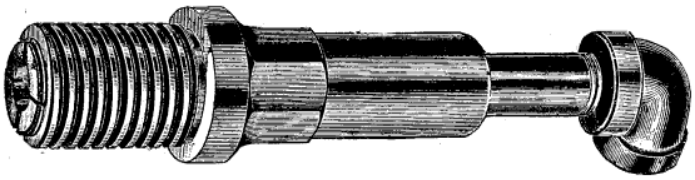


Fig. 14.

sion, sur les pistons R′, reliés à C par le croisillon $R_5\,R_4$, d'eau refoulée en R par le piston I′, commandé, du moteur, par la chaîne I_6 et l'écrou S_2; l'eau arrive sur R′ par sr_2 et passe en circuit continu, du dessous de R′ au-dessus de S′ par le tuyau s', avec étranglement par une valve S_9, chargée de façon que sa résistance équilibre le poids de la tige C. La pression en R est ainsi bien proportionnelle à la résistance de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la roche, qui se trouve ainsi enregistrée, comme précédemment, par l'indicateur I commandé, de R_5, par une corde J_9. Le piston S', arrive à ses fonds de course en même temps que les pistons R', et le moteur renverse alors automatiquement sa marche.

L'encastrage des diamants dans leur couronne exige des précautions spéciales.

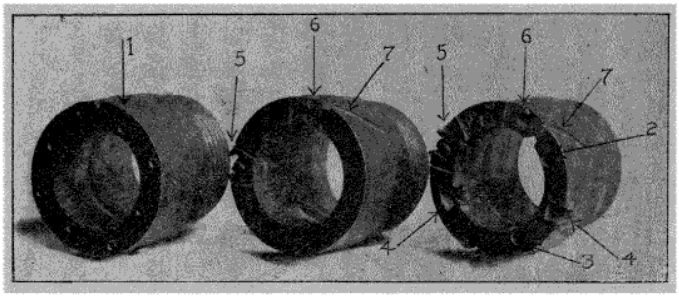


Fig. 15 à 17. — Sertissage des diamants.

Les diamants sont ordinairement au nombre de 8 (fig. 15), dont quatre extérieurs, à 90° l'un de l'autre. Pour les encastrer dans la couronne en acier doux et tenace, on y

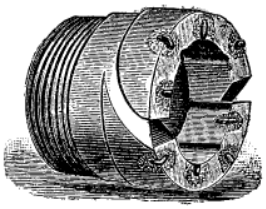


Fig. 18. — Couronne annulaire pour avancement par découpage.

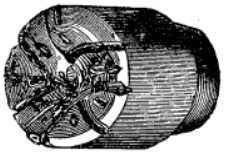


Fig. 19. — Couronne massive pour avancement par broyage.

perce des trous de diamètres plus petits que ceux des diamants, comme en 2 (fig. 17), puis on en écarte les bords au ciseau, comme en 3 et 4, de manière à constituer un

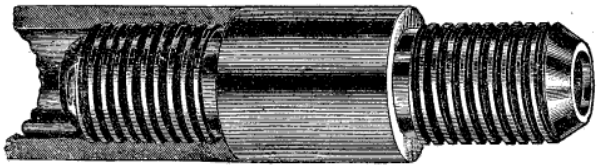


Fig. 20.

alvéole épousant le mieux possible la forme du diamant, avec, comme en 5 (fig. 16), une saignée de chaque côté, facilitant le rabattage du métal sur le diamant. Ce sertissage se fait au marteau, en prenant grand soin de ne jamais frapper le diamant, extrêmement fragile au choc, bien que très résistant à la pression. Pour les diamants très irréguliers, on complète leur sertissage en refoulant dans leur alvéole du cuivre, qui en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

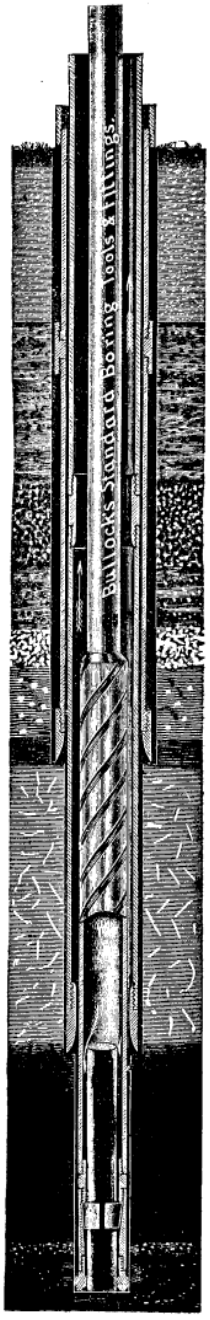


Fig. 21.

remplit exactement les vides. La dépouille du diamant varie, avec la dureté de la roche, de $0^{mm},4$ pour les roches

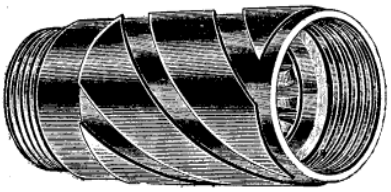


Fig. 22.

Fig. 23.

tendres, à $0^{mm}2$ pour les dures, non sujettes à empâter ou bourrer le tranchant. L'eau de refroidissement et de dégagement arrive aux tranchants par de larges rainures 7 (fig. 16)

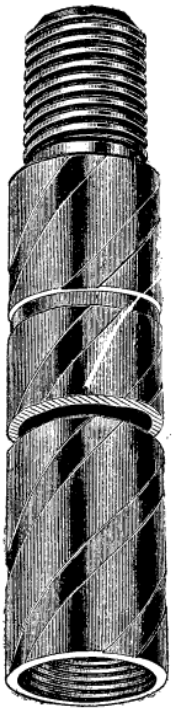


Fig. 24.

à l'intérieur et à l'extérieur de la couronne (fig. 18 et 19).

Les tiges sont en tube d'acier spécial soudé à recouvrement, en longueurs de $0^{m},50$ pour les travaux souterrains et de 3 mètres pour les travaux au jour, assemblées par

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

(fig. 20) manchons filetés solides et sans saillies. Au-dessus de la couronne, se trouve (fig. 21) un manchon conique (fig. 22) avec une bague fendue (fig. 23) également conique, qui glisse dans le manchon et sur la carotte découpée par la couronne, mais se serre sur elle et l'enlève quand on ramène la tige au jour. Cette tige est ordinairement rattachée au manchon précédent par (fig. 24 et 21) un tube de diamètre un peu plus gros, presque égal à celui de la couronne, à spirales pour la circulation de l'eau, et qui lui sert de guide.

Pour repêcher une tige rompue, on se sert fréquemment d'un taraud (fig. 25), que l'on visse dans la tige après en avoir, s'il le faut, arasé le haut par une fraise avec

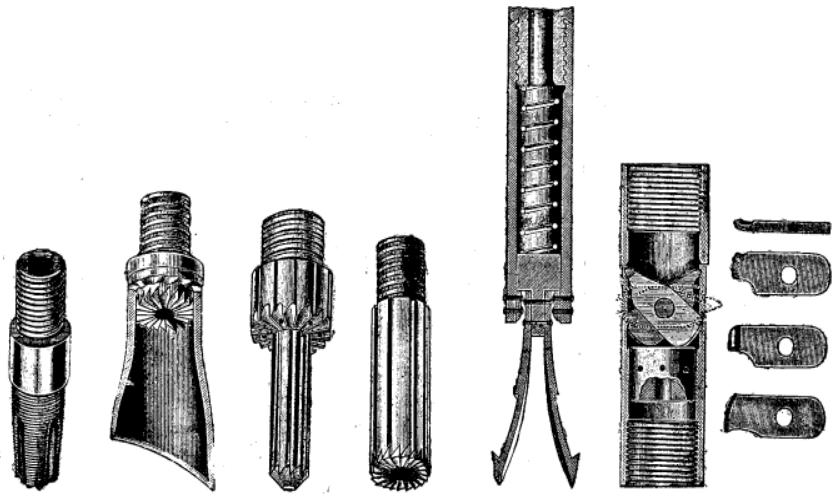


Fig. 25 Fig. 26. Fig. 27. Fig. 28. Fig. 29. Fig. 30.

guide extérieur (fig. 26) ou intérieur (fig. 27), ou sans guide (fig. 28), quand la rupture a lieu dans un manchon d'accouplement (fig. 20), qu'il faut ainsi détruire pour pouvoir insérer le taraud (fig. 25) dans la tige. On reconnaît facilement l'état de la cassure par une empreinte prise sur du suif dans une cupule au bout de la sonde.

L'enlèvement d'un tube (fig. 21) s'opère facilement au moyen du harpon (fig. 29) qui s'enclenche sous ses bords, et sa coupe par l'outil (fig. 30), dont les lames s'écartent par la pression de l'eau sur leur piston.

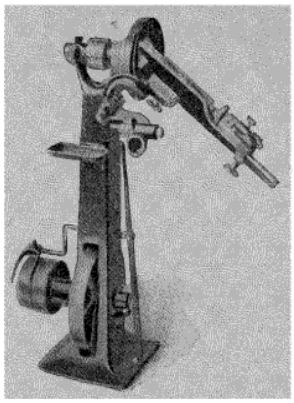
Le prix de revient des sondages effectués par ces appareils est évidemment trop élevé pour pouvoir les chiffrer *a priori;* on pourra néanmoins se faire une idée de cette variabilité, par ce fait que le prix moyen, par mètre, s'est élevé à 15 francs, pour 18 trous percés à des profondeurs variant de 200 à 600 mètres dans des roches dures : diorites, quartzites, etc., puis à 41 francs pour 12 trous de 60 à 240 mètres, aussi en roches dures.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

AFFÛTEUSE *White* POUR FORETS

Cette affûteuse, construite par la Compagnie Fuller, à Kalamazo, Michigan, est remarquable par la facilité avec laquelle elle se prête à la taille très précise de forets de diamètres variant de 3 à 60 millimètres.

Le bâti A (fig. 1) de la meule B′ porte en A′ un axe A″, sur lequel se monte le



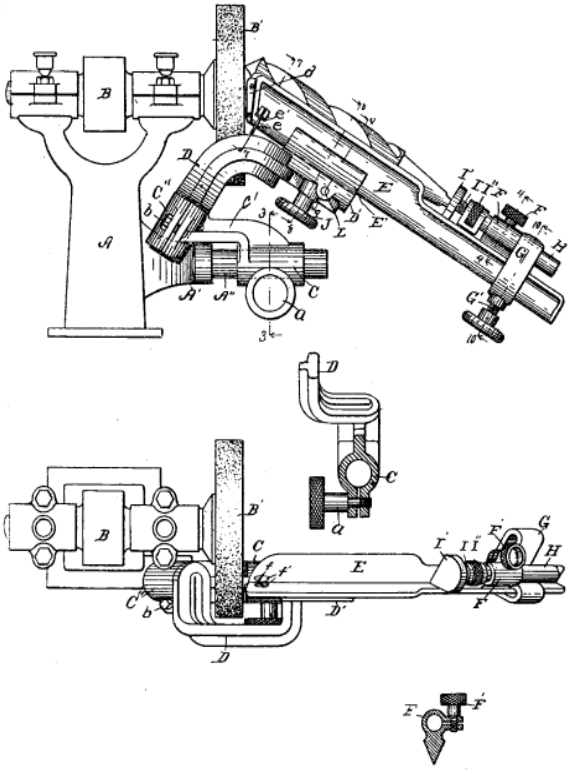


Fig. 1 *a*. — Affûteuse *White*. Fig 1 à 4. — Affûteuse *White*. Élévation. Plan. Coupes (3-3) et (4-4).

bras CC″, dans la douille C″, auquel s'ajuste le support D, que l'on serre par la vis à frottement dur *b*. Le support D entoure en partie la meule B′ et reçoit le porte-foret EE′ sur une selle D′ (fig. 7), sur laquelle il est fixé par la pression de la vis JJ′ (fig. 8) sur les bords du trou J″, et sur laquelle il peut s'incliner, grâce au jeu fourni par J″, en pivotant autour du sommet de V à E, au moyen de la vis LL′ (fig. 9) à butée *ii*, et en prise avec la denture L′ de E′. Un vernier *gg′* (fig. 7) mesure cette inclinaison et la plaque *ce′*, pivotée en *e″*, permet de soulever le foret et de le retirer ainsi facilement.

Le bas du porte-foret E porte un bloc F (fig. 1, 4, 10 et 11) serré par la vis C′ et l'étrier C, et dans lequel passe, serré par F′, un manchon H, avec tige I, à butée I′, réglable par I″ suivant la longueur du foret. L'axe du foret C″ passe par le fond du V

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de E, coupé en avant par un plan parallèle à la meule, avec plaque de butée *dd'* (fig. 5 et 6) ajustable par une vis. Le pivotement de E sur C'' fait décrire à la face de foret en contact avec la meule un cône de sommet *e* (fig. 1), quel que soit le diamètre du

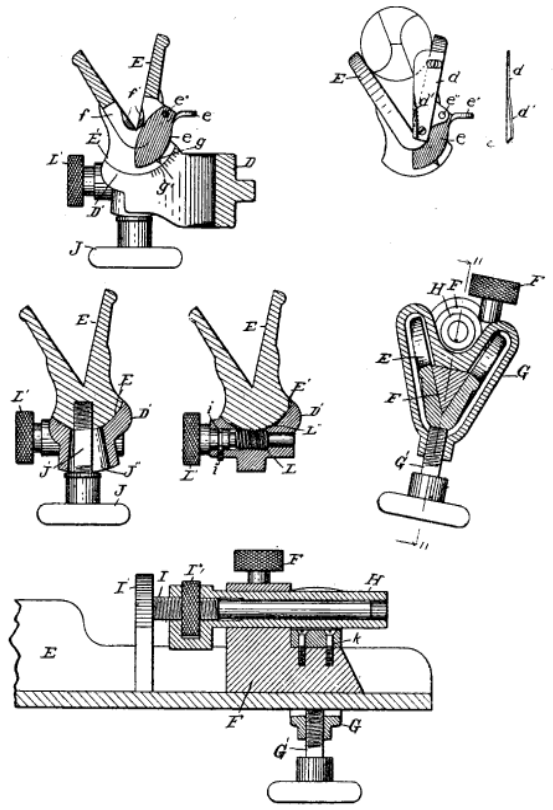


Fig. 5 à 11. — Affûteuse *White*. Détail du guide-foret. Coupes (7-7), (8-8) et (10-10) (fig. 1).

foret, et l'ajustement de la plaque *d* permet de donner au tranchant du foret une dépouille croissant de la circonférence au centre, ce qui permet au centre du foret d'avancer dans sa coupe aussi librement qu'à la périphérie.

LES GRANDS MOTEURS A GAZ, d'après M. *E. Meyer* (1).

Pendant longtemps, on crut les moteurs à gaz réservés aux petites forces. Mais les essais entrepris récemment par l'industrie métallurgique, pour utiliser les gaz de haut fourneau, ont abouti, grâce à la puissance des moyens mis en œuvre, à la réalisation de moteurs de 600, 1 000 et même 1 200 chevaux, alors que les plus puissants moteurs

(1) *Zeit. d. v. deut. Ing.*, XXXXIV, 10, Cl. 17 mars 1900.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à gaz ordinaires sont de 300 chevaux. On a reconnu que les conditions à réaliser n'étaient pas les mêmes que pour les petits moteurs, sans être pour cela plus difficiles à remplir.

La construction des moteurs à gaz diffère de celle des machines à vapeur pour plusieurs raisons dont la principale est que, dans les moteurs à quatre temps, il n'y a qu'une course motrice pour deux tours, au lieu de quatre. Il faudra donc faire le bâti, la bielle, l'arbre, et surtout le volant, si on veut un peu de régularité, beaucoup plus forts. Enfin, pour tous les gros moteurs à gaz, il est difficile de bien assurer le

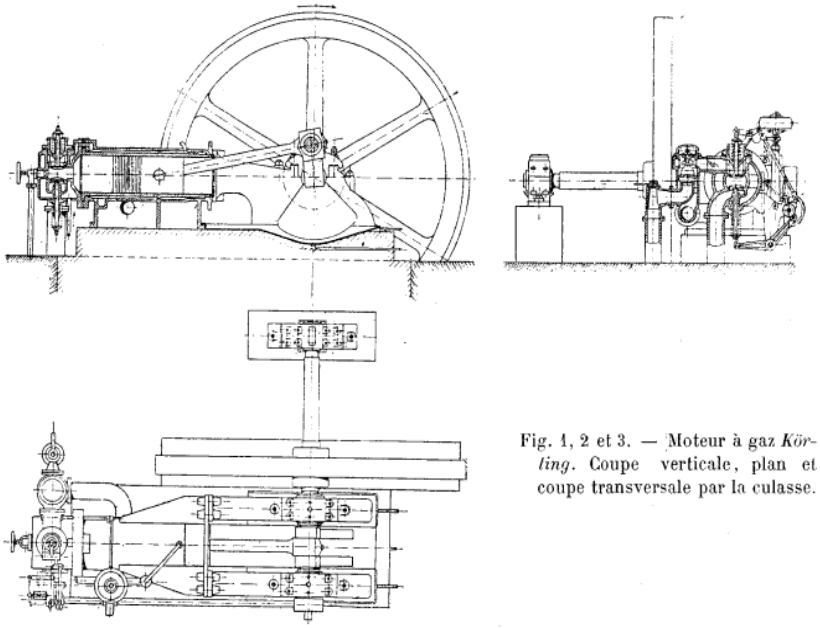


Fig. 1, 2 et 3. — Moteur à gaz *Körling*. Coupe verticale, plan et coupe transversale par la culasse.

refroidissement par une circulation d'eau. Il faut craindre de voir le piston se gripper, le cylindre ou les soupapes se corroder, les soupapes se coincer dans leurs guides, enfin des allumages prématurés.

Dans les gros moteurs, on emploie, d'habitude, des cylindres rapportés, plus résistants et faciles à enlever. Le piston est muni de nombreuses bagues : 6 ou 8; de chemises pour les surfaces frottantes ou de fonds démontables. Parfois, on a essayé la circulation d'eau. Le graissage du piston, qui a une très grande importance, est généralement assuré par une pompe. Les coussinets sont habituellement à anneau de graissage. Le fond du cylindre, formant chambre de combustion, est une pièce très délicate : elle est susceptible de chauffer beaucoup sur la partie en contact avec la flamme, tandis que l'enveloppe extérieure, en contact avec l'eau, reste froide, ce qui est dans gereux, tant parce que la présence des sièges des soupapes peut déterminer des fissures que parce que les déformations empêchent le jeu des soupapes. Il faudra donc étudier, par de nombreuses expériences, la forme à lui donner et la refroidir fortement (l'eau doit sortir froide de son enveloppe, tandis qu'elle peut sortir chaude du cylindre).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La soupape d'échappement tend également à chauffer beaucoup. On a essayé de la refroidir en la faisant lécher par la charge froide, ce qui est insuffisant; par un arrosage d'eau, ce qui la rouille; par une circulation d'eau intérieure, ce qui complique toujours, quoique cela soit facile à réaliser sur les gros moteurs; enfin, par le simple contact d'un siège et de guides convenablement refroidis par une circulation d'eau. Pour éviter les chocs, on les munit souvent de dash pot. L'allumage est toujours électrique.

Les figures 1 à 3 montrent les dispositions générales communément employées; elles représentent un grand moteur à gaz Körting. On voit que le cylindre n'a plus en porte à faux que la culasse avec les soupapes; de même, le volant est entre un palier de manivelle et un palier extérieur. Malgré de nombreux essais, l'arbre coudé est toujours muni de contre-manivelles en guise de contrepoids.

En Allemagne, on construit maintenant des cylindres de 300 chevaux. Mais, on est

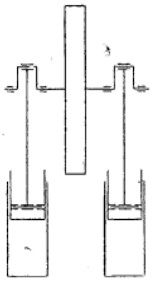


Fig. 4.

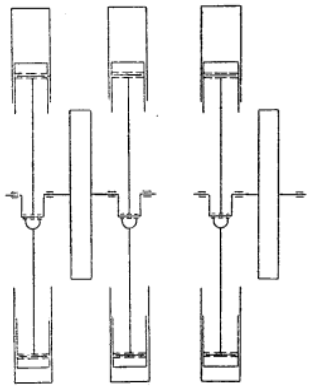


Fig. 5 et 6.

souvent conduit à multiplier le nombre des cylindres. Quand on veut une grande régularité, si l'on emploie un seul cylindre à quatre temps, il faut un très gros volant; si l'on emploie deux cylindres, la machine sera plus compliquée, il est vrai, mais plus facile à construire, plus sûre, et on pourra n'employer qu'un volant beaucoup plus petit, de sorte que, pour les gros moteurs, on aura une machine moins chère.

Presque tous les moteurs de plus de 120 chevaux, et beaucoup de plus faibles, sont à plusieurs cylindres.

On peut grouper les cylindres de plusieurs manières : Dans la figure 4, et pour des moteurs à quatre temps, les deux distributions sont croisées, pour répartir également les courses motrices. Dans la figure 5, il n'y a qu'une manivelle; mais, avec des cylindres à quatre temps, les courses motrices sont irrégulièrement espacées; de plus, il se présente des difficultés de construction parce que l'une des machines fonctionne à rebours, et que le piston tend à se soulever. Les frères Körting construisent un moteur à deux cylindres en tandem, qui n'a qu'une manivelle, avec des courses motrices régulièrement espacées; mais la boîte à étoupes donne lieu à des difficultés.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On est arrivé à un bon fonctionnement par l'emploi de garnitures en métal Howaldt, mais on est toujours gêné tant pour bien placer les soupapes que pour les retirer facilement, ce qui est indispensable. Malgré certains avantages, cette disposition a été abandonnée ainsi que les cylindres à double effet, que les frères Kõrting avaient employés avec un piston à circulation d'eau.

Avec deux cylindres de 300 chevaux, on arrive déjà à 600 chevaux. Avec quatre cylindres (fig. 6) on a des moteurs de 600 à 1 200 chevaux. Enfin, les ateliers de Cocke-

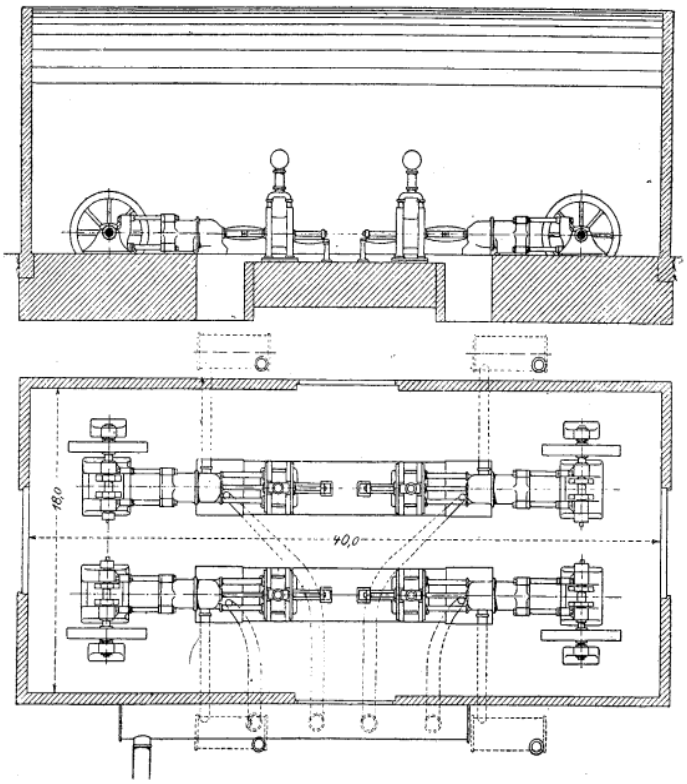


Fig. 7 et 8. — Moteurs à gaz de haut fourneau, installation de *Differdingen*.

rill construisent une machine très intéressante, parce qu'elle montre qu'on peut aller encore plus loin. C'est un moteur à gaz de 500 chevaux à un seul cylindre, à quatre temps, qui a 1 300 millimètres de diamètre et 1 400 de course, et qui marche à 80 ou 90 tours. Les figures 7 et 8 montrent un groupe de quatre de ces moteurs avec machine soufflante tandem, destinés aux hauts fourneaux de Differdingen.

D'ailleurs, contrairement à ce qui se passe pour les petits, les gros moteurs à deux temps sont destinés à jouer un rôle important. La figure 9 représente les premiers moteurs de 600 chevaux exposés et mis en marche. La figure 10 en est le diagramme. Ainsi qu'on peut s'en rendre compte, le cycle est exactement le même

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

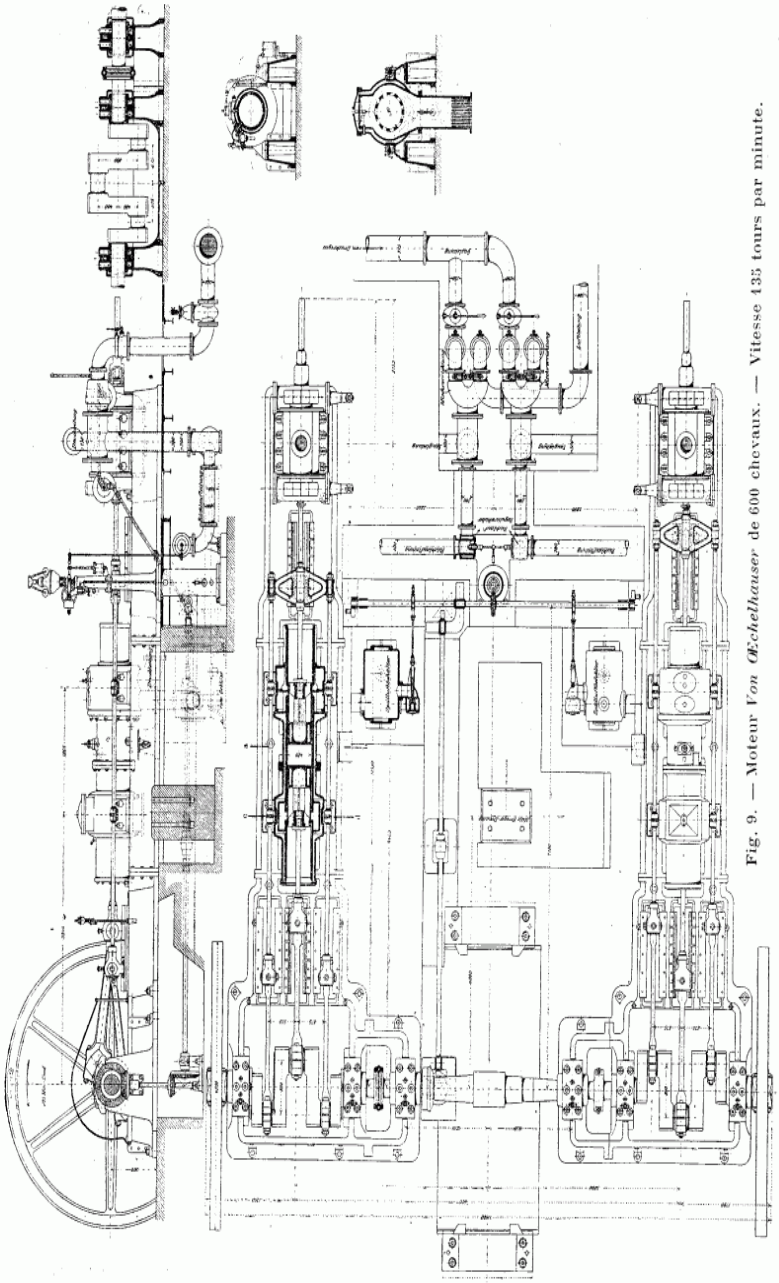


Fig. 9. — Moteur *Von Œchelhauser* de 600 chevaux. — Vitesse 135 tours par minute.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que celui des moteurs à quatre temps. Mais l'échappement se fait pendant le dernier huitième de la course de détente, et l'admission pendant le premier huitième de la course de compression, au lieu de se faire pendant des courses spéciales. Dans les machines Œchelhauser, le cylindre moteur est ouvert aux deux bouts, et deux pistons opposés s'y meuvent en sens inverse. L'arbre est à trois coudes : la manivelle mé-

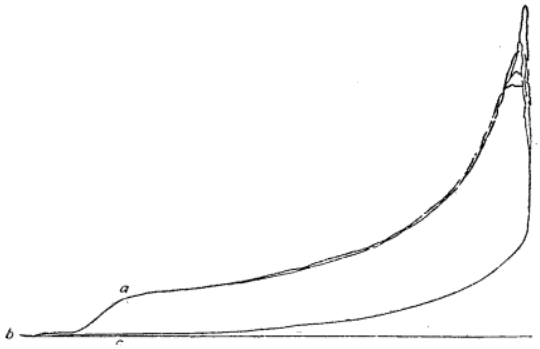


Fig. 10.

diane est reliée au piston antérieur, les deux autres au piston postérieur. La distribution s'effectue sans soupapes de la manière suivante : le piston antérieur démasque (fig. 11) les ouvertures d'échappement, pendant que le piston postérieur démasque

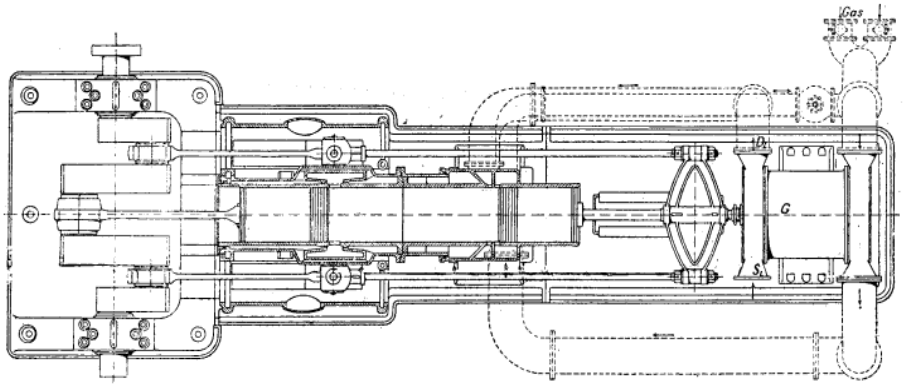


Fig. 11. — Moteur *Von Œchelhauser* (schéma).

d'autres ouvertures, communiquant avec un réservoir d'air comprimé, chargé à chaque course avec le vent des hauts fourneaux à $0^{kg},7$; il se produit ainsi une chasse qui enlève les produits de la combustion. Puis, le piston postérieur démasque d'autres ouvertures pour l'admission de la nouvelle charge, comprimée par une pompe à distribution par robinets et placée dans son prolongement à une pression variable suivant l'ouverture de la soupape de retour, soumise au régulateur, et qui peut atteindre $0^{kg},3$. Comme le montre la coupe *cd*, l'échappement est refroidi par un jet d'eau.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cette machine est installée à Horde; elle y actionne une dynamo à courant triphasé. Le cylindre a 480 millimètres de diamètre, la course de chaque piston est de 800 millimètres, la vitesse, 135 tours. Chaque cylindre développe 300 chevaux. La compression est à $8^{kg},5$; l'explosion développe 25 kilogrammes. Dans un nouveau type, la bielle est articulée directement sur le piston, et la pompe envoie sur une face l'air des chasses et sur l'autre le mélange tonnant.

Les frères Körting construisent, d'autre part, un moteur à deux temps et à double effet de 500 chevaux.

Le volume *total* des cylindres d'un moteur à deux temps est un peu plus grand

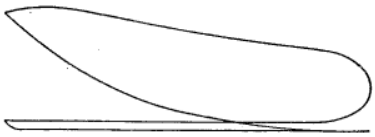


Fig. 12.

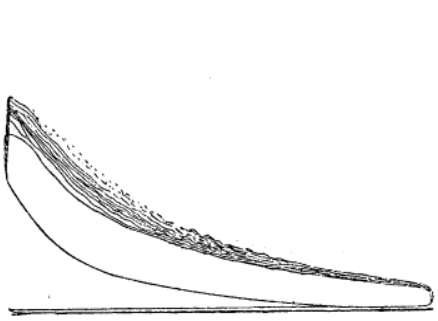


Fig. 13.

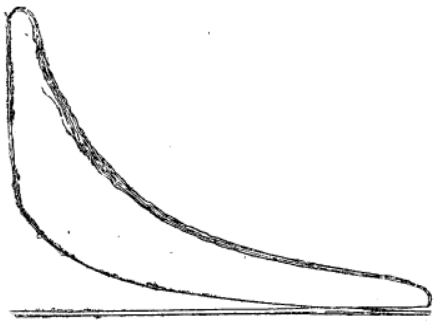


Fig. 14.

Échelle des pressions 2 millimètres par kilogramme par centimètre carré.

que celui d'un moteur à quatre temps équivalent, à cause de la chasse d'air et du huitième de course réservé à l'échappement; le moteur est un peu plus compliqué. Par contre, le volume du cylindre moteur, le seul qui doit être établi pour résister à la pression et à l'échauffement, est moitié moindre; aussi, plus chers pour les petites forces, les moteurs à deux temps sont-ils moins chers pour les grandes. Les consommations de gaz sont, d'ailleurs, comparables dans les deux cas.

Dans les gros moteurs, la question de rendement prend une importance considérable. Ainsi que le montre la thermodynamique, le rendement est d'autant meilleur que la compression est plus forte et le mélange plus pauvre, tant que le fonctionnement reste régulier. Mais, on est limité dans cette voie, toute question de construction mise de côté, d'une part par les allumages prématurés, d'autre part par les combustions incomplètes ou trop lentes. Le premier fait est bien connu des constructeurs; on arrive, en pratique, à une compression de 6 kilogrammes pour le gaz d'éclairage; 11 pour le gaz pauvre et un peu plus pour le gaz de haut fourneau. Le deuxième est

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

moins connu. Il a cependant été vérifié par l'auteur sur le moteur de 8 chevaux du laboratoire technique de Hanovre, avec une compression de 6 kilogrammes; la consommation de gaz par cheval diminue de 10 p. 100 quand on mélange au gaz 8,92 au lieu de 5,93 fois son volume d'air. Mais, très fréquemment, on observe le contraire lorsqu'on diminue trop la teneur en gaz. Ceci tient à ce que, surtout quand le mélange est mal fait, la combustion étant trop lente, le cycle est complètement déformé. C'est ce que montre le tableau I, qui se rapporte à des expériences faites sur un moteur à gaz de Deutz de 50 chevaux, à allumage par incandescence et réglage par variation de la teneur en gaz du mélange tonnant.

Les diagrammes 12, 13 et 14 montrent bien, qu'en pleine charge, la combustion est rapide et qu'à vide elle est très lente.

Ces expériences prouvent que ce système de réglage donne lieu à de fortes dépenses de gaz aux faibles charges, et que, en tout cas, il y a un grand intérêt à réaliser un mélange bien homogène, et qu'en particulier, quand on admet le gaz et l'air par deux soupapes, il faut étudier très soigneusement la forme des cames.

TABLEAU I

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Date.	Numéros d'expérience.	Durée de l'expérience.	Charge au frein.	Nombre de tours par minute.	Travail au frein.	Pression moyenne.	Travail indiqué.	Rendement mécanique.	$Ni - Ne$	Dépense de gaz par cheval-heure effectif à 0° et 760 mm.	Dépense de gaz par cheval-heure indiqué à 0° et 760 mm.	Puissance indiquée.	Dépense de gaz par cheval-heure indiqué à 0° et 760 mm.	Pour 1 litre de gaz l'eau emporte.	Température d'échappement.
				n	Ne	pi	Ni	$\eta = \frac{Ne}{Ni}$		gch	gih	N_i^+	g_{ih}^+	wg	
1898		min	kg		PS	kg/qcm	PS	pCt	PS	ltr	ltr	PS	ltr	W.-E.	C°
														calories	
26/8	IX	30	163,8	198,8	65,1	4,97	3, 75	89	8,4	438	388	78,2	365	1,884	498
25/8	II	60	163,8	197,7	64,7	—	—	—	—	454	—	—	—	2,079	500
25/8	III	30	133,8	204,6	54,6	4,17	63.3	86	8,7	496	428	68,1	398	1,776	455
26/8	VIII	20	103,8	206,3	42,7	3,43	52,6	81	9,9	573	465	57,4	426	1,735	392
25/8	IV	15	103,8	205,3	42,5	—	—	—	—	605	—	—	—	1,842	408
25/8	V	20	73,8	207,9	30,7	2,59	40,1	76	9,4	808	618	45,1	550	1,664	325
25/8	VI	15	43,8	206,0	18,0	1,92	29,4	61	11,4	1 230	752	34,3	645	1,515	224
25/8	VII	15	»	200,6	»	0,84	12,5	»	12,5	11 830	946	17,3	684	—	142

Diamètre du cylindre, 381mm,2; course, 581mm,0; cylindrée, 66lit,30; chambre de compression, 13lit,50; degré de compression. 5,92.

Il est préférable d'avoir un dosage à peu près fixe et de faire varier le volume de la charge introduite. Le procédé le plus simple consiste à fermer la soupape d'admission avant la course; mais il donne tous les inconvénients de la détente prolongée et un allumage peu sûr en marche à vide.

Il faut, en effet, remarquer que, pour les gros moteurs, la précision du réglage a une très grande importance. On arrive à faire de l'éclairage par incandescence sans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

accumulateurs et avec un faible volant, à la condition que la puissance de chaque explosion soit bien régulière, et surtout qu'il n'y ait jamais de ratés.

Dans le moteur Körting de 8 chevaux, analogue à celui qui est représenté dans les figures 1 à 3, et dont la distribution est représentée dans la figure 15, on voit que le mélange d'air et de gaz est obtenu au moyen d'une soupape mélangeuse *a*, qui ouvre au passage de l'air et du gaz des sections convenablement calculées, tandis que la valve *b* étrangle plus ou moins l'admission. Le cycle donne lieu à une perte de travail

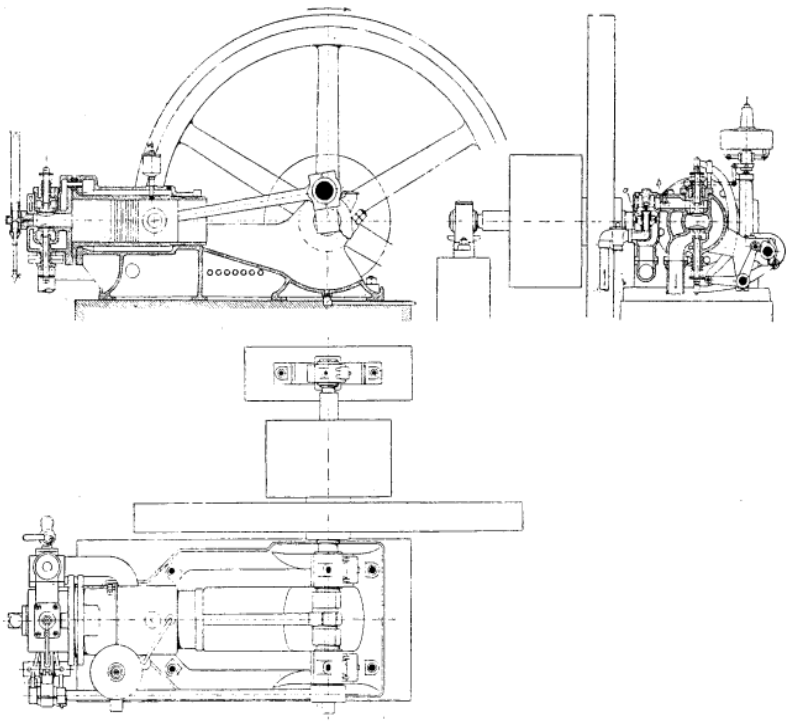


Fig. 15, 16 et 17. — Moteur *Körting* de 8 chevaux.

assez considérable à vide (résistance de la valve). Mais, à cause de la bonne combustion, on a encore une meilleure utilisation de la chaleur, et surtout une marche très régulière.

Les dimensions principales de ce moteur sont les suivantes :

Diamètre du cylindre.	175^{mm},0
Course	340^{mm},0
Cylindrée.	8^{lit},17
Chambre de compression	1^{lit},31
Degré de compression.	6,41

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le tableau II se rapporte à des expériences faites sur ce moteur. Les diagrammes

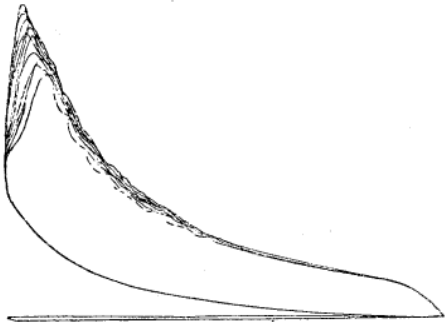


Fig. 18. — Pleine marche. Échelle des pressions 2 millim. par kg.cm².

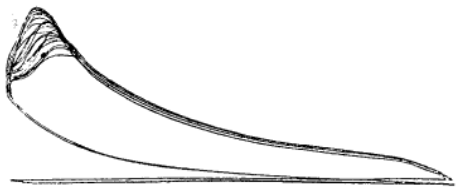


Fig. 19. — Demi-force 2 millim. par kg.cm².

Fig. 20. — Marche à vide 3 millim. par kg.cm².

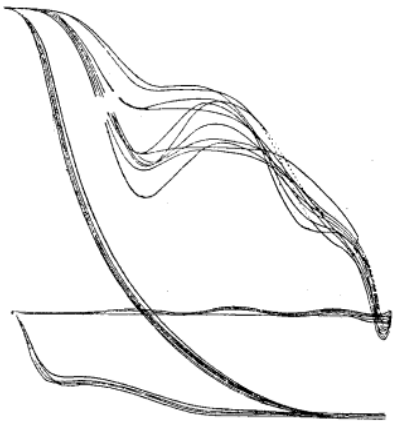


Fig. 21. — Échelle des pressions 30 millim. pour 1 kilog. par centimètre carré.

19, 20, 21 montrent comment se fait le réglage. Le diagramme 22 a été pris avec un ressort moins chargé pour donner plus de détails sur la marche à vide.

TABLEAU II

		PLEINE CHARGE.	DEMI-CHARGE.	MARCHE A VIDE.
Durée de l'expérience	min.	60	30	10
Nombre de tours		224,2	226,2	229,3
Travail au frein		10,40	5,32	0
Gaz par cheval effectif	litres.	509	653	1835
Température de l'eau, entrée	D. C.	17,15	17,49	»
— — sortie	—	49,66	50,26	»
Dépense d'eau par heure	kg.	251,6	177,3	»
L'eau enlève p. 100 de chaleur		34,9	38,6	»
Chaque course aspire gaz	litres.	0,798	0,511	0,266
— — air	—	540	3,57	1,59
Teneur du mélange		6,76	6,99	6,00
Quantité aspirée	—	6,20	4,08	1,86
Température d'échappement	—	448	»	»
Pression absolue à l'aspiration	kg/cm	0,97	0,69	0,44

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'emploi du gaz d'éclairage n'est guère indiqué pour les gros moteurs, sauf dans des cas exceptionnels, tels que pompes d'épuisement ne fonctionnant que de temps en temps.

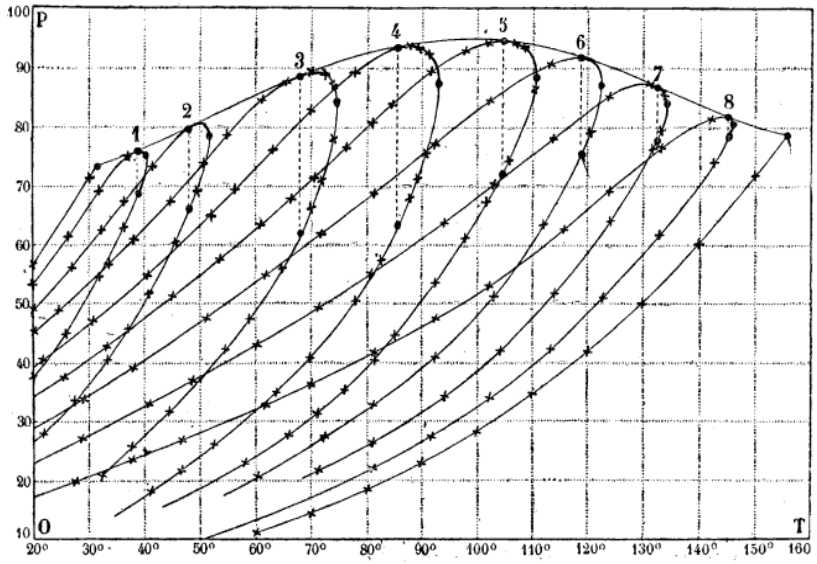
On emploie généralement le gaz pauvre, qui donne le cheval pour une consommation de combustible très faible. Les gazogènes sont moins coûteux que des chaudières et plus faciles à conduire. D'autre part, à la condition d'être surveillés par un bon mécanicien et convenablement entretenus, les moteurs à gaz ne demandent pas plus de réparations et ne s'usent pas plus que des machines à vapeur.

Pour ce qui est du gaz de haut fourneau, on a reconnu qu'il était facile de le purifier suffisamment sans grandes dépenses. Il ne reste qu'à déterminer jusqu'à quel point il convient de le faire, si même il le faut.

C.-L. C.

SUR LA LIQUÉFACTION DES MÉLANGES GAZEUX ANHYDRIDE CARBONIQUE ET ANHYDRIDE SULFUREUX. Note de **M. F. Caubet** (1).

J'ai eu déjà l'honneur de communiquer à l'Académie des Sciences (2) un sommaire des résultats généraux relatifs à la liquéfaction de mélanges d'anhydride carbonique et de chlorure de méthyle : cette note renferme les mêmes données pour des mélanges d'anhydride carbonique et d'anhydride sulfureux.



Les *lignes limites* représentées sur la figure correspondent aux compositions suivantes en volumes (3) :

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 26 mars 1900.
(2) *Comptes rendus*, séance du 22 janvier 1900.
(3) La première de ces courbes à gauche est celle des vapeurs saturées de CO^2 (*Amagat*).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Numéros.	CO^2.	SO^2.
1.	0,9268	0,0732
2.	0,8871	0,1129
3.	0,7458	0,2542
4.	0,6213	0,3787
5.	0,4937	0,5063
6.	0,3745	0,6255
7.	0,2505	0,7495
8.	0,1250	0,8750

L'examen comparatif des deux graphiques montre que les conclusions sont analogues.

La *condensation rétrograde* (1) se produit encore pour une composition quelconque, et la région d'observation la plus favorable occupe la même place dans les deux cas.

Signalons, cependant, quelques différences : l'écart de pression qui se présentait, pour le premier groupe de gaz, entre les *lignes d'ébullition* 6 et 7 ne se reproduit pas pour le second groupe, et les *lignes d'ébullition*, comme les *lignes de rosée*, s'espacent régulièrement.

Dans la région la plus favorable, la condensation rétrograde s'observe entre des limites plus larges de température et de pression : ces limites comprennent 7° et 30^{atm}.

Le rapport du volume maximum du liquide au volume total est aussi plus grand.

Exemple. — Ligne limite : n° 4.

Température critique : 86°.

Condensation rétrograde.	Rapport du volume maximum du liquide au volume total.
88°	0,200
89°,5	0,117
91°	0,075
Point d'abscisse maximum	92°,63

Le groupe CO^2—SO^2 se prête plus aisément à l'étude de la *condensation rétrograde* que le groupe CO^2—CH^3Cl.

Pour le second groupe, comme pour le premier, j'ai construit plus de soixante isothermes incomplètes.

(1) Voir *Duhem*. Traité élémentaire de mécanique chimique. vol. IV. p. 145.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PROCÈS-VERBAUX

Séance du 23 mars 1900.

Présidence de *M. A. Carnot*, président.

Correspondance. — *M. Collignon*, secrétaire, dépouille la correspondance.

M. Mackenstein présente ses *jumelles stéréopanoramiques* (Beaux-Arts).

M. Maes fils, 146, rue du Bois, à Levallois-Perret, envoie différentes propositions qui ne sont pas du ressort de la Société.

M. le général Sebert présente le *Manuel du Répertoire bibliographique des sciences agricoles de M. Vermorel.*

J'ai l'honneur de présenter à la Société d'Encouragement, au nom de M. Vermorel, directeur-fondateur de la Station viticole et de pathologie végétale de Villefranche, un ouvrage intitulé : *Manuel pour l'usage du Répertoire bibliographique des sciences agricoles*, basé sur la classification décimale.

Ce volume est établi sur le type déjà adopté pour le *Manuel* semblable pour l'usage du Répertoire bibliographique des sciences physiques qui a été publié récemment par les soins de l'Institut international de bibliographie, avec le concours du Bureau bibliographique de Paris et de la Société française de physique.

Il renferme, avec les tables de classification développées des sciences agricoles, les tables générales abrégées de l'ensemble de la classification bibliographique décimale et tous les renseignements nécessaires pour en faire l'application et pour faire usage des Répertoires bibliographiques basés sur cette classification.

Après avoir, par la publication de ce volume, mis entre les mains de tous ceux qui s'occupent de sciences agricoles un instrument de travail qui leur sera des plus utiles, M. Vermorel annonce qu'il va immédiatement commencer la publication des Sommaires, classés décimalement, des articles publiés par les principaux périodiques concernant les sciences agricoles.

Il se propose de prendre pour type de cette publication celle des Sommaires imprimés sur recto seulement du *Bulletin* de notre Société, de façon à réserver la possibilité du collage sur fiches.

C'est donc une nouvelle branche du Répertoire bibliographique universel, basé sur la classification décimale à ajouter à celles, déjà nombreuses, dont la publication est commencée et dont la nomenclature est donnée dans l'*Annuaire* récemment paru de l'Institut international de bibliographie.

La Société d'Encouragement, qui a bien voulu accorder son appui à cette œuvre, ne peut que se féliciter des résultats obtenus.

Dans sa préface, M. Vermorel explique en excellents termes les motifs qui l'ont amené à adopter, pour ses travaux bibliographiques, le système de classification décimale imaginé

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

par Melvil Dawey, et je ne puis résister au plaisir de citer ses paroles, qui confirment ce qui vous a été exposé déjà ici par notre collègue, M. Sauvage.

« De toutes les méthodes de classification, dit M. Vermorel, la classification décimale est celle qui présente le plus d'avantages, car elle est seule générale et toujours constante dans son principe. Toutes les autres méthodes sont spécialisées à la bibliothèque pour laquelle elles ont été créées et ne peuvent se prêter qu'à ses propres besoins, de sorte que le mode de classification en usage dans une institution bibliographique ne l'est plus dans une autre, et varie même souvent avec les personnes qui l'emploient : autre bibliothécaire, autre méthode.

« Cette absence complète d'unité de classification rendait difficiles, sinon impossibles, les relations bibliographiques; le système décimal, au contraire, permet des rapports et des échanges faciles entre des bibliographies de sujets et de pays très différents. L'universalité de cette méthode, susceptible de s'adapter à tous les genres de travaux intellectuels, présente de tels avantages que le système décimal, appliqué d'abord aux États-Unis seulement, se propage en Europe avec une grande intensité. »

A cette dernière indication donnée par M. Vermorel, je puis ajouter que le Bureau bibliographique de Paris, d'accord avec l'Institut international de Bruxelles, et avec le concours de collaborateurs de plus en plus nombreux, travaille activement à la préparation de tables développées et de manuels analogues à ceux dont il a été question plus haut, et qui pourront, à bref délai, permettre d'organiser des publications semblables, pour d'autres branches des sciences appliquées à l'industrie.

Correspondance imprimée. — *M. Collignon* présente, avec remerciements aux donateurs, les ouvrages mentionnés à la page 511 du *Bulletin* de mars.

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

MM. J. Boyer, 38 *bis*, rue Fontaine, à Paris, présenté par *M. Pector;*

J. Berliat, directeur de l'École de tissage de Milan, présenté par *M. Richard.*

Conférence. — *M. Lindet* fait une conférence sur l'*Origine des moulins à grains.*

M. le Président, s'associant aux applaudissements de l'auditoire, remercie vivement *M. Lindet* de sa très intéressante communication, qui sera reproduite au *Bulletin.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LIVRES ET OUVRAGES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE

EN AVRIL 1899

Du Ministère de l'Agriculture et du Commerce d'Italie. **Statistica industriale Lombardia.** In-8°, 554 p. Rome, Imprimerie nationale.

De la Smithsonian Institution. **Annual Report.** 1897. *Report of the U. S. National Museum.* In-8°, 102 p. Washington, Government Printing Office.

De **M.** *E. Sauvage.* **L'Échappement et le Tirage dans les locomotives.** Extrait du *Bulletin du Congrès international des chemins de fer.* In-8°, 51 p. Bruxelles. Weissenbruch.

Le Dessin Technique, *Cours professionnel de dessin géométral,* par **MM.** Becourt et L. Pitlet. Paris, Hachette.

Le Commerce rochelais au XIII^e siècle, par M. E. Garnault. 5^e partie, *Marine et Colonies.* In-8°, 456 p. Paris, A. Challamel.

Congrès des constructeurs et négociants de machines agricoles établis en France. tenu à Paris en 1899. Compte rendu. In-8°, 147 p. Paris, 10, rue de Lancry.

Bulletin de l'Association des industries de France contre les accidents du travail. Année 1900. In-8°, 275 p. Paris, 3, rue de Lutèce.

Association alsacienne des propriétaires d'appareils à vapeur. Section française. *Exercice 1899,* in-4°, 70 p. Nancy, imprimerie Berger-Levrault.

Répertoire général du Dictionnaire méthodique de Bibliographie, des industries tinctoriales, par M. J. Garcon. Vol. I. *Introduction.* In-8°, 75 p. Paris, Gauthier-Villars.

Du Ministère du Commerce. **Bases statistiques de l'assurance contre les accidents,** *d'après les résultats de l'assurance obligatoire en Allemagne et en Autriche.* In-8°, 234 p. Imprimerie nationale.

Description des Brevets d'invention. Vol. 93 (1895). *Hydraulique. Matériel de l'économie domestique. Éclairage et chauffage. Instruments de précision. Cuirs et Peaux. Arts industriels. Articles de Paris et petites industries.*

Exposition de 1900. **Comment, d'exposant enthousiaste, on arrive à ne pas exposer,** par M. G. Trouvé. Brochure, in-8°, 48 p. Paris, imprimerie Albouy, 75, avenue d'Italie.

Traité élémentaire d'Électricité, *avec ses principales applications,* par **M.** R. Colson, in-18°, 272 p., 91 fig. Paris, Gauthier-Villars.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

De l'Encyclopédie Léauté. **Recherches des eaux potables et industrielles**, par M. H. Boursault, et **Parfums comestibles**, par M. Jaubert. Paris, Gauthier-Villars.

Traité pratique des ponts métalliques, par M. Pascal. In-8°, 273 p., 15 pl. Paris, Béranger.

La Traction mécanique et les voitures automobiles, par MM. Leroux et Revel. In-8, 400 p. Paris, Baillière et fils.

Les Charbons britanniques et leur épuisement, par M. E. Loré, 2 vol. in-8°, 1230 p. Paris, Béranger.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LITTÉRATURE

DES

PÉRIODIQUES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIÉTÉ

Du 15 Mars au 15 Avril 1900

DÉSIGNATIONS ABRÉGÉES DES PUBLICATIONS CITÉES

Ag. . . . Journal de l'Agriculture.
Ac. . . . Annales de la Construction.
ACP . . . Annales de Chimie et de Physique.
AM. . . . Annales des Mines.
AMa . . . American Machinist.
Ap. . . . Journal d'Agriculture pratique.
APC. . . . Annales des Ponts et Chaussées.
Bam. . . . Bulletin technologique des anciens élèves des écoles des arts et métiers.
BMA . . . Bull. du ministère de l'Agriculture.
CN. . . . Chimical News (London).
Cs. . . . . Journal of the Society of Chemical Industry (London).
CR. . . . Comptes rendus de l'Académie des Sciences.
DoL. . . . Bulletin of the Department of Labor, des États-Unis.
Dp. . . . Dingler's Polytechnisches Journal.
E. . . . . Engineering.
E'. . . . . The Engineer.
Eam. . . . Engineering and Mining Journal.
EE. . . . . Eclairage électrique.
Elé. . . . L'Électricien.
Ef. . . . . Économiste français.
EM. . . . Engineering Magazine.
Es. . . . . Engineers and Shipbuilders in Scotland (Proceedings).
Fi . . . . Journal of the Franklin Institute (Philadelphie).
Gc. . . . Génie civil.
Gm. . . . Revue du Génie militaire.
IC. . . . . Ingénieurs civils de France (Bull.).
Ie. . . . . Industrie électrique.
Im . . . . Industrie minérale de St-Étienne.
IME. . . . Institution of Mechanical Engineers (Proceedings).
IoB. . . . Institution of Brewing (Journal).
La . . . . La Locomotion automobile.
Ln . . . . La Nature.
Ms. . . . . Moniteur scientifique.
MC. . . . Revue générale des matières colorantes.
N. . . . . Nature (anglais).
Pc. . . . . Journal de Pharmacie et de Chimie.
Pm. . . . Portefeuille économ. des machines.
Rcp . . . Revue générale de chimie pure et appliquée.
Rgc. . . . Revue générale des chemins de fer et tramways.
Rgds. . . . Revue générale des sciences.
Ri . . . . Revue industrielle.
RM. . . . Revue de mécanique.
Rmc. . . . Revue maritime et coloniale.
Rs. . . . . Revue scientifique.
Rso . . . Réforme sociale.
RSL. . . . RoyalSocietyLondon(Proceedings).
Rt. . . . . Revue technique.
Ru. . . . . Revue universelle des mines et de la métallurgie.
SA. . . . Society of Arts (Journal of the).
SAF . . . Société des Agriculteurs de France (Bulletin).
ScP. . . . Société chimique de Paris (Bull.).
Sie. . . . . Société internationale des Électriciens (Bulletin).
SiM. . . . Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse.
SiN. . . . Société industrielle du Nord de la France (Bulletin).
SL. . . . . Bull. de statistique et de législation.
SNA. . . . Société nationale d'agriculture de France (Bulletin).
SuE. . . . Stahl und Eisen.
USR. . . . Consular Reports to the United States Government.
VDI. . . . Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure.
ZOI. . . . Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieure und Architekten-Vereins.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

Avoines (Panicule des). *Ag.* 17 *Mars*, 425.
Bétail (Mensuration du). *Ag.* 17 *Mars*, 417.
— Hygiène des animaux dans les prés. *Ap.* 22 *Mars*, 424.
— Rations alimentaires (Grandeau). *Ap.* 15 *Mars*, 387.
— (Assurance mutuelle du). *Ap.* 12 *Avril*, 531.
— Shorthorns en France et en Angleterre. *Ap.* 15-22 *Mars*, 380, 432.
— Moutons dishley mérinos race Charmoise. *Ap.* 12 *Avril*, 543.
— Loi du 21 juillet 1881 sur les maladies contagieuses (Raveton). *SAF. Mars*, 363.
Betteraves (Graines de) (Geschwind). *Rap.* 20 *Mars*, 102; 5 *Avril*, 237.
Blés (Méventes des). (Le Breton). *SAF.* 15 *Mars*, 368. — 13 et la température. *Ap.* 5 *Avril*, 492. — *Cuscute* à grosses graines. *Ag.* 31 *Mars*, 502.
Charrues pour augmenter l'épaisseur de la terre arable (Bajac). *SAF. Avril* 138.
Défoncements. Chantiers de Ringelman. *Ap.* 15 *Mars*, 397.
École de Grignon. *Ap.* 15 *Mars*, 393.
Engrais. Utilisation des déchets d'étables (Birchmore). *Cs.* 28 *Fév.*, 119.
— Phosphates d'Algérie. *Ap.* 29 *Mars* 478.
— Divers. *Cs.* 28 *Fév.*, 159.
— Nitrate perchloraté. *Ap.* 30 *Mars*, 468.
— (Consommation des) et accroissement de la production de 1889 et 1899 (Grandeau). *Ap.* 22 *Mars*, 418.
— Scories, production et consommation. (Grandeau). *Ap.* 5 *Avril*, 490
Ensilage d'herbes. *Ap.* 29 *Mars*, 458.
Forêts. Exploitation des dessous de bois et épuisement des terres plantées en pins maritimes. *Ap.* 29 *Mars*, 454.
— Arboriculture forestière en Bosnie et en Herzégovine. *Ag.* 31 *Mars*, 497; 7 *Avril*, 534.
Irrigations dans l'Allier (Mimorin). *SAF. Avril* 108.
Indigo (Culture de l') (Raswon). *SA.* 6 *Avril*, 413; *Dp.* 31 *Mars*, 200.
Maïs. Influence des sels ammoniacaux et des nitrates sur son développement. *Ap.* 15 *Mars*, 382.
Nitragine. Nature et fonctions (Dawson). *Rsh.* 3 *Mars*, 63.
Bergerie modèle dans le Luxembourg. *Ag.* 24 *Mars*, 459.
Sanves. Destruction des. Expériences nouvelles. (Grandeau). *Ap.* 12 *Avril*, 525.
Plantations fruitières sur routes. *Ag.* 24 *Mars*, 46.
Pommes de terre. Culture industrielle (Levallois). *IAF.* 15 *Mars*, *Avril*, 369, 430.
— Expériences de Capelle. *Ag.* 7 *Avril*. 549.
Semences. Résistance à la chaleur et destruction des insectes (Schribaux). *Ap.* 22 *Mars*, 420.
Superficie des exploitations agricoles à différentes époques. Statistique (Levasseur). *INA. Fév.*, 139.
Transformation de la matière organique pendant la germination (André). *CR.* 12 *Mars*, 728.
Truffe (La). *Ap.* 12 *Avril*, 539.
Sous-soleuses et fouilleuses (Ringelmann). *Ap.* 5 *Avril*, 499.
Vignes. Préservation contre les gelées. *Ag.* 7 *Avril*, 542.

CHEMINS DE FER

Chemins de fer anglais et américains, *E'* 23 *Mars*, 298, 321.
— Côte d'Ivoire. Lever rapide. *Gm. Mars*, 177.
— Transsibérien. *USR. Mars*, 271.
— du Caire au Cap. *EM. Avril*, 1.
— économiques en France. *E'.* 6 *Avril*, 345.
— souterrain de New-Nork. *Ri.* 31 *Mars*, 127.
— *électriques*. Locomotives nouvelles. *VDI.* 20 *Mars*, 376.
— — Métropolitain de Berlin. *Ele'.* 7 *Avril*. 358
— — Monorail Langen. *E.* 30 *Mars*, 412, 6 *Avril*, 438.
— — de la Jungfrau. *EM. Avril*, 33.
Locomotives express du Great Northern. *E'.* 16 *Mars*, 286.
— à marchandises pour le Port Talbot and Barry Ry. *E.* 13 *Avril*, 479.
— Réchauffeur d'alimentation Deems. *RM. Mars*. 347.
— Sablière Sherburne. *RM. Mars*, 347.
— Tiroir équilibré Mac Donald. *RM. Mars*, 347.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TRANSPORTS DIVERS

Automobiles. Wagons (Poids des). *E.* 16 *Mars*. 355. — Concours des fiacres de l'Automobile-Club (Forestier). *Dc.* 24-31 *Mars*, 321, 341; 7 *Avril*, 360.
— Changement de vitesse Mercié. *La.* 22 *Mars*, 184.
— Direction. *Ri.* 17, 24, 31 *Mars*, 101, 118, 123. — Essieux, Roues, Châssis. Caisse. *Ri.* 7 *Avril*, 138.
— Avant-train moteur Mac Mullin. *La.* 22 *Mars*, 183.
— Transmission Millot. *Pm. Mars*, 42.
— *à pétrole* Daimler. *La.* 15 *Mars*, 161.
— — Divers. *Dp.* 17 *Mars*, 166.
— — de Dion. *La.* 29 *Mars*, 200.
— — Winton. *La.* 5 *Avril*, 209.
— *électrique* Trolet Gérin. *EE.* 7 *Avril*, 27.
— — Divers. *Dp.* 7 *Avril*, 221.
Locomotive routière. Gascogne. *RM. Mars*, 351.
Tramways électriques en France au 1er janvier 1900. Statistique. *Ie.* 25 *Mars*. 113.
— Commande des roues Bliss. *EE.* 7 *Avril*. 18.
— Trolet Gérin. *EE.* 7 *Avril*, 27.
— Frein électro-pneumatique Hélios. *Ri.* 24 *Mars*, 113.
Vélocipèdes. Pédales. *VDI.* 17 *Mars*, 335.
— Roue libre Eagle. *E.* 6 *Avril*, 437.
— Vélo sans manivelles. *Rt.* 10 *Mars*, 105.
— Fabrication des pneumatiques. *Rt.* 25 *Mars*, 133. *Ln.* 24 *Mars*, 7 *Avril*, 261, 300.

CHIMIE ET PHYSIQUE

Acétone (Essai de l') (Conroy). *Cs.* 31 *Mars*, 206.
Acétylène. Gazogènes Kremer. *Ru. Fév.*, 187.
— — Aubry. *E'.* 16 *Mars*, 291. Hansa. *Dp.*
— — 31 *Mars.*, 206.
— Divers *Cs.* 28 *Fév.*, 137; *Rcp.* 20 *Mars*, 205.
Acides. *Fluorhydrique* et fluor. Action sur le verre (Moissan). *ACP. Avril*, 516.
— — Composition en volume. *Id.*, 571.
— *sulfurique* sélénifère. *Pc.* 15 *Mars*, 261.
Air liquide (L') (Maxim). *E'.* 23 *Mars*, 313.
Alcool. Emploi pour l'éclairage (Arachequesne). *IAF. Fév.*, 146.
— Lampe Denayrouse. *INA. Fév.*, 171.
Amidon. Saccharification (Pottevin). *Cs.* 28 *Fév.*, 162.
Aséniures et antimoniures alcalins. Préparation (Libeau). *ScP.* 5 *Avril*, 240.
Baryum. Peroxyde hydraté (Fourcrand). *CR.* 19-26 *Mars*, 778, 834.
Blanchiment des fibres végétales (Tassel). *MC.* 1er *Avril*, 120.
Brasserie. Divers. *Cs.* 28 *Fév.*, 161; 31 *Mars*, 260.
Carbure de calcium. Fabrication en gros ou petits morceaux (Carlson). *Cs.* 28 *Fév.*, 133.
— Fabrication (Hanckrop). *CN.* 12 *Avril*, 173.
Carbures polyméthyléniques des pétroles russes (Corvisy). *Rep.* 5 *Avril*, 250.
Caoutchouc (Nature du). Weber. *Cs.* 31 *Mars*, 215.
Céramique. Utilisation des couvertes sans plomb et à plomb (Rix). *Cs.* 28 *Fév.*, 126.
— Divers. *Cs.* 28 *Fév.*, 146.
Chaleur spécifique des métaux et poids atomiques (Telden). *CN.* 23 *Mars*, 133.
Chaux et ciments. Réception du Portland. Cahier des charges russe (*le Ciment*). *Mars*, 40.
— Divers. *Cs.* 31 *Mars*, 247.
— *Chlorure de calcium*. Action sur les silicates (Tixier) *Ms. Avril*, 248.
Cobalt. Poids atomique (Richards et Baxter). *CN.* 16-23 *Mars*, 125, 139.
Cocaïne (Essai de la) (Schaeffer). *CN.* 23 *Mars*, 134.
Colloïdes. Mécanisme de la gélation dans les systèmes colloïdaux réversibles (Hardy). *RsL.* 22 *Mars*, 93.
Cœsium (Densité du) (Menke). *CN.* 16 *Mars*, 125.
Cuivre. Précipitation par le zinc. *CN.* 23 *Mars*, 135.
Cuirs pour reliures (Cokerell). *SA.* 30 *Mars* 401; 13 *Avril*, 458.
Eau oxygénée. Action sur la baryte (de Forcrand). *CR.* 12 *Mars*, 716.
Égouts de Paris. Utilisation des eaux (Badois). *SAF. Avril*, 120.
Émétiques (Les) (Baudran). *ACP. Avril*, 536.
Essences et parfums. Divers. *Cs.* 28 *Fév.*, 167; 31 *Mars*, 267.
— — Essence de santal (Guerbet). *ScP.* 20 *Mars*, 217.
— — de chrysanthème (Perrier). *Id.* 216.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Essences et parfums de citron (Mitchell). *Cs.* 28 *Fév.*, 179.
— Huile de safran (Le Sueur). *Cs.* 28 *Fév.*, 104.
— Musc aldéhyde. *Cs.* 28 *Fév.*, 167.
— Les parfums Erdmann. *Cs.* 31 *Mars*, 269.
— Strychnine. Précipitation de l'arséniate. *Cs.* 31 *Mars*, 268.
Explosifs. Dynamite et dynamite-gomme. Analyse. *CN.* 16 *Fév.*, 123.
— modernes (Brame). *N.* 5 *Avril.*, 548.
— de sûreté (Gutman). *Cs.* 28 *Fév.*, 106.
— Étude photographique des explosions à l'air libre. *Gm. Mars*, 213.
Fermentation secondaire (Température de la) (Delbruck et Neumann). *Cs.* 31 *mars*, 202.
— Influence de l'oxygène (Korff). *Cs.* 31 *Mars*, 262.
Gadolinite. Séparation et préparation de l'ytrium pur (Muthman et Bohn). *CN.* 12 *Avril*, 169.
Gaz d'éclairage. Dosage de la naphtaline (Colman et Smith). *CN.* 28 *Fév.*, 128.
— Divers. *Cs.* 31 *Mars*, 232.
— (Cyanogène retiré du) (Scharrer). *Cs.* 28 *Fév.*, 132.
— Divers. *Cs.* 28 *Fév.*, 134.
— Manchons incandescents. *Cs.* 28 *Fév.*, 135.
— Naphtaline (vapeur de) dans le gaz (Allen). *Cs.* 31 *Mars*, 209.
Graphite. Formation et fabrication (Acheson). *Ms. Avril*, 253.
Glycérine. Récupération des savonneries (Davis). *Cs.* 38 *Fév.*, 112.
Huiles. Détermination de l'indice de brome (Parker et Mac Ithiney). *Ms. Avril*, 244. d'iode (Marschall). *Cs.* 31 *Mars*, 230.
— de coton (l') (van Kettel). *CN.* 6 *Avril*, 163. Identification par les procédés, Beccki et Halphen. *Ms. Avril*, 240.
— Recherches de l'huile de maïs. *Id.*, 261.
— Présence de composés organiques. *Id.*, 247.
Hydrogène liquide (Dewar). *CN.* 23-30 *Mars*, 137, 148.
— Action sur le sulfure d'antimoine (Pelabon). *CR.* 2 *Avril*, 911.
Hydrosels irréversibles. Conditions de stabilité (Hardy). *RIL.* 22 *Mars*, 110.
Hygromètre. Balance Dorian pour cuves de vaporisage. *ScM. Fév.*, 84.
Industries chimiques. Progrès dans le nord et le nord-ouest de la France (Guillet). *CR.* 17, 24, 31 *Mars*, 310, 332, 349; 7 *Avril*, 370.
Laboratoires. Gazomètre à pressions réglables (Riban). *ScP.* 20 *Mars*, 223.
— Divers. *Cs.* 28 *Fév.*, 170; 31 *Mars*, 275.
— Procédé Kedjahl. Emploi du sulfate de cuivre (Procter et Turnbull). *Cs.* 28 *Fév.*, 130.
— Acide acétique, dosage et séparation dans les acétates du commerce. *Cs.* 28 *Fév.*, 175.
— Analyse des charbons. Cs. 28 *Fév.*, 174.
— — des silicates (Granger). *Rep.*, 202.
— Brome. Absorption des huiles (Mac Iliney). *Cs.* 28 *Fév.*, 176.
— Caoutchouc (Analyse des) (Henriques). *Cs.* 18 *Fév.*, 177.
— Dosage rapide de l'argile dans les terres. *Ms. Avril.*, 221.
— — de l'ammoniaque et de l'azote (Villiers et Dumesnil). *ScP.* 5 *Avril.* 253.
— — du manganèse dans l'acier (Jervis). *CN.* 12 *Avril*, 174.
— — des acides propioniques et butyriques dans l'acide acétique (Muspratt). *Cs.* 31 *Mars*, 204.
— — des sulfites et thiosulfites en présence les uns des autres (Lunge et Segaler). *Cs.* 31 *Mars*, 221.
— — direct de l'alumine en présence du fer, du manganèse et du calcium (Hess et Campbell). *CN.* 16 *Avril*, 158.
Linoléum (Essai du). (Burchartz). *Cs.* 31 *Mars*, 255.
Liquéfaction des acides carbonique et sulfureux (Caubet). *CR.* 26 *Mars*, 828.
Lithium métallique. Préparation (Kahlenberg.) *CN.* 30 *mars*, 146.
Optique. Photomètre Lummer et Brodhun. *Ri.* 17 *Mars*, 108.
— Propagation de la lumière dans des milieux au repos et en mouvement (Sagnac). *Rgds.* 15 *Mars*, 243.
— Points de repère dans les spectres (Hamy). *CR.* 12 *Mars*, 700.
— Séries dans les spectres Partridge. *Fi. Mars*, 193.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Optique. Objectifs doubles achromatiques pour télescopes Harkness (*American journal of Science*), 287.

Poids atomiques. Premier rapport du Comité. *CN*. 31 *Mars*, 146; 6 *Avril*, 160.

— Détermination par l'égouttement (Rosset). *ScP*. 5 *Avril*, 245.

— du fer (Richards et Baxter). *CN*. 12 *Avril*, 174.

Papiers. Divers. *Cs*. 28 *Fév*., 269; 31 *Mars*, 267.

Parianite (La). Peckman. *Fi. Mars*, 161.

Pétrole. Divers. *Cs*. 28 *Fév*., 138.

— du Texas (Richardson). *Cs*. 28 *Fév*., 121.

— d'Olinda (Californie). *Id*., 123.

— Kérosène du Mégalong Valley. *CR*. 26 *Mars*, 853.

Photographie en couleurs. Selle. *Cs*, 28 *Fév*., 169.

Résines et vernis. Propriétés des résines au point de vue de l'analyse des savons et corps gras (Smetham et Robertson). *Cs*. 28 *Fév*., 101.

— Divers. *Cs*. 28 *Fév*., 157.

Racémisme (Le) (Bradbury). *Fi. Avril*, 299.

Radium. Déviation du rayonnement dans un champ électro-magnétique (Becquerel). *CR*. 26 *Mars*, 809.

Saponification (Théorie de la (Lewkowitch). *Cs*. 31 *Mars*, 254.

Séléniure de mercure. Action de l'hydrogène (Pélaron). *ScP*. 20 *Mars*, 211.

Superoxydes (Les) (Tanatar). *ScP*. 5 *Avril*. 273.

Superfluorure de soufre (Moissan et Lebeau). *Cr*. 2 *Avril*, 865.

Soie artificielle (La). Cask. *Rc*. 17 *Mars*, 109; *Pc*. 1er *Avril*, 341; (Hassack). *Ms. Avril*, 258.

Sucreries. Divers. *Cs*. 28 *Fév*., 160; 31 *Mars*, 258.

— Fabrication en Égypte. *E*. 13 *Avril*, 373.

— Volumes des dissolutions sucrées avant et après fermentations (Stern). *Cs*. 28 *Fév*., 127.

Tannerie. Divers. *Cs*. 28 *Fév*., 157; 3 *Mai*, 256.

— (Purification des eaux de). *Cs*. 31 *Mars*, 265.

— Cuirs pour reliures. *SA*. 30 *Mars*, 401; 13 *Avril*, 458.

— Tannage minéral (Mignon et Meunier). *Ms. Avril*, 535.

Tannerie. Fabrication du cuir (Bruel). *Id*., 233.

— Tannage électrique. *Cs*. 21 *Mars*, 256.

— Absorption des sels de chrome par les peaux (Procter et Griffith). *Cs*. 31 *Mars*, 223, 227.

Teinturerie. Divers. *Cs*. 28 *Fév*., 139, 145; 31 *Mars*, 234, 249. *MC*. 1er *Avril*, 128, 131, 138.

— Impressions au bronze. *Cs*. 31 *Mars*, 243.

— Huiles non tachantes pour métiers. *Cs*. 28 *Fév*., 143.

— Théories de la teinture (expériences sur les) (Sisley). *MC*. 1er *Avril*, 113.

— Mercerisage. *Cs*. 28 *Fév*., 142.

— Mordançage de la laine au chrome (Thomas). *Rcp*. 5 *Avril*, 245. (Lowenthal). *Id*., 241.

— Combinaison des matières colorantes basiques et acides (Segewetz). *CR*. 26 *Mars*, 842.

— L'indigo (Rawson). *SA*. 6 *Avril*, 413.

Terres rares (Séparation des) (Chavastelon). *CR*. 19 *Mars*, 781.

Thermométrie. Désignation des hautes températures par les couleurs (Howe). *Ru. Fév*., 200.

— Thermomètres de quartz pour hautes températures (Dufour). *CR*. 19 *Mars*, 775. A mercure absolu (Sworn). *RSL*. 3 *Mars*, 86. A mercure en acier (Steinle). *E*. 30 *Mars*, 415.

Tungstène (Biphosphure de) (Defacqx). *CR*. 2 *Avril*, 915.

Vaporisage. Eau absorbée par les fibres textiles dans une atmosphère de vapeur saturée à 100° (Schuner). *SiM. Fév*., 89.

Velveil remplaçant le caoutchouc (Reed). *Ms. Avril*, 256.

Verre. Divers. *Cs*. 28 *Fév*., 146.

— Grands vases en verre Sievert. *E*. 16 *Mars*, 359.

COMMERCE ET ÉCONOMIE POLITIQUE

Allemagne (Marché des capitaux en). *Ef*. 7 *Avril*, 441.

Ardoisières d'Angers. Conditions du travail (Bangas). *Rso*. 16 *Mars*, 475.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Asie (Rénovation de l'). *Ef.* 7 *Avril*, 450.
Café (Question du). *Ef.* 24 *Mars*, 374.
Crise de l'État moderne. *Ef.* 24 *Mars*, 369.
Enseignement secondaire et les intérêts sociaux. *Rso*, 16 *Mars*, 439.
Guinée Française. *Ef.* 17 *Mars*, 337.
Jeux et jouets (Industrie des). *Ef.* 7 *Avril*, 447.
Limitation par l'État de la journée de travail des adultes. *Ef.* 31 *Mars*, 411.
Minotiers (Grands et petits) en Allemagne. *Ef.* 24 *Mars*, 377.
Patrons et ouvriers au XVIIIe siècle. *Rso.* 1er *Avril*, 524.
Pensions ouvrières et pouvoirs publics. *Ef.* 24 *Mars*, 371.
Petite industrie. Métiers et applications, loi coopérative de 1897 en Allemagne (Brants). *Rso.* 15 *Mars*, 42.
Revenu des terres (Variation du) (La Bive). *Ef.* 31 *Mars*, 414.
Syndicats et comptoirs de vente. *Ef.* 17 *Mars*, 342.
— Un syndicat de faubourg sous l'ancien régime (Guibert). *Rso.* 1er *Avril*, 515.
Travail à la main et à la machine. *E.* 23-30 *Mars*, 373, 427.
Villages communistes de l'Australie méridionale (Vigoureux). *Musée social*. *Mars*.

CONSTRUCTIONS ET TRAVAUX PUBLICS

Agglomérés silico-calcaires. Fabrication par un procédé de durcissement rapide (Richou). *Gc.* 24 *Mars*, 329.
Ciment armé. *E'*. 30 *Mars*, 322.
Exposition de 1900. Palais des machines et de la Chimie. *E.* 16 *Mars*, 344.
Ponts de Hopetown (Orange). *E.* 23 *Mars*, 363.
— de Colenso (Destruction du). *E'*. 3 *Mars*, 330.
— à arc sur le Rhin, *E.* 16 *Mars*, 348, 408.
— système Vierendeel. *Rt.* 10 *Mars*, 97.
— à bascule Scherzer. *Rt.* 10 *Mars*, 110.
— Transbordeur de Rouen. *Ac. Mars*, 34.
— Divers. *E.* 23 *Mars*, 377.
— Destruction d'un pont par l'électricité. *Rt.* 25 *Mars*, 125.
Prison de Fresnes. *Gc.* 17 *Mars*, 305.
Théâtre-Français. Incendie. *Gc.* 17 *Mars*, 316.
Tunnels de la ligne d'Alacherr à Fiune. *Ac. Mars*, 38.
Verre armé. *Rt.* 10 *Mars*, 109.

ÉLECTRICITÉ

Accumulateurs Mechalowski à sesquioxyde de nickel. *EE.* 17 *Mars*, 415.
— Batteries-tampons (Déterminations des) (Kohn). *EE.* 17 *Mars*, 415.
Appareillage (Vedovelli). *Sie. Fév.*, 107.
Conductibilité du nickel électrolytique (Flecming). *RSL.* 3 *Mars*, 50.
Coupe-circuits commutateur pour 220 volts (Zetter). *EE.* 17 *Mars*, 439.
Courants alternatifs (Forme des). *Ie.* 10 *Avril*, 133.
Dynamos. Divers (Guilbert). *EE.* 24 *Mars*, 446; 2-7 *Avril*, 196, 214.
— Convertisseurs de phases (Queck). *EE.* 31 *Mars*, 494.
— Alternateurs couplés en parallèle aux bornes d'un réseaux à potentiel constant (Chevrier). *EE.* 17 *Mars*, 401.
— — Compound de la General Electric Co. *EE.* 31 *Mars*, 493.
— Moteurs polyphasés (Calcul des) (Giles). *EE.* 24 *Mars*. 441.
Éclairage. *Lampes à arc* à bas voltage (Bochet). *Sie. Fév.*, 100.
— — de différents types (Girault). *Ie.* 25 *Mars*, 109; 10 *Avril*, 137.
— *Incandescence* (Les lampes à) (Wilcox). *Fi. Avril*, 282.
— Lampe Nerst. *Élé.* 24 *Mars*, 183.
— Éclairage des trains et tramways Vicarino. *EE.* 7 *Avril*, 18.
Électro-chimie. Divers. *Cs.* 28 *Fév.*, 155; 31 *Mars*, 233, et électro-métallurgie en 1899 (Kerschau). *Ms. Avril*, 209.
— Électrolyse du chlorure de potassium (Brochet). *ScP.* 20 *Mars*, 196.
— Ozoniseur Dan Martini. *EE.* 17 *Mars*, 425.
— Anodes en charbon Roberts. *EE.* 17 *Mars*, 426.
— Électrolyseurs Solvay, Chalandre Colas et Girard, Holland et Laurie, Michel Wilhelm et Richard, Storner. *EE.* 17 *Mars*, 426, 429.
— Préparation électrolytique du chrome (Moeller et Street). *EE.* 17 *Mars*, 430.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Électro-chimie. Préparation de l'oxyde de chrome. *Id.*, 432.
— — des matières colorantes. *EE.* 24 *Mars*, 468, 471.
— Électro-déposition de l'or et de l'argent des solutions cyanurées étendues. *EE.* 17 *Mars*, 432.
— Fabrication électrolytique des tubes de cuivre Cowper-Cowles. *EE.* 17 *Mars*, 432.
— — des tubes en cuivre par un procédé électrolytique centrifuge. *Ie.* 10 *Avril*, 135.
— Four électrique de la Réduction Cº. *EE.* 24 *Mars*, 459.
— Alliages de fer (Électro-déposition des) (Toepfer). *Cs.* 28 *Fév.*, 156.
— Électrosidérurgie (Beloc). *EE.* 24 *Mars*, 465.
Fers à souder. Divers. *EE.* 24 *Mars*, 456.
Interrupteurs Levy, Luhne, Wehnelt. *EE.* 29.
Mesures. Amortissement des aiguilles de galvanomètre (Salomon). *EE.* 24 *Mars*, 480.
— Caisse portative pour mesures Chauvin et Arnoux. *Annales télégraphiques. Novembre*, 481.
— Application du radio-micromètre à la mesure des ondes courtes (Pierce). *American Journal of Science. Avril*, 252.
Pile au sulfate de cuivre Jeanty. *Elé.* 31 *Mars*, 193.
Résonateurs de Hertz. Étude expérimentale (Swyngedauwn). *CR.* 12 *Mars*, 708.
Stations centrales. Trieste. *EE.* 31 *Mars*, 490.
— Statistique des Dawson. *E.* 6 *Avril*, 435.
Télégraphie sans fils. Garini. *Elé.* 17 *Mars*, 162. Nouveaux radio-conducteurs (Tissot). *CR.* 2 *Avril*, 902. Cohéreurs (Lamothe). *EE.* 31 *Mars*, 481.
— L'Actinium (Debierne). *CR.* 2 *Avril*, 906.
— Auto-décohération du charbon (Tommasina). *CR.* 2 *Avril*, 904.
— Poste de Wimereux. *EE.* 31 *Mars*, 507,
— *multiplex*. Relais télémicrophonique Mercadier. *CR.* 19 *Mars*, 770.
— Polak et Virag. *Elé.* 24 *Mars*, 185.
Téléphonie. Tableaux Ducousso. *Elé.* 24 *Mars*, 177.
— Distributeur automatique de communications. *Elé.* 7 *Avril*, 217.
Thermo-électricité. Influence des déformations sur les propriétés thermo-électriques des métaux (Mac Lean). *RSL.* 4 *Avril*, 165.

HYDRAULIQUE

Distribution d'eau de Vienne. *Gc.* 31 *Mars*, 348.
Filtre mécanique Kroéhnke. *Ri.* 24 *Mars*, 115.
Puits (Théorie des) (Brouhon). *Ru. Fév.*, 109.
Roue Davidson. *RM. Mars*, 352.
Turbines du Niagara. *VDI.* 17 *Mars*, 346.
— de la station électrique de Kalamazzo Valley. *Gc.* 24 *Mars*, 330

MARINE, NAVIGATION

Accidents aux anciens navires. *E'.* 16 *Mars*, 270.
— aux arbres d'hélices. *E'.* 13 *Avril*, 383.
— Hélice réversible Meisner. *Dp.* 17 *Mars*, 179.
Canaux : ascenseur pneumatique Dutton. *Fi. Avril*, 241.
Cinématique navale (La) (Vidal). *Rmc. Fév.*, 225.
— Navires modernes Wortley. *E.* 13 *Avril*, 477.
— Grands Cargo (Biles). *E'.* 13 *Avril*, 376.
Machines marines du cuirassé *Denver*. *E.* 23 *Mars* 396.
— des navires de guerre anglais. *E'.* 30 *Mars*, 329.
— de l'*Ivernia*. *E.* 6 *Avril*, 351.
— de la corvette *Général Braquenado*. *E'.* 13 *Avril*, 380.
— (Équilibrage des) (Mac Farlanane Gray). *E.* 13 *Avril*, 472, 487.
Marines de guerre. France. *Ri.* 31 *Mars*, 130.
— Russie. *Rmc. Fév.*, 379.
— Allemagne. *Rmc. Fév.*, 335.
— Américaine. *Rmc. Fév.*, 342, 357, 362, 365.
— Angleterre. *Rmc. Fév.*, 365.
— (Morison). *E.* 6, 13 *Avril*, 458, 496.
— Italie. *Rmc. Fév.*, 372.
— Japon. *Rmc. Fév.*, 380. (Fitzgerald), *E.* 6 *Avril*, 461.
— Torpilleurs (Contructions des). *Rmc. Fév.*, 322, 361.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Marines de guerre. Blindages (Les). *E.* 6, 13 *Avril*, 435, 483. Aux États-Unis. *E'.* 16 *Mars*, 269.
— Tourelles à deux étages. *E.* 13 *Avril*, 384.
Paquebots Deutschland. *E.* 23 *Mars*, 382.
— *Kaiserin A. Victoria* pour fleuves. *VDI.* 24 *Mars*, 265.
— *Oceanic. Rmc. Fév.*, 327.
Roulis (Le). Étude expérimentale (Russo). *E'.* 6, 13 *Avril*, 342, 493.
Russie (Voies navigables de) (Moberly). *E.* 16 *Mars*, 341.

MÉCANIQUE GÉNÉRALE

Air comprimé. Compresseurs Sergeant. *RM. Mars*, 369. Rix. *Id.*, 371.
— Moteur du New-York Central. *Id.* 371.
Changement de vitesse Newman. *RM. Mars*, 373.
— Mac Lellan. *Id.*, 373.
Chaudières (Inspection obligatoire des). *E.* 30 *Mars*, 421.
— Installation à l'Exposition de 1900. *Gc.* 7 *Avril*, 357.
— Association alsacienne des propriétaires d'appareils à vapeur. Exercice 1899. *SiM. Fév.*, 55.
— à tubes d'eau marines. (Corrosion des). *E'.* 16 *Mars*, 283. Babcox-Wilcox. Essais. *Rmc. Fév.*, 360. Thornycroft. *RM. Mars*, 338. Moberg, Babcox-Wilcox, French. *Id.*, 339.
— Autoclave Oker. *E.* 10 *Mars*, 363.
— Alimentateur Parsons. *RM. Mars*, 346.
— Chaleurs perdues (Utilisation des). *E'.* 23 *Mars*, 312.
— Foyers Jones. *E.* 16 *Mars*, 350.
— — Creveceur. *Ri.* 17 *Mars*, 101.
— — Rumpf. Meldrum, Enyon. *RM. Mars*, 311.
— — au pétrole Vetillard et Scharding. *RM. Mars*, 343.
— Grille, Mac Clave. *RM. Mars*, 344.
— Niveaux d'eau. *E'.* 23 *Mars*, 309.
— — Clarke. *RM. Mars*, 345.
— Purgeur Whittaker. *RM. Mars*, 345.
— Robinet jauge de précision Hafner. *SiM. Fév.*, 75.
— Réchauffeur d'alimentation Lamphear. *RM. Mars*, 345. Morrison, Mosker. *Id.*, 346.
Chaudières. Tirage forcé pour chaudières marines (Mac Ferlane). *EM. Avril*, 73.
Froid. Machine frigorifique Hutt et Brewer. *RM. Mars*, 377.
— Détendeur Supes et Dortch. *RM. Mars*, 377.
Graisseurs pour cylindres Broussel. *Bam. Mars*, 252.
— Kelsey. *RM. Mars*, 375.
— Lunken. *Id.*, 376.
— Friedman. *E.* 30 *Mars*, 427.
— Wetmore pour poulie. *RM. Mars*, 376.
Levage. Grue de fonderie électrique de 50 tonnes. *VDI.* 31 *Mars*, 414.
— — grues hydrauliques pour minerais. *E'.* 30 *Mars*, 331.
— — électriques Appleby. *E'.* 6 *Avril*, 349.
— Crochet à air comprimé Ally. *E'.* 30 *Mars*, 415.
— Ascenseur Doolittle. *RM. Mars*, 329.
— Élévateur Mayan. *RM. Mars*, 354.
— Treuil Temperlay. *RM. Mars*, 355.
Machines-outils. Commande par l'électricité, *E'.* 23 *Mars*, 304.
— américaines. *E'.* 30 *Mars*, 325.
— Ateliers. Fabriques d'armes à Springfield. *AMa.* 2, 29 *Mars*, 265, 287.
— Avanceurs Richardson. *RM. Mars*, 356.
— Cisaille Lamberton. *RM. Mars*, 358.
— Courbeuse Lefèvre. *RM. Mars*, 359.
— Étau-limeur Putnam. *RM. Mars*, 356.
— Fabrication des corps creux Erhardt. *Ri.* 31 *Mars*, 128.
— Marteaux pneumatiques Longworth. *RM. Mars*, 321.
— Machines à air comprimé. *E.* 30 *Mars*, 403, 425.
— Meules pour cardes. *Ri.* 17 *Mars*, 104.
— Raboteuse hydraulique de Dubuque. *AMa.* 15 *Mars*, 256.
— Perçages multiples. *AMa.* 15 *Mars*, 243.
— Presse à forger Rice. *Ri.* 24 *Mars*, 114.
— — à emboutir Donnely. *RM. Mars*, 363.
— Tour-revolver américain. *E'.* 16 *Mars*, 276.
— Riveuse pneumatique Kinnam. *RM. Mars*, 362.
— Scie à métaux Newton. *Ri.* 7 *Avril*, 133.
— Machines à forger. *SuE.* 1er *Avril*, 369. Pour essieux Mercadel. *RM. Mars*, 364. Pour foyers ondulés Lane. *RM. Mars*, 367. A tailler les roues. *EM. Avril*, 83. Pfauter. *RM. Mars*, 359.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Machines-outils à rectifier Landis. *RM. Mars*, 324.
— — à profiler les douves. *RM. Mars*, 369.
— Presse Sellers à médaille et à forger. *RM. Mars*, 331.
Moteurs à vapeur Allen, vertical. *E'.* 23 *Mars*, 305.
— Formule générale du rendement (Nadal). *RM. Mars*, 269.
— à cylindres tournants Jungstrom. *E'.* 6 *Avril*, 362.
— Compound. Chute au réservoir. *E'.* 23 *Mars*, 310. Mixte Clay. *RM. Mars*, 380. Vertical Plenty. *E'.* 13 *Avril*, 386. Davidson et Wilson. *RM. Mars*, 381.
— Distributions Simpson-Strickland. *RM. Mars*, 381.
— — Serckelchidy, Lang. *Id.*, 383.
— — Moore. *Id.* 382.
— Régulateurs à action indirecte (Lecornu). *RM. Mars*, 285. Rites, Richardson. *Id.*, 385.
— Stuffing box Brown. *E'.* 16 *Mars*, 291.
— Vapeur surchauffée, propriétés thermodynamiques (Grindly). *RsL.* 3 *Mars*, 79.
— **à gaz** (Les gros) (Mayer). *VDI.* 17 *Mars*, 329.
— — Munzel. *Id.*, 31 *Mars*, 401. Secor. *RM. Mars*, 386. Altham. *Id.*, 387. Shaw. *Id.*, 388.
— — pour l'éclairage électrique. *EM. Avril*, 83.
— — de haut fourneau. *SuE.* 1er *Avril*, 382.
— — Mise en train Crossley. *RM. Mars*, 389.
— **à pétrole** Lewis. *RM. Mars*, 389.
— — Carburateurs Longuemaire-Japy. *RM. Mars*, 390.
Paliers Scott. *EE.* 24 *Mars*, 455.
Parallélogrammes divers. *AMa.* 15 *Mars*, 247.
Transmission. Gaine protectrice pour arbres Schadt. *Ri.* 7 *Avril*, 136.
— Hult. *RM. Mars*, 373.

MINES

Aérage. Ventilateur réversible Puech. *Gc.* 30 *Mars*, 352.
Argent. Usines de Bearmouth. Montano Reduction Co. *Eam.* 24 *Mars*, 348.
Cuivre. Colombie britannique Howe Sound. *Eam.* 17 *Mars*, 315.
— Production dans le monde. *EM. Avril*, 57.
Explosifs de sûreté (Emploi des) dans les mines à grisou (Aguillon). *AM. Décembre*, 551.
Extraction à grandes profondeurs. *E'. Mars*, 16. 288.
— Siège d'exploitation de Bruay. *Bam. Mars*, 195.
Fer. Minerais de Géorgie. *Eam.* 3 *Mars*, 255.
— De Badger (Wisconsin). *Id.*, 10 *Mars*, 291.
Houillères. Remplissage par l'eau dans les mines d'anthracite. *Fi. Avril*, 371.
Magnésite (Industrie de la). *Eam.* 10 *Mars*, 288.
Or. Draguage en New Zealand. *E.* 13 *Avril*, 491.
Plans inclinés au point de vue de la sécurité (Gaysen). *Ru. Fév.*, 174.
Séparateurs électro-magnétiques. *Elé.* 31 *Mars*, 199.
Sondages. Extracteurs Blaber. *E'.* 16 *Mars*, 287.
Transvaal. Industrie minière en 1899. *Eam.* 10, 17, 24 *Mars*, 287, 316, 347.
Zinc (Mines de) (Longridg) *E.* 6 *Avril*, 347.

MÉTALLURGIE

Alliages. Étain, antimoine, arsenic, plomb, cuivre (Prost). *Ru. Fév.*, 205.
Aluminium (Progrès de l'). *E'.* 23 *Mars*, 297.
Coke (Fabrication du). *Eam.* 3 *Mars*, 256.
Fer et acier. Aciéries américaines. *SuE.* 1er *Avril*, 357.
— Sidérurgie. Progrès en Amérique. *E.* 16 *Mars*, 357.
— Détermination centrifuge du phosphore, (Gortz). *Eam.* 3 *Mars*, 262.
— Convertisseur Thomas (Spilberg). *Ru. Fév.*, 135.
— Fonderie. Garnissage de cubilot Eadie. *Ef.* 23 *Mars*, 301.
— Creusets, Piat. *Cs.* 28 *Fév.*, 152.
Grillage. Four Zellweger. *Eam.* 3 *Mars*, 260.
Or. Amalgamation. *Cs.* 28 *Fév.*, 148.
Plombs argentifères (Traitement des). *Eam.* 3 *Mars*, 259.
— Mine d'Avino, Mexique. *Eam.* 17 *Mars*, 322.

Le Gérant : Gustave Richard.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

99e ANNÉE. Cinquième Série, Tome V. MAI 1900.

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

ARTS CHIMIQUES

RAPPORT présenté par **M. Ach. Livache**, au nom du *Comité des Arts chimiques*, sur un travail de **M. G. Halphen**, intitulé : *Recherches sur l'analyse des corps gras.*

M. Halphen, chimiste au laboratoire des expertises légales du ministère du Commerce et de l'Industrie, a adressé à la Société d'Encouragement un important mémoire renfermant ses recherches personnelles sur l'analyse des corps gras.

Ce mémoire contient le résumé des nombreux essais auxquels a dû se livrer l'auteur en présence de l'obligation où il se trouvait de résoudre au laboratoire les questions très complexes qui lui étaient soumises et pour la solution desquelles il n'existait pas de procédés d'analyse satisfaisants.

Tout d'abord, à propos des graisses composées, à base d'huile minérale, nous trouvons une méthode d'essai rapide qui, dans un grand nombre de cas, permet de constater la présence d'huiles végétales ou animales dans ces mélanges.

M. Halphen nous donne, à la suite, une méthode très simple pour déterminer quantitativement les acides libres contenus dans les matières grasses, et évaluer ainsi leur acidité dont la connaissance est aussi importante pour les huiles de graissage que pour les produits destinés à l'alimentation.

Enfin, dans les graisses composées, à base d'huiles minérales, d'huiles

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de résine, de suint, etc., il était nécessaire de doser facilement les produits insaponifiables, et M. Halphen nous en fournit le moyen grâce à un procédé qui, appliqué directement aux matières grasses animales ou végétales seules, donne également leur teneur en produits insaponifiables; ces derniers, qui y existent normalement, peuvent varier de 0,2 à 2 p. 100, et leur détermination permet, dans des cas définis, de différencier certains corps gras.

Mais les exigences du travail de laboratoire ont bientôt amené M. Halphen à étudier les meilleurs moyens de caractériser les matières grasses qui entrent dans les produits complexes soumis à son examen, et il a porté tous ses efforts sur la détermination exacte de certains éléments qui, au cours des diverses réactions auxquelles on peut soumettre les matières grasses, fournissent par leur constance une caractéristique nette de chacune de ces matières grasses.

Au nombre des constantes qui ont le plus de valeur aux yeux des chimistes il faut placer ce qu'on appelle l'indice d'iode. Les matières grasses, en effet, mises en présence d'iode, en fixent des quantités variables pour chacune d'elles, et l'on obtient ainsi des chiffres qui constituent une indication précieuse, surtout lorsqu'ils viennent confirmer les indications fournies par les autres procédés de recherche. Mais il faut reconnaître qu'à mesure que les chimistes donnaient plus d'importance à ces indices d'iode, les critiques des procédés servant à leur détermination devenaient plus vives et tendaient à en diminuer la valeur au point de vue des conclusions à en tirer.

Comme l'iode, le brome est également fixé par les matières grasses, mais son action plus énergique étant plus nette, son application est plus aisée et demande moins d'attention que celle de l'iode qui exige que l'on se place toujours dans les mêmes conditions de quantités de réactifs et de durée d'action. Aussi M. Halphen, après avoir étudié minutieusement l'action du brome sur une trentaine de matières grasses d'origine certaine, a déterminé pour chacune d'elles, à l'aide d'une méthode aussi précise que rapide, ce qu'il appelle l'indice « brome-soude », constituant une constante caractéristique de chacune d'elles. Enfin il a complété son travail de la manière la plus heureuse en évaluant les relations qui existent entre l'indice « brome-soude » et l'indice d'iode, ce qui permet, au moyen d'une formule simple, de passer d'un indice à l'autre, et d'utiliser ainsi les nombreuses déterminations d'indices d'iode faites antérieurement par la méthode d'Hübl qui est généralement employée. Un graphique montre nettement les relations existant entre ces deux indices.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans un chapitre spécialement consacré à la recherche des huiles végétales dans les saindoux, on voit les résultats pratiques de la détermination de ces constantes; l'auteur y donne également un procédé pour augmenter la valeur des indices des acides gras totaux en y joignant les indices des acides gras liquides.

Enfin M. Halphen avait souvent à rechercher, dans les divers corps gras, l'huile de coton; cette huile, en effet, se place par ses propriétés entre les huiles comestibles et les huiles siccatives, et elle peut entrer dans les produits les plus divers, surtout si l'on tient compte de son prix peu élevé et de sa neutralité de goût. Mais les procédés servant à la caractériser ne donnaient pas toujours la certitude qu'exigeait, en particulier, l'importance des transactions internationales. M. Halphen donne un procédé très simple qui a été contrôlé par de nombreux chimistes, tant en France qu'à l'étranger, et qui a été unanimement reconnu comme capable de déceler avec une certitude absolue l'huile de coton dans les mélanges les plus complexes et alors qu'il n'y entre que 5 p. 100 de cette huile.

Tel est le résumé rapide du mémoire présenté par M. Halphen; il a un caractère exclusivement scientifique, mais on sent que si l'auteur met en première ligne la rigueur que l'on doit exiger de l'analyste, il a cependant toujours en vue l'utilisation pratique de ses procédés; par suite, ce travail est susceptible de rendre des services importants, en particulier aux industriels qui ont à mettre en œuvre des matières grasses, et qui seront, par ce fait, mieux armés pour les apprécier.

Pour ces raisons, votre Comité des Arts chimiques a l'honneur de vous proposer d'ordonner l'insertion au *Bulletin* du mémoire de M. Halphen et du présent rapport.

Signé : A. LIVACHE, *Rapporteur.*

Lu et approuvé en séance, le 11 mai 1900.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ANNEXE

RECHERCHE DES HUILES VÉGÉTALES ET ANIMALES DANS LES GRAISSES COMPOSÉES

PAR **M. G. Halphen.**

Pour répondre aux exigences de la clientèle, l'industrie prépare un nombre considérable de substances lubrifiantes en mélangeant en proportions variables, et plus ou moins rationnellement, les graisses minérales, végétales et animales. Ces deux dernières étant susceptibles de rancir facilement et de communiquer à la masse un caractère acide, leur recherche est souvent fort importante. De là l'intérêt de posséder une méthode qualitative rapide.

La propriété que possède la fuchsine décolorée par les alcalis, de reprendre sous l'influence des acides, même faibles, sa coloration primitive, a suscité à M. de la Royère (1) l'idée de l'appliquer à la recherche des huiles végétales dans les huiles minérales. Le réactif est préparé en dissolvant $0^{gr},500$ de fuchsine dans 500 centimètres cubes d'eau bouillante, ajoutant ensuite goutte à goutte une solution de soude jusqu'à décoloration complète. Il faut éviter d'employer un excès d'alcali qui nuirait à la sensibilité du réactif. On étend à 1 litre et l'on conserve en vase clos.

Pour l'essai, on place dans une soucoupe quelques gouttes de l'huile à examiner, puis on y fait tomber deux gouttes de réactif, et l'on agite vivement à l'aide d'une baguette de verre. S'il se forme, plus ou moins rapidement, une coloration rose qui s'accentue avec le temps, on peut, au dire de l'auteur, conclure à la présence d'une huile végétale ou animale.

Si ces conclusions sont exactes lorsque l'on opère, d'une part avec des huiles minérales neutres et d'autre part avec des huiles animales ou végétales renfermant des proportions variables d'acides gras libres, elles cessent de l'être lorsque ces conditions ne sont pas réalisées (2).

Reste donc à savoir si, accidentellement ou normalement, les huiles minérales ne peuvent pas être acides et si, au contraire, les huiles grasses ne peuvent présenter une réaction neutre dans le mélange.

Sans invoquer ici notre expérience personnelle, nous rappellerons que la présence d'acides libres dans les diverses fractions du pétrole est un fait connu, vérifié et étudié par un certain nombre d'auteurs, tant au point de vue qualitatif qu'au point de vue quantitatif.

Hell et Médinger (3) y ont trouvé des quantités notables de lacto-alcools formant des sels monobasiques non seulement avec les métaux alcalins, mais

(1) *Revue scientifique*, 1896, p. 287.
(2) Halphen, *Journal de Pharmacie et de Chimie*, 1896, 1er janvier.
(3) *Berichte* 7, p. 1216 et 10 p. 451.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

aussi avec les oxydes des métaux lourds. La nature intime de certains d'entre eux a été déterminée par Osiam Ascham (1) qui a trouvé dans les huiles minérales de Balm trois acides carboxyliques de la formule $C^nH^{2n-1}COOH$ dont le premier terme en C^6 est capable de déplacer le radical Cl du chlorure de calcium ; et chacun sait que Markownikow (2) a isolé des pétroles de Bakou des acides hexahydrobenzoïques. Zaloziéchi (3) a non seulement dosé l'acidité totale des diverses huiles minérales naturelles, lourdes ou moyennes, il a aussi évalué la proportion des acides du soufre en se basant sur les propriétés des différents indicateurs. Il a trouvé pour certaines huiles de graissage des acidités allant de 4 à 6 centimètres cubes de soude décinormale pour 100 centimètres cubes de pétrole. Ces proportions augmentent d'ailleurs par l'action de l'air, surtout en présence d'un alcali.

Voilà donc justifiées les constatations que nous avons faites sur le caractère acide de certaines huiles de pétrole qui ramènent au rouge la fuchsine décolorée par la soude, fait qui peut induire l'expérimentateur en erreur.

Nous avons montré (4) qu'on pouvait parer à cette difficulté en faisant un essai avec une solution aqueuse de rouge congo. Ce réactif reste inaltéré sous l'influence des acides gras qui existent normalement dans les huiles grasses, tandis qu'il vire au bleu sous l'influence des acides organiques et aussi sous celle des acides minéraux. On ne devra donc conclure à la présence d'huiles végétales ou animales que si l'essai donne un résultat positif avec la fuchsine décolorée, et négatif avec le rouge congo. On remarquera toutefois que les huiles qui donnent des résultats positifs avec ces deux réactifs ne sont pas pour cela exemptes de corps gras végétaux ou animaux; mais elles renferment sûrement des acides autres que les acides gras proprement dits.

Les indications données par la fuchsine décolorée peuvent aussi être faussées dans d'autres circonstances : on sait que l'industrie prépare et utilise un certain nombre de graisses qui sont des solutions de savons dans les huiles minérales. Ces produits, dont l'aspect varie de l'état liquide à l'état concret plus ou moins accentué, renferment quelquefois une petite quantité d'huile grasse non saponifiée capable de réagir sur la liqueur d'épreuve, mais il arrive fréquemment que toute l'huile végétale ou animale est neutralisée. De semblables préparations restent indifférentes à l'égard du réactif à la fuchsine décolorée, et la présence d'huile saponifiée doit être mise en évidence par l'emploi d'autres réactifs, et en particulier par l'emploi de l'acide métaphosphorique (5).

(1) *Berichte*, 1890 et 1891.
(2) *Ibid.*, 1873.
(3) *Zeits. f. Aug. Ch.*, juillet 1891, p. 416.
(4) *Journal de Pharmacie et de Chimie, loc. cit.*
(5) Schweizer et Lunghwitz, *Moniteur scientifique*, 1895, p. 443.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

DOSAGE DES ACIDES GRAS LIBRES

Les corps gras que l'industrie utilise pour l'alimentation, pour le graissage, pour l'éclairage, doivent être sensiblement neutres; les corps gras mis en œuvre par le savonnier ou le chamoiseur peuvent être acides, mais leur mode d'emploi est subordonné à la proportion d'acides libres qu'ils renferment. De là, nécessité, pour l'analyste, de posséder un procédé rapide et exact pouvant renseigner le chef de fabrication ou l'acheteur.

Nous avons montré (1) que cette détermination pouvait se faire avec la rapidité et la précision d'un titrage alcalimétrique ordinaire, à la condition d'employer le corps gras à l'état de dissolution dans une suffisante quantité d'alcool amylique. Ce corps auxiliaire jouit en effet de la propriété de dissoudre également bien et les corps gras (à l'exception de l'huile de bois) (2) et la solution alcoolique de soude titrée que l'on emploie pour effectuer le titrage, la phtaléine du phénol étant choisie comme indicateur.

On évite par ce moyen la perte de temps qu'occasionnent les lavages et les repos successifs que l'on pratique habituellement pour effectuer ce dosage.

DOSAGE DES MATIÈRES INSAPONIFIABLES

Les huiles végétales et animales, composées presque uniquement de glycérides d'acides gras (à l'exception de certaines huiles d'animaux marins) renferment de minimes proportions de matières neutres insaponifiables, parfois alcooliques, comme le cholestérol, dont la proportion varie de 0,2 à 2 p. 100. Lorsque, dans ces corps gras, on ajoute des huiles minérales ou de résine, ou de suint, celles-ci étant en tout ou partie composées d'hydrocarbures sur lesquels la soude n'a aucune action, on diminue la quantité de savon qui peut prendre naissance et on augmente la proportion des matières qui, résistant à l'action des alcalis, resteront à l'état insoluble après saponification.

Toutes ces substances étrangères aux acides gras, et par conséquent incapables de fournir des savons, sont classées par les analystes dans la catégorie des matières insaponifiables.

Le dosage de l'insaponifiable, si important pour mettre en évidence la présence d'huiles minérales ou même pour caractériser certaines huiles grasses, présente des difficultés bien connues des praticiens.

Les méthodes basées sur l'épuisement par l'éther des solutions aqueuses de

(1) Halphen, *Revue de Physique et de Chimie*, 1899, p. 295.

(2) Halphen. Réaction caractéristique de l'huile de bois. *Journ. de Pharm. et de Chim.*, 1899, p. 543.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

savon fournissent, le plus souvent, ainsi que l'a montré Lewcowitch (1), des hydrocarbures qui entraînent avec eux des proportions de savon parfois si considérables qu'on n'en peut extraire l'éther par distillation tant la liqueur mousse, et ce n'est que par des lavages répétés à l'alcool à 50° qu'on parvient à en retirer la matière saponifiée.

Pour parer à cette difficulté, Allen avait déjà proposé, pour l'analyse des cires, de neutraliser exactement le savon formé par l'acide acétique, de précipiter par l'acétate de plomb, de diviser le savon lavé et séché avec du sable, et d'épuiser par l'éther bouillant. Mais ce procédé, qui réussit avec les cires, ne peut être employé pour les corps gras, en raison de la solubilité dans l'éther des sels de plomb des acides liquides. Aussi Lewcowitch a préconisé, toujours dans le même but, d'incinérer l'extrait éthéré provenant de l'épuisement des sels alcalins, et d'y doser l'alcalinité.

Nous ne mentionnerons que pour mémoire la modification proposée par Herbig (2), qui ne peut être appliquée utilement dans les laboratoires industriels.

Depuis longtemps, nous avons indiqué que les causes qui rendaient difficile l'épuisement du savon par l'éther étaient à la fois la présence d'eau et celle d'alcali en excès, ce qui nous a conduit à indiquer la marche suivante qui a été recommandée par M. Livache (3).

On saponifie le corps gras à la façon habituelle, et on met les acides gras en liberté par addition ménagée d'acide sulfurique étendu. On chauffe, au besoin, pour les rassembler sous forme d'une couche huileuse claire qui se réunit à la partie supérieure et on les décante.

Ces acides anhydres sont dissous dans de l'acool à 90°-95° en chauffant si cela est nécessaire, ou même en ajoutant un peu de chloroforme (4), on additionne de quelques gouttes de phtaléine du phénol et on neutralise exactement par addition de soude ou de potasse alcoolique. On chauffe ensuite dans une capsule sur une toute petite flamme, en agitant continuellement, jusqu'à obtention de grumeaux parfaitement secs mais non brûlés. Après refroidissement on épuise par la benzine à froid. Dans ces conditions les grumeaux ne se gonflent que peu, et l'extraction de l'insaponifiable s'effectue aisément.

Peu après nous avons constaté qu'on pouvait séparer avec une très grande précision et une surprenante rapidité les huiles minérales d'une façon beaucoup plus simple.

(1) *The journal of the society chemical industry*, janvier 1896.
(2) *Dingler's Polytechniches Journal*, 1896, p. 114.
(3) *Bulletin* de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, 1899.
(4) Dans le cas où il y a beaucoup d'huile minérale, cette addition est indispensable.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cette nouvelle méthode (1) est fondée, d'une part sur la très grande solubilité des sulfo-acides gras dans l'acide sulfurique et sur l'insolubilité des huiles minérales dans ce même réactif, et d'autre part sur la solubilité des huiles minérales dans le tétrachlorure de carbone, l'essence de pétrole et le chloroforme, dans lesquels les sulfo-acides gras sont insolubles en présence d'acide sulfurique.

Pour la pratique, on dissout 5 grammes d'huile à essayer dans 50 centimètres cubes de tétrachlorure de carbone, d'essence de pétrole ou de chloroforme, puis, au moyen d'un tube effilé, on y ajoute goutte à goutte, en agitant sans cesse, et en refroidissant au besoin par immersion dans l'eau, pour éviter toute élévation appréciable de température, 2 centimètres cubes d'acide sulfurique à 66°. L'action terminée, on verse encore 15 centimètres cubes d'acide (2), l'on agite bien et on laisse les deux couches se séparer complètement, ce qui est rapide. On décante alors le tétrachlorure de carbone surnageant sur un filtre sec et si le liquide filtré est jaune, on l'agite un peu avec une pincée de noir animal, on filtre à nouveau sur un filtre sec et l'on recueille un volume déterminé que l'on évapore dans une capsule tarée. Du poids du résidu on déduit aisément la proportion d'insaponifiable.

Lorsque l'on opère sur des huiles végétales ou animales, le résidu, après lavage rapide à l'alcool absolu, se montre formé de cristaux de cholestérine et de physostéarine donnant très nettement la réaction de Liebermann.

Les nombres obtenus par ce procédé sont tout à fait concordants et cadrent bien avec ceux que l'on obtient par le procédé précédemment décrit. Ils sont en concordance avec les nombres fournis par la littérature chimique. On a en effet trouvé :

Huile de pieds de cheval, insaponifiable p. 100.	0,72
— de colza — —	0,41
— de baleine — —	1,04
— de poisson du Japon — —	1,16

LES INDICES D'IODE ET DE BROME

Une des données les plus précieuses de l'analyse des corps gras est, sans contredit, la connaissance des indices de brome ou d'iode, qui mesurent avec plus ou moins d'exactitude les liaisons éthyléniques et acétyléniques des acides gras non saturés.

En raison de l'importance de ces déterminations, de nombreux travaux ont

(1) Halphen, *Revue de Physique et de Chimie*, 1899, p. 295.

(2) Avec l'éther de pétrole on peut se contenter de 4 centimètres cubes d'acide sulfurique. La quantité d'acide à employer est variable; on peut en prendre beaucoup plus en l'absence d'huiles minérales que lorsqu'elles existent, parce que l'acide sulfurique les attaque légèrement; le tout est d'en mettre assez pour obtenir une bonne séparation des ux couches.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

été publiés sur la question, des modifications multiples ont été tour à tour préconisées, critiquées ou abandonnées, et il ne semble pas qu'aucune méthode ait pu donner satisfaction complète.

La détermination de l'indice d'iode, par le procédé de Hübll, fournit des résultats comparables lorsqu'on se place toujours dans les mêmes conditions, et l'on admet que cet essai donne la mesure exacte des proportions d'acides incomplets; cette opinion résulte de la conformité des résultats théorique et pratique obtenus avec l'acide oléique.

Cependant on a avancé que cette coïncidence est fortuite et ne justifie en aucune façon l'exactitude des résultats.

D'une part, les recherches de Holde ont montré que les indices d'iode des matières grasses et des huiles se trouvaient notablement influencés par la quantité de réactif mis en œuvre, et les irrégularités observées ont été attribuées à la formation de composés iodés de substitution. Ces suppositions ont paru confirmées par les expériences plus récentes de MM. Schweitzer et Lungwitz (1). D'autre part, l'expérience a montré, au moins pour les huiles demi-siccatives ou non siccatives, que les indices d'iode des acides gras ne différaient que de quelques unités de ceux des glycérides ou graisses neutres desquels on les extrait, tandis que le Dr Fahrion (2) a mis en évidence les importantes divergences que l'on constate, suivant que l'indice de Hübll est déterminé sur les acides gras libres ou sur ces mêmes acides préalablement neutralisés exactement avec un alcali. C'est ainsi qu'il a trouvé :

Nature de l'huile.	Méthode ordinaire.	En solution neutre.	Différence.
Coton.	104,8	150	45,2
Ricin	82,9	102,9	20
Acide oléique	75,5	104	28,5

Bien plus, Fahrion a montré que la nature de l'acide employé pour la neutralisation du savon jouait un rôle important; ainsi un acide oléique absorbait 75,5 p. 100 d'iode, le savon de cet acide, exactement neutralisé par l'acide chlorhydrique, absorbait 102 à 107 d'iode, tandis que le même savon sodique, neutralisé par l'acide acétique, accusait une absorption de 158 à 191 p. 100.

Enfin, la littérature chimique est riche en résultats contradictoires obtenus par différents auteurs autorisés et relatifs à l'action de la lumière, des quantités de réactifs, du temps de contact, de la température, etc. C'est ainsi que Benedickt affirme que l'action de l'iode est absolument irrégulière à température élevée, tandis que MM. Schweitzer et Lungwitz publient des résultats qui entraînent une conclusion opposée.

(1) *Moniteur scientifique Quesneville*, 1896, p. 535.
(2) *Ibid.*, 1893, p. 880.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

De toutes ces polémiques on ne peut guère conclure qu'à l'exactitude des résultats comparatifs obtenus en se plaçant toujours dans des conditions identiques. De plus, sa mise en œuvre exige l'emploi de réactifs spéciaux.

Pour remédier à cet inconvénient, nous avons cherché à utiliser le brome dont l'action plus nette et plus rapide n'exige l'intervention d'aucun corps auxiliaire. On ne pouvait avoir recours au procédé Levallois, qui ne donne que des résultats comparatifs, ne pouvant en aucun cas éclairer la question des quantités de liaisons doubles ou triples. Le procédé que nous avons proposé (1) exige l'emploi d'une solution de brome dans le sulfure de carbone (on a choisi ce solvant parce que, grâce à lui, on obtient des solutions à titre fixe, dont le maniement ne présente aucune incommodité pour la santé, en raison de la grande solubilité du métalloïde dans ce liquide), d'une solution de soude demi-normale et d'une solution aqueuse d'éosine. On dissout le corps gras dans du sulfure de carbone, on y verse la solution de brome, on recouvre d'une couche d'eau et on abandonne au repos. La réaction, terminée au bout d'une heure, peut, sans inconvénient, être prolongée pendant plus de douze heures sans que les résultats soient modifiés. L'action terminée, on dose globalement le brome en excès et l'acide bromhydrique (produit par les phénomènes de substitution) en versant peu à peu la soude titrée jusqu'à ce que l'essai vire au rose, l'éosine étant prise comme indicateur. En pratique, on opère de la façon suivante :

On prépare : 1° une solution de 19 centimètres cubes de brome dans 1 000 centimètres cubes de sulfure de carbone ; 2° une solution aqueuse d'éosine à 1 p. 100.

On pèse 1 gramme d'acides gras, que l'on dissout dans 10 centimètres cubes de sulfure de carbone pour les faire passer dans un flacon de 250 centimètres cubes environ. On verse dessus 100 centimètres cubes d'eau et 20 centimètres cubes de la solution de brome. On abandonne au moins une heure. Au bout de ce temps, on ajoute 2 centimètres cubes de la solution d'éosine, puis, peu à peu, la liqueur titrée de soude. La liqueur, jaune au début, blanchit peu à peu; lorsqu'elle est devenue tout à fait blanche, le terme final est proche; il est atteint quand la liqueur a viré au rose pâle; cette coloration s'accentue très fortement par le repos. On note le nombre n de centimètres cubes de soude ainsi employés. On effectue en même temps un essai à blanc sur un témoin préparé de la même façon, mais sans acides gras, et on note le nombre N de centimètres cubes de soude ainsi employés.

L'indice brome-soude est donné par la formule $\frac{100\,n.}{N}$

(1) *La Pratique des Essais commerciaux et industriels*, p. 194.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Voici sa valeur pour différents corps gras :

Huile d'abricot	46,7
— d'arachide	51, à 50,1
Beurre de cacao	82,4
— de coco	100 à 104
— de vache	85
Huile de cameline	21,5
— de chènevis	25 à 35
— de cheval	56 à 58
— de coco	100 à 104
— de colza	50,5 à 50,7
— de coton	39,5 à 41,8
Larding oil	65
Huile de lin de pays	10 à 12
— très vieille	7,5
— de maïs	35,4 à 35
— de navette	48
— d'œillette	25,9
— d'olive	59,8
— d'olive de Tunisie	59,0
Palmiste	95 à 97
Huile de pavot du Levant	31,8
— de pieds de bœuf (Artus)	61,0
— de pieds de mouton (Artus)	35,0
— de ravison	35,2
— de ricin	59,9
Saindoux	74,5 à 72,2
Huile de sésame	41 à 41,8
Stéarine de saponification	111,3
Suif de bœuf	78,5

La quantité de brome absorbée est bien fonction de la proportion de liqueur de soude qu'il faut employer pour faire virer l'éosine au rouge. En effet, l'acide bromhydrique libre, qui peut provenir des phénomènes de substitution, absorbe une molécule de soude pour donner un bromure

$$BrH + NaOH = Br\,Na + H^2O.$$

D'autre part la soude, réagissant sur le brome libre, ne peut fournir que des bromures, des hypobromites ou des bromates, tous corps dans lesquels une molécule de brome se trouve combinée à une molécule de soude.

Avant de comparer les indices brome-soude aux indices d'iode déterminés par la méthode de Hübll, il faut remarquer que, dans ce dernier cas, on évalue l'iode d'addition en mesurant l'iode libre avant et après l'action du corps gras ; or dans les phénomènes de substitution, sur deux molécules d'halogène qui disparaissent, une seule est fixée, l'autre part à l'état d'hydracide

$$C^xH^yO^z + 2I = C^xH^{y-1}O^z + IH$$

et est comptée comme ayant été fixée par addition.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il en résulte que les écarts entre les indices brome-soude, évalués en iode, et les indices de Hübll, seront d'autant plus grands que les phénomènes de substitution seront plus marqués.

La détermination de l'indice brome-soude n'est pas, elle non plus, à l'abri de toute critique; une portion importante (sinon la totalité) des acides gras est saturée par la soude, et cet alcali disparu est compté comme correspondant à la quantité équivalente de brome en excès. Pour obtenir le nombre absolu, il faudrait donc avoir recours à une correction.

Cette remarque explique ce résultat *a priori* anormal d'un indice brome-soude supérieur à 100.

La courbe suivante (p. 701) montre le rapport entre les indices brome-soude et les Hübll.

En examinant ce graphique (1), on remarque :

1° Que toutes les huiles dont l'indice de saponification est compris entre 195 et 200 se trouvent sur une même droite partant de la stéarine pour aboutir au lin. Il y a un écart de 7 unités pour la cameline et de 5 pour le sésame, ce qui ne dépasse pas les différences que l'on peut trouver sur deux huiles d'origines différentes;

2° Que toutes les huiles dont l'indice de saponification est compris entre 175 et 180 se trouvent sur une droite à peu près parallèle à la précédente, mais placée à sa droite (colza, navette, ricin);

3° Que toutes les graisses dont l'indice de saponification est supérieur à 220 se trouvent sur une droite située à la gauche de celle qui réunit la stéarine au lin.

De sorte que pour les huiles de la première classe, l'indice d'iode est fourni en fonction de l'indice brome-soude par la formule :

$$H = (111 - B)\,1{,}57$$

dans laquelle H représente l'indice d'iode et B l'indice brome-soude.

Pour les huiles de la seconde catégorie, on a très approximativement :

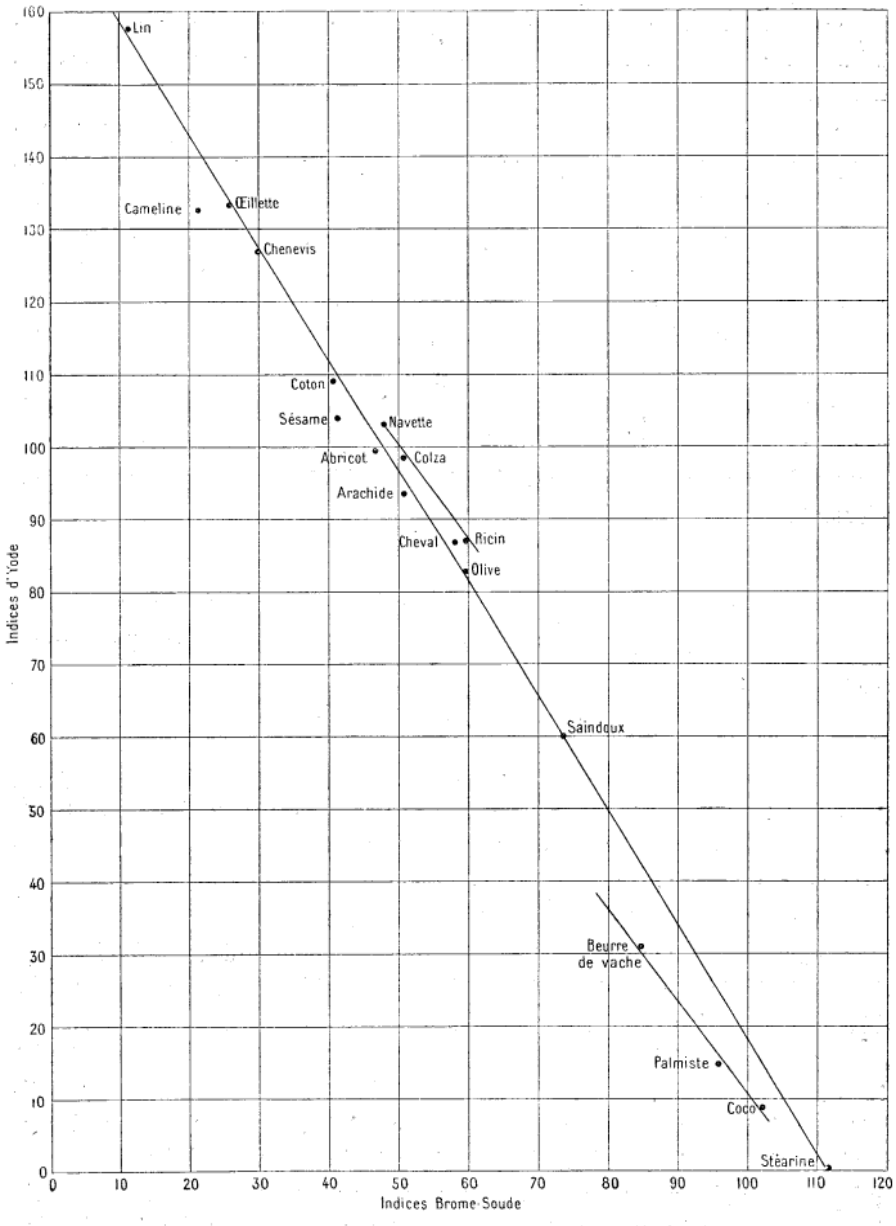
$$H = [(111 - B)\,1{,}57] + 3.$$

Or remarquons qu'entre ces deux catégories d'huile, la différence d'indice de saponification est d'environ 0,015 de potasse correspondant pour 100 grammes de corps gras à environ :

$$\frac{1{,}5 \times 127}{56} = 3{,}35 \text{ d'iode.}$$

(1) Les chiffres employés pour le tracé de ces courbes sont ceux que j'ai indiqués en 1893, dans mon traité : *la Pratique des Essais commerciaux et industriels*. Pour faire intervenir les huiles animales et les graisses, j'ai employé soit des nombres personnels, soit ceux qui figurent dans la brochure de M. Millau.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ce qui vérifie l'augmentation de trois unités qu'il a fallu faire pour les huiles de crucifères et l'huile de ricin.

Ainsi se trouvent justifiés et les nombres fournis par la méthode de Hübll et ceux fournis par notre procédé, puisqu'il existe entre eux la relation simple que nous venons d'établir.

Des considérations précédentes, il semble résulter que la quantité d'halogène qui réagit par substitution, aussi bien dans l'action de l'iode suivant Hübll que par notre méthode, est sensiblement nulle. Comme cette assertion est en contradiction formelle avec les résultats obtenus par un certain nombre d'auteurs, et en particulier avec ceux de MM. Schweitzer et Lungwitz, nous avons cherché à les justifier ou à les réfuter par la mesure directe des quantités de brome additionnelles et substituées. La méthode que nous avons imaginée, pour atteindre ce but, repose sur les principes suivants :

1° Si, sur un mélange d'hydrocarbures saturés et non saturés, on fait agir une quantité connue et en excès de brome, une partie de l'halogène réagit pour donner des composés d'addition, c'est-à-dire qu'il disparaît purement et simplement :

$$C^nH^{2n} + 2Br = C^nH^{2n}Br^2.$$

2° Une autre portion réagit pour fournir des produits de substitution et, dans ce cas, pour une molécule de brome fixée il y a mise en liberté d'une molécule de BrH :

$$C^nH^{2n+2} + Br^2 = BrH + C^nH^{2n+1}Br.$$

3° Enfin, une autre portion, qui représente l'excès, reste en liberté. Si donc, dans l'essai, on introduit un corps très apte à donner de suite des produits de substitution et rien que des produits de substitution, on produira des dérivés bromés et, comme dans le cas précédent, pour une molécule de brome fixée, il y aura une molécule d'acide bromhydrique mise en liberté.

Il suffira alors d'évaluer la totalité du brome contenu dans l'acide bromhydrique ainsi mis en liberté, car le double de son poids représentera la quantité d'halogène qui n'a pas été fixée par addition.

Nous avons choisi comme corps auxiliaire une solution aqueuse de phénol à 40 grammes par litre. Le corps gras est placé dans un vase avec quelques centimètres cubes de sulfure de carbone qui servent à le dissoudre; on place dessus environ 10 centimètres cubes d'eau destinée à dissoudre l'acide bromhydrique, qui prendra naissance plus tard, puis on verse un volume connu et en excès d'une solution de brome dans le sulfure de carbone. Lorsque l'on juge l'action suffisante, on détruit l'excès de brome, qui reste en liberté, par du phénol, et, à la solution incolore, on ajoute quelques gouttes d'hélianthine qui rougissent

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la liqueur aqueuse. Il ne reste plus qu'à titrer l'acidité au moyen d'une liqueur alcaline de force connue.

La teneur de la solution de brome est déterminée de la même façon en la transformant en bromophénols et acide bromhydrique par action d'une solution de phénol; la présence dans cette liqueur de composés acides n'influe pas, puisque ceux-ci se retrouveront dans l'essai et que le nombre qui les mesure disparaîtra dans la soustraction qu'il faudra effectuer pour déterminer la diminution d'acidité de la liqueur finale.

Supposons que pour saturer 20 centimètres cubes de la liqueur de brome, transformés en acide bromhydrique par action du phénol, il ait fallu N centimètres cubes de soude normale, et que pour l'essai, dans lequel on aura employé aussi 20 centimètres cubes de brome, il n'ait fallu que n centimètres cubes de la même soude, N-n représentera la quantité d'acide bromhydrique qu'aurait fourni le brome d'addition si, au lieu de se fixer purement et simplement, il avait réagi par substitution. D'où 2 (N-n) équivaut au brome d'addition.

Voici quelques résultats obtenus de cette façon :

A 5 centimètres cubes d'un pétrole lampant de mauvaise qualité on ajoute 5 centimètres cubes de sulfure de carbone, 25 centimètres cubes d'eau et 5 centimètres cubes d'une solution de brome dans le sulfure de carbone à 80 grammes par litre. Lorsqu'on juge l'action terminée, on ajoute 10 centimètres cubes d'une solution alcoolique de phénol à 10 p. 100, on agite pour détruire l'excès de brome, on colore par l'hélianthine et on fait virer au jaune par addition ménagée de soude titrée.

ESSAIS A LA LUMIÈRE.			ESSAIS A L'OBSCURITÉ.		
Durée d'action du brome.	Volume de brome.	Soude employée.	Durée d'action du brome.	Volume de brome.	Soude employée.
	c.c.	c.c.		c.c.	c.c.
10 minutes. . .	10	35,5	10 minutes . . .	10	35,4
50 — . . .	10	34,9	50 — . . .	10	34,4

10 centimètres cubes solution de brome ou témoin = $40^{c3},9$ soude $\frac{N}{4}$.

Les essais abandonnés à eux-mêmes ne tardent pas à présenter une auréole rouge à la surface de contact de la couche de sulfure de carbone et de la couche aqueuse.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On agite et, au bout de quarante-huit heures, on constate que pour produire le virage il faut ajouter des quantités notables de soude, soit :

	Centimètres cubes.
Pour l'essai n° 1.	2,4
— — 2.	2,2
— — 3.	2,9
— — 4.	2,7

Le témoin n'a pas varié.

On abandonne encore vingt-quatre heures, les liquides se colorent à nouveau, et pour ramener au jaune on doit ajouter à nouveau :

	Centimètres cubes.
A l'essai n° 1.	0,3 de soude.
— — 2.	0,4 —
— — 3.	0,4 —
— — 4.	0,5 —

Le témoin n'a pas varié.

Pour expliquer ces extraordinaires divergences, nous avons supposé au début que la faible alcalinité de la liqueur suffisait pour décomposer certains dérivés bromés et les transformer en composés éthyléniques, mais le fait qu'on doit employer plus de 2 centimètres cubes de soude pour ramener la neutralité prouvait que le faible excès de soude nécessaire pour produire le virage de l'indicateur n'était pas seul à agir, et que la couche aqueuse devait nécessairement réagir sur les bromures formés avec mise en liberté d'acide bromhydrique que la coloration de l'hélianthine et le titrage alcalimétrique mettent en évidence. Nous avons de plus remarqué que le phénomène de la recoloration était d'autant plus rapide et d'autant plus marqué qu'on avait employé en plus grand excès, et le phénol et l'alcool qui devaient le maintenir en dissolution.

Après bien des hypothèses et des tâtonnements, nous venons de constater qu'il était possible d'éviter ces écueils en employant pour détruire l'excès de brome juste assez de phénol en solution *aqueuse*, et en remplaçant l'eau pure par une solution saturée de bromure de potassium (dont on a préalablement constaté la neutralité) qui facilite le contact du brome libre (que les dérivés bromés retiennent avec énergie) et du phénol.

Pour employer à la destruction du brome libre juste la quantité d'acide phénique nécessaire, nous employons une solution aqueuse colorée par $0^{gr},1$ d'hélianthine par litre. Les additions se font goutte à goutte en remuant constamment. Tant que la liqueur renferme du brome libre, l'hélianthine est détruite et l'essai reste incolore; mais dès qu'il y a une goutte de solution de phénol en excès, l'essai, acide par l'acide bromhydrique produit, prend une coloration rouge due à l'hélianthine apportée par la goutte de phénol qui est

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en excès. Dans un prochain mémoire, nous établirons comment on peut, en appréciant, d'une part, la quantité de phénol ainsi employée, et, d'autre part, l'acide bromhydrique produit, évaluer les quantités de brome d'addition et de substitution fixées, non seulement par les corps gras, mais encore par toutes les autres substances.

L'ANALYSE DES SAINDOUX

Pendant longtemps, on a cherché les huiles végétales dans les saindoux, en déterminant leurs indices d'iode ou de brome et le nombre de Maumené. Le premier, en France, M. Bockairy a imaginé d'accroître la sensibilité de cette méthode en déterminant les indices non sur le corps gras lui-même, mais sur les acides liquides qu'il renferme et qu'il proposait d'extraire au moyen des sels de plomb.

Plus tard, en Allemagne, différents chimistes se préoccupèrent de la question et s'efforcèrent de séparer les acides gras oxydables en les combinant à des métaux qui, d'après les expériences de différents auteurs (1), sont les plus aptes à favoriser leur oxydation.

Il nous a semblé qu'au contraire, il était nécessaire de choisir ceux d'entre eux qui ne jouissent pas de propriétés siccativantes, et cette considération nous a amené à étudier l'action des sels de zinc. Grâce à leur emploi, nous sommes arrivé à séparer très facilement les acides liquides des acides solides. Pour réaliser cette séparation, on prend 5 grammes d'acides gras que l'on dissout dans 100 centimètres cubes de sulfure de carbone. On y ajoute $2^{gr},5$ d'oxyde de zinc en neige sec, et on secoue à diverses reprises pendant deux heures. On jette sur un grand filtre à plis. On recueille la majeure partie du liquide, que l'on distille, et on élimine les dernières portions du solvant en faisant passer pendant quelques instants un courant d'air. Le résidu, qui est coloré en rouge dans le cas de l'huile de coton (2), est traité à chaud par l'alcool absolu, puis additionné d'acide chlorhydrique, et lorsque la liqueur est homogène, on l'additionne d'au moins dix fois son volume d'eau bouillante, qui détermine la séparation des acides liquides qui viennent surnager, et qui ne tardent pas à s'éclaircir si on maintient le liquide un peu chaud. Jusqu'alors, on n'avait pas tenu compte de la proportion des acides liquides contenus dans les graisses alimentaires. Nous avons montré l'importance que présentait cette détermination. Au début, nous pesions directement les sels de zinc des acides liquides solubles dans le sulfure de carbone, mais en présence de l'impossibilité qu'il y a de laver complètement les sels des acides solides, nous faisons actuellement la détermination centésimale des acides liquides en prenant

(1) A. Livache, *Emploi du Plomb pour la détermination de la siccativité des Huiles.*

(2) Halphen, *Journal de Pharmacie et de Chimie*, 15 septembre 1894.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le rapport des indices d'iode des acides liquides et des acides totaux, ce qui est à la fois beaucoup plus rapide et bien plus précis. Voici quelques résultats trouvés par ce moyen.

NATURE des CORPS GRAS.	INDICE D'IODE des acides totaux.	INDICE D'IODE des acides liquides.	ACIDES LIQUIDES p. 100.	NATURE des CORPS GRAS.	INDICE D'IODE des acides totaux.	INDICE des ACIDES liquides.	ACIDES LIQUIDES p. 100.
Saindoux d'Amérique.	63,5	91,95	69,50	Graisse américaine B mélangée.	83,56	114,04	73,3
Saindoux de France.	59,0	86,61	68,10	Suif de bœuf pressé.	17,01	75,70	22,5
Graisse américaine A mélangée.	83,56	117,1	71,0	Suif de mout.	37,84	80,25	47,1
				Huile de coton.	102,36	129 à 135	79,3

Voici un exemple d'un saindoux fraudé par une huile de crucifère, qui aurait été embarrassant si l'on n'avait déterminé à la fois la proportion d'acides liquides et l'indice de saponification. Ce saindoux présentait les caractères suivants :

	Grammes.
Changement de poids à 110° en 6 heures (probablement par suite d'une oxydation)	+ 0,1
Indice de saponification des acides totaux	192
Capacité de saturation des acides totaux	195,7
Indice d'iode des acides totaux	69,08
Indice d'iode des acides liquides	93,06
Acides liquides p. 100	74,20

et possédait, par conséquent, un indice d'iode des acides liquides sensiblement normal. Mais la proportion d'acides liquides de cette graisse était notablement supérieure à celle des saindoux (74 au lieu de 69,5).

LA RECHERCHE DE L'HUILE DE COTON

L'huile de coton, en raison de son prix peu élevé et de sa neutralité de goût, est très fréquemment employée pour la falsification des matières grasses, et sa recherche a été longtemps incertaine.

A l'origine, on l'effectuait suivant les indications du professeur Becchi, en faisant réagir le nitrate d'argent sur les corps gras en présence d'alcool.

Dès 1889, MM. Bishop et Ingé (1) signalèrent que l'huile de coton ancienne

(1) Bishop et Ingé, *Journal de Pharmacie et de Chimie*, 1889.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

était sans action sur le nitrate d'argent, tandis qu'au contraire le saindoux pur, âgé, peut fournir, avec ce réactif, une coloration brune.

M. Millau indiqua alors qu'il était nécessaire, pour augmenter la valeur de la réaction, d'opérer, non pas sur le corps gras lui-même, mais sur les acides gras hydratés, tels qu'ils se produisent au moment de la désaponification. En appliquant cette réaction à l'huile de coton, j'ai constaté un certain nombre de faits (1), savoir :

1° Le produit brun qui prend naissance par l'action du nitrate d'argent sur l'huile de coton récente est soluble dans l'éther;

2° Les acides gras de l'huile de coton, lavés à l'eau, n'ont plus d'action sur l'azotate d'argent (2).

Les indications fournies par ce réactif sont contestables, attendu que, comme l'a montré M. Charabot, d'autres matières grasses, telles que l'huile d'olive, renferment, comme l'huile de coton, une matière sulfurée qui noircit l'azotate d'argent. Ajoutons, en outre, que la recherche de l'huile de coton par ce procédé ne pouvait être effectuée sur les huiles siccatives, même en employant la modification très compliquée proposée par MM. Tornielli et Ruggieri.

Il n'en est pas de même du procédé que nous avons proposé; il est fondé sur l'observation que nous avons faite en étudiant la séparation des acides solides et liquides par les sels de zinc, qu'on obtenait, par évaporation de la solution sulfocarbonique des sels de zinc des acides liquides de l'huile de coton, un résidu coloré en rouge, et que ce phénomène ne se produit avec aucune des autres matières grasses, mais qu'il est constant pour l'huile de coton.

Toutefois, la coloration ainsi obtenue n'était pas assez accentuée pour permettre la recherche de l'huile de coton dans les mélanges qui en renferment peu. Nous entreprîmes alors de modifier le mode opératoire afin d'en accroître à la fois et la simplicité et la sensibilité (3).

On constata tout d'abord que l'oxyde de zinc ne joue aucun rôle dans la réaction, et que le sulfure de carbone seul suffit à la déterminer en agissant sur *l'huile elle-même*. C'est ainsi qu'une solution sulfocarbonique d'huile de coton se colore facilement en rose au bout d'un temps variable mais toujours long. Cette coloration est peu intense, et son développement si lent qu'on ne saurait l'appliquer utilement dans l'analyse.

L'action de la chaleur favorise la réaction qui continue à se développer par

(1) Halphen, Congrès international de chimie de 1889.

(2) Dans un récent travail (*Bulletin de la Société chimique*, 1899), M. Charabot a confirmé, sans les connaître, mes observations, et montré que l'action de l'huile de coton sur le nitrate d'argent est due à une double cause : d'une part, l'huile sulfurée fournit un produit brun, et, d'autre part, il existe un acide gras dont le sel d'argent est brun.

(3) Halphen, *Journal de Pharmacie et de Chimie*, novembre 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

repos et refroidissement, sans toutefois acquérir facilement son maximum d'intensité. Il est vrai qu'en chauffant, on détermine le départ du sulfure de carbone qui n'agit, par conséquent, que pendant un temps relativement court, mais même en opérant au réfrigérant ascendant, on n'obtient pas rapidement la coloration.

On a cherché à augmenter la durée de contact de l'huile et du sulfure de carbone en ajoutant de l'alcool amylique qui jouit de la double propriété de dissoudre à la fois l'huile à essayer et le sulfure de carbone, tout en possédant un point d'ébullition intermédiaire entre ceux de ces deux liquides, et l'expérience a montré qu'en agissant ainsi, on accélérait d'une façon très notable l'apparition du phénomène.

On a pensé que le principe actif pouvait être le soufre, et on a fait agir ce corps soit en nature, soit en présence de l'alcool amylique sur l'huile de coton, mais aucune coloration ne s'est produite; par contre, on a reconnu que la présence du soufre libre dans le sulfure de carbone augmentait l'intensité de la réaction, et l'on a été ainsi conduit à faire agir sur l'huile un mélange d'alcool amylique et de sulfure de carbone renfermant du soufre libre.

La coloration rouge qui prend naissance n'est pas également intense avec les différentes huiles de coton, mais elle est toujours assez nette pour permettre de reconnaître des quantités d'huile de coton inférieures à 5 p. 100 dans un mélange d'huiles naturellement peu colorées par elles-mêmes.

Avec les matières grasses naturellement colorées en vert ou en jaune foncé, la réaction se produit également et avec la même intensité, mais elle est moins frappante parce que, suivant le cas, elle se trouve diluée dans le jaune ou le vert, mais, même avec ces produits, la coloration devient évidente lorsque l'on compare la teinte de l'huile traitée au sulfure de carbone à celle qu'elle avait primitivement; même pour une addition ne dépassant pas 5 p. 100, la caractérisation est nette.

PRATIQUE DE L'ESSAI

On introduit dans un tube à essais volumes égaux de l'huile à essayer, d'alcool amylique et de sulfure de carbone contenant 1 p. 100 de soufre en dissolution. Il est commode de prendre de 1 à 3 centimètres cubes de chaque réactif. On plonge ce tube dans l'eau salée (1) bouillante, de façon qu'il émerge de la moitié ou des deux tiers, et l'on abandonne quinze minutes. Au bout de ce temps, on observe la coloration produite : si elle est rouge, la présence de l'huile de coton est démontrée; dans le cas contraire, on rajoute environ autant de sulfure de carbone soufré que précédemment et l'on chauffe encore quinze minutes au bain-marie salé. Si l'essai est négatif, on fait une troisième addition de sulfure

(1) La réaction peut être obtenue au bain-marie ordinaire, mais elle est plus lente à se produire.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de carbone soufré et on chauffe encore quinze minutes au bain d'eau salée. L'absence de coloration témoigne de l'absence d'huile de coton.

Afin de pouvoir effectuer plusieurs essais à la fois, nous employons, pour maintenir les tubes dans l'eau salée, deux agitateurs *aa*) entourés chacun d'un caoutchouc épais, à vide *c*; entre ces deux agitateurs placés horizontalement (fig. 1), on dispose verticalement les tubes à chauffer, puis on relie les extrémités des agitateurs au moyen de deux petits bracelets de caoutchouc, *bb*). Si les tubes à essais sont de même calibre, l'ensemble est fixe, et il suffit de l'enlever par les extrémités pour le porter sur le bain-marie.

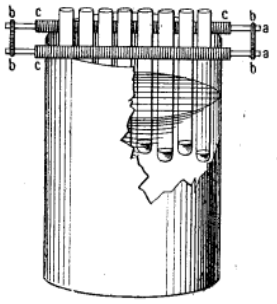


Fig. 1.

Les tableaux suivants, qui résument nos expériences, montrent que ce procédé de recherche est d'une application générale aussi bien pour les matières grasses solides que pour les huiles.

Tableau des Réactions fournies par quelques mélanges.

NATURE DU MÉLANGE.	COLORATION INITIALE.	COLORATION FINALE.
I. 95 Huile d'olive italienne. 5 Huile de coton démargarinée.	Jaune doré.	Orangée.
II. 95 Huile d'olive verte à brûler. 5 Huile de coton brute.	Verte.	Orangée tirant sur le brun.
III. 95 Huile de lard. 5 Huile de coton démargarinée.	A peine jaune.	Rose.
IV. 95 Saindoux. 5 Huile de coton comestible.	Blanche.	Orangée manifeste mais faible.
V. 80 Huile d'olive comestible. 20 Huile de coton comestible, blanche.	A peine jaune.	Rouge vif et brillant.
VI. 95 Huile de lin. 5 Huile de coton brute.	Jaune.	Orangée manifeste.
VII. 95 Huile de sésame de Jaffa. 5 Huile de coton comestible.	Jaune.	Légèrement orangée.
VIII. 90 Huile de pieds de bœuf. 10 Huile de coton démargarinée.	Jaune.	Rouge orangée.
IX. 85 Huile de cheval. 15 Huile de coton brute.	Jaune brun.	Rouge.
X. 95 Beurre de cacao. 5 Huile de coton comestible.	Jaunâtre.	Orangée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Tableau des Réactions fournies par les huiles pures.

NATURE DE L'HUILE.		COLORATION INITIALE.	COLORATION APRÈS L'ESSAI.
Huile de coton.	non comestible, rance.	Jaune d'or.	Rouge foncé et vif.
	démargarinée reçue en 1895(1).	Id.	Rouge.
	non démargarinée (2).	Jaune d'or pâle.	Rouge foncé et vif.
	blanche pr graisses aliment. (3).	Blanche.	Rouge.
	brute.	Jaune foncé.	Rouge foncé et vif.
	ancienne incolore.	Blanche.	Rouge orangé.
	12 types américains.	Variables; jaunes plus ou moins foncés.	Rouge foncé et vif.
Huile de sésame.	blanche pr graisses aliment.	Blanche à peine jaune.	A peine jaunâtre.
	de Bombay, 2e pression.	Jaune pâle.	Faiblement jaune.
Huile d'arachides	blanche pr graisses aliment.	Blanche.	A peine jaunâtre.
	sans indications.	Faiblement jaune.	Faiblement jaune.
Huile de colza.	sans indications.	Jaune d'or.	Jaune d'or.
	indigène.	Jaune foncé.	Jaune d'or foncé.
Huile d'olive.	de Tunisie.	Jaune d'or pâle.	Jaune d'or pâle.
	sans indications.	Légèrement jaune.	Légèrement jaune.
	épurée d'Italie.	Jaune pâle.	Jaune pâle.
	verte, à brûler, non filtrée.	Vert jaune.	Jaune vert.
	de Kabylie.	Jaune.	Jaune.
Huile d'œillette.	sans indications.	Jaune pâle.	Jaune pâle.
	sans indications.	Jaune d'or.	Jaune d'or pâle.
Huile de noix.	Sans indications.	Jaune brun.	Jaune brun sans rouge.
Huile de palme.	»	Jaune brunâtre.	Jaune brunâtre.
Huile de chènevis.	»	Verte.	Verte.
Huile de lin.	»	Jaune d'or.	Jaune d'or pâle.
Huile de foie de morue.	»	Jaune brun.	Jaune brun.
Huile de mouton.	»	A peine jaunâtre.	A peine jaunâtre.
Huile de cheval.	»	Brune.	Brune.
Huile de saindoux.	»	A peine jaune.	A peine jaune.
Huile de pieds de bœuf.	»	Légèrement jaune.	Légèrement jaune.
Huile de ricin.	»	Jaune pâle.	Jaune pâle.
Saindoux.	français et américains.	De blanc à blanc jaunâtre.	De blanc jaunâtre à jaunâtre.
Huile de bois (4).	Remise par M. Capet.	Jaune.	Jaune.

(1) 2 échantillons, l'un inconnu, l'autre préparé en Amérique.
(2) 2 échantillons, l'un traité en France, l'autre en Amérique.
(3) 2 échantillons, l'un inconnu, l'autre traité en Amérique.
(4) Huile incomplètement soluble dans son volume d'alcool amylique. Si cette propriété se vérifiait sur d'autres échantillons, elle serait caractéristique de l'huile de bois.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La valeur de cette réaction a été reconnue aussi bien en France qu'à l'étranger; citons notamment parmi les auteurs étangers :

Kiamili Mashar (*Journal de Pharmacie et de Chimie*, 15 septembre 1898, p. 214);

Raikow et Tcherweniwanow (*Chem. Zeitung*, 6 décembre 1899) et *Moniteur scientifique* du Dr Quesneville, 1900, p. 240;

Solstein (*The Journal of the Society of Chemical Industrie*, 30 décembre 1899).

Van Ketel (*Hebdomadaire pharmaceutique*, 1899) et *Moniteur scientifique* du Dr Quesneville, 1900, p. 154;

Wauters (*Bulletin Association belge des Chimistes*, octobre 1899, et *Annales de Chimie analytique*, 1900, p. 29.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS MÉCANIQUES

RAPPORT fait par **M. A. Brüll,** au nom du *Comité des Arts mécaniques*, sur la chaudière mixte, système SOLIGNAC, présentée par MM. SOLIGNAC, GRILLE et Cie, rue de la Victoire, n° 67, à Paris.

Dans votre séance du 8 décembre 1899, M. Solignac vous a exposé ses travaux sur la circulation de l'eau et de la vapeur dans les chaudières tubuleuses ou aquitubulaires, et il a décrit le type de générateur de vapeur qu'il a combiné à la suite de ses recherches.

M. Solignac a désigné son générateur sous le nom de *chaudière mixte*, parce qu'il comporte, en dehors du faisceau tubulaire, un réservoir d'eau et de vapeur d'assez grande capacité. Il estime que sa chaudière joint aux avantages de la rapide vaporisation, que présentent les générateurs presque entièrement formés de tubes, ceux d'un important volant de chaleur, qui caractérisent les chaudières à bouilleurs.

Les expériences de divers ingénieurs sur la circulation de l'eau dans les chaudières tubuleuses sont connues de la Société d'Encouragement, qui en a publié un certain nombre dans son *Bulletin* de 1896. Un historique des chaudières à tubes d'eau se trouve dans le *Bulletin* de novembre 1897, et de nombreux types de générateurs de cette catégorie ont été décrits depuis 1895 dans notre publication.

Le principe sur lequel M. Solignac a basé la combinaison de sa chaudière est le suivant : n'introduire par unité de temps, dans les tubes vaporisateurs, qu'à peu près la quantité d'eau qu'ils peuvent vaporiser dans cette même unité de temps.

La chaudière, dont la figure p. 713 donne le schéma, se compose de deux parties principales :

La première est un cylindre A, dans lequel se fait l'alimentation en J, et qui reçoit la vapeur produite dans les tubes *a*. C'est sur ce cylindre que sont disposés tous les appareils de sûreté et de prise de vapeur.

La seconde est formée d'éléments verticaux, dont chacun se compose d'une boîte N, placée au-dessous du cylindre, et d'un faisceau de tubes *a*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

courbés en U et couchés. La branche inférieure est légèrement inclinée et se relève en allant de la boîte vers l'autel; la branche supérieure est horizontale. Le faisceau se compose de plusieurs rangées de tubes placés en chi-

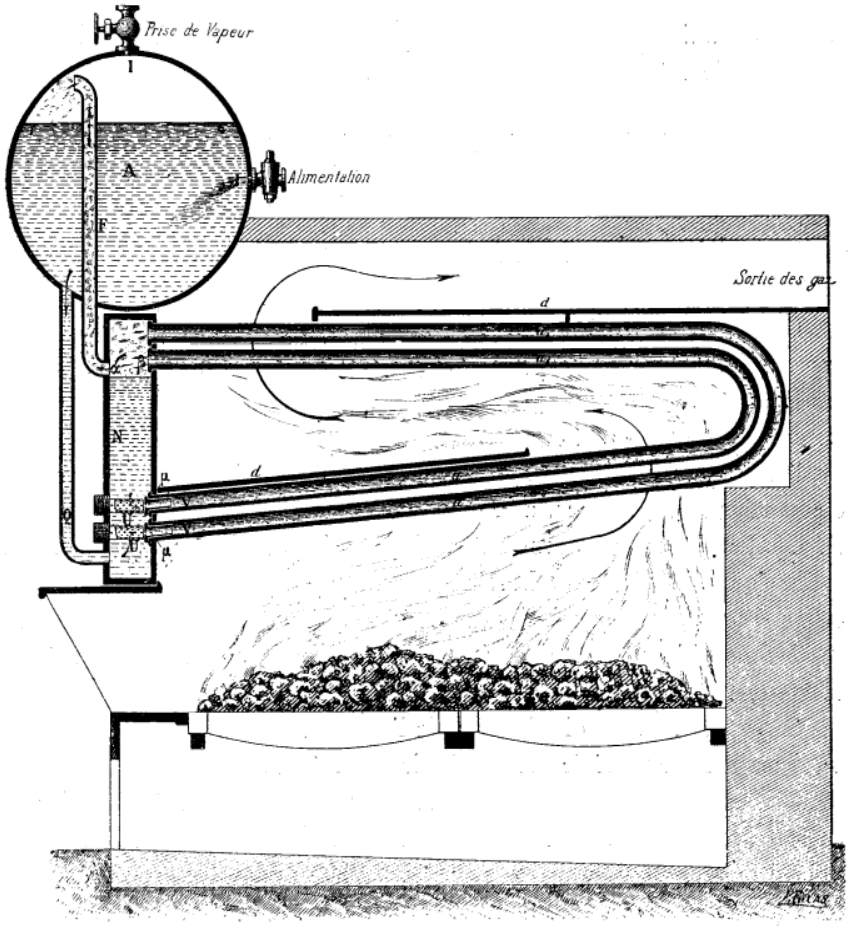


Fig. 1.

cane et assez près l'un de l'autre. Le diamètre extérieur de ces tubes est de 25 millimètres. Les deux branches du même tube sont dans un plan vertical.

Tous ces faisceaux tubulaires juxtaposés sont exposés aux flammes. Deux chicanes en tôle *d* forcent celles-ci à s'élever par l'arrière pour s'incurver vers l'avant et enfin, évacuer les gaz de la combustion à l'arrière après avoir parcouru toute la hauteur occupée par les tubes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'eau contenue dans le cylindre supérieur y séjourne assez longtemps pour déposer ses sels. Elle est fournie au bas des boîtes à tubes par des tuyaux Q qui descendent sur la façade du générateur; l'eau, comme on le voit sur la figure, entre dans la branche inférieure de chaque tube par un trou de 6 millimètres de diamètre, percé au fond d'une douille en laiton μ. Cette douille est posée à frottement doux dans le tube, à son emmanchement.

C'est cette douille qui est la caractéristique de la chaudière Solignac. Elle a pour but de ne délivrer au tube qu'à peu près ce qu'il peut vaporiser et de constituer une résistance à l'écoulement de la vapeur. Celle-ci est ainsi obligée de s'écouler par la branche supérieure du tube. D'après cela, la chaudière se classe dans le groupe des générateurs à circulation limitée.

Le niveau de l'eau dans les boîtes se tient au-dessous de la branche supérieure des tubes en U. La vapeur s'élève dans des tuyaux verticaux F, posés au-devant de la boîte et traversant le bas du cylindre pour déboucher au-dessus du plan d'eau.

Des bouchons sont vissés dans la face avant des boîtes au droit de chaque emmanchement des tubes, afin de permettre le nettoyage intérieur de ceux-ci. Les bouchons inférieurs sont prolongés dans la boîte par une crépine cylindrique U qui forme butoir pour les douilles perforées, au cas où celles-ci tendraient à sortir des tubes. Cette crépine arrêterait aussi les corps solides qui pourraient flotter dans l'eau et venir se coincer entre la douille et le tube.

Grâce au mode de distribution de l'eau dans les tubes, la puissance de vaporisation par unité de surface de chauffe est élevée.

Plusieurs générateurs du système Solignac sont en service à Paris; un, entre autres, est installé et en marche dans la station électrique du faubourg Saint-Denis, n° 183, appartenant à la Société anonyme d'éclairage et de force par l'électricité.

Cette chaudière, que votre rapporteur a visitée, a une surface de chauffe de 35 mètres carrés et une surface de grille de $3^{m^2},20$; elle est timbrée à 12 kilogrammes.

Nous avons vu les boîtes à tubes ouvertes après cent quatre-vingts heures environ de fonctionnement; les tubes n'étaient pas entartrés; on ne voyait qu'un peu de boue auprès des douilles de distribution d'eau, sans que le jeu de ces organes en soit contrarié. Les douilles ont été simplement lavées et remises en place.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le directeur de l'usine estime que la chaudière Solignac produit couramment, avec tirage naturel, environ 40 kilogrammes de vapeur par mètre carré de surface de chauffe, soit à peu près le double de ce que produisent la plupart des générateurs multitubulaires.

Installée depuis plus de trois ans, la chaudière n'a donné lieu à aucune difficulté de conduite ni d'entretien ; elle n'a eu aucune avarie et toutes ses parties sont en bon état de service.

Ce générateur a fait l'objet, le 9 janvier 1896, d'un essai fait par l'Association parisienne des propriétaires d'appareils à vapeur. La durée de cet essai a été de sept heures. La température de l'eau d'alimentation Ourcq a été de 35° durant quatre heures et de 55° pendant trois heures ; le charbon consommé était de la briquette d'Anzin à 3,2 p. 100 de cendres et 16,8 p. 100 de matières volatiles. Pendant la durée de l'essai, la pression moyenne a été de $10^{kg},50$. Dans ces conditions, la vaporisation a été de $56^{kg},42$ par mètre carré de surface de chauffe pour une consommation de $71^{kg},42$ de charbon par mètre carré de grille et par heure, correspondant à $8^{kg},64$ d'eau vaporisée par kilogramme de charbon.

L'emplacement occupé par la chaudière dont il vient d'être parlé est de $3^{m},25$ de longueur et $2^{m},25$ de largeur. La hauteur est de $3^{m},10$.

Comme on le voit, le générateur Solignac est peu encombrant ; son poids est peu élevé ; le nettoyage est facile ainsi que le remplacement des tubes, quand il en est besoin. Ce sont des conditions qui, dans des cas spéciaux comme la navigation par exemple, sont hautement appréciés.

Ce système de chaudière se prête bien à l'emploi du tirage forcé. Dans des essais faits le 6 mai 1897 par l'Association des propriétaires d'appareils à vapeur dans les ateliers de M. Brulé, avec emploi d'un appareil Meldrum donnant une dépression de 10 millimètres d'eau dans la cheminée et de 25 millimètres sous la grille, la vaporisation a atteint 88 kilogrammes par mètre carré de surface de chauffe et par heure avec une consommation de 150 kilogrammes de briquettes d'Anzin par mètre carré de grille. Dans cet essai, il a été vaporisé 7 kilogrammes d'eau par kilogramme de charbon.

MM. Solignac, Grille et C^ie^ ont combiné des types spéciaux pour la marine et aussi pour chaudières transportables où il est prévu deux groupes de faisceaux tubulaires avec boîtes sur les deux faces de la chaudière. Ils ont des chances de réussir à placer des chaudières de ce genre sur les bateaux et dans les colonies, où leur grande puissance, avec un encombrement restreint et un poids très réduit, sera certainement appréciée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nous avons l'honneur de vous proposer de remercier de leur intéressante communication MM. Solignac, Grille et Cie et d'autoriser la publication du présent rapport dans le *Bulletin*.

Signé : Brüll, *rapporteur*.

Lu et approuvé en séance, le 11 mai 1900.

Rapport fait par **M. A. Brüll**, au nom du *Comité des Arts mécaniques*, sur l'ouvrage de M. A.-H. Courtois, ingénieur, intitulé : *Essai sur les pompes centrifuges. Recherches expérimentales.*

M. A.-H. Courtois a présenté à la Société un Essai sur les pompes centrifuges qu'il a publié chez Vve Ch. Dunod, éditeur à Paris.

Il expose, dans son préambule, que, dès 1839, l'ingénieur en chef des mines Combes, à propos des ventilateurs d'aérage, analysa le premier les phénomènes hydrodynamiques du mouvement que prend un fluide dans un tambour à ailettes tournant autour de son axe.

Il trouve que la plupart des auteurs de tous les pays ont accepté, à quelques variantes près, la méthode de mise en équation et la théorie proposées par Combes, et il fait remarquer que les formules auxquelles conduit cette théorie sont, pour la plupart, en contradiction avec les données expérimentales. Il ajoute que la question a été partout l'objet de nombreuses études et que les auteurs de ces travaux ne sont pas toujours précisément d'accord entre eux. Il est même quelquefois fort dur pour certains de ces auteurs qu'il va jusqu'à accuser de colossales énormités.

Les travaux de l'école de Combes sont ensuite sommairement exposés et critiqués en même temps sur quelques points principaux.

Il conviendra peut-être de rappeler ici en substance l'œuvre (1) de l'ingénieur en chef Combes, devenu depuis Inspecteur général des mines, directeur de l'École des mines, membre de l'Institut, et dont l'autorité scientifique est partout reconnue.

(1) Voir *Annales des mines*, 2e 1837, 1er et 2e 1839, 2e 1840.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Un premier mémoire est consacré au mouvement de l'air dans les tuyaux de conduite et, spécialement, dans les cheminées obliques ou dans les puits verticaux d'aérage des mines.

Après avoir rappelé l'équation de Navier qui donne le débit de l'air sortant d'un gazomètre à pression constante, le savant ingénieur détermine les lois du mouvement de l'air dans une conduite de section uniforme qui s'embranche sur un réservoir à pression constante et dont l'axe a une inclinaison constante sur l'horizon.

Il examine ensuite le cas où la température de l'air, dans le parcours de la conduite, s'élève progressivement par l'effet d'un foyer.

Dans un deuxième mémoire, Combes applique les résultats de son premier travail à l'aérage des travaux des mines. Il arrive à une expression fort simple du rapport entre le travail moteur et la quantité de chaleur dépensée pour obtenir des courants d'air d'égale force avec une machine soufflante ou par l'effet d'un foyer.

Il prouve ainsi l'infériorité économique des foyers d'aérage par rapport aux machines soufflantes.

Le mémoire se termine par l'annonce d'un nouveau travail sur la distribution intérieure de l'air dans les mines et sur la construction des machines qui peuvent être substituées aux foyers.

Cette importante étude a paru, en effet, dix-huit mois après la première, dans les *Annales des mines*, sous le titre de : *Aérage des mines*. L'auteur, après avoir fait ressortir l'importance du sujet et l'insuffisance des connaissances acquises, expose qu'il a été autorisé, sur sa demande, à visiter les principales mines de houille de Belgique et du département du Nord, et qu'il a été invité à rédiger sur ce sujet une instruction pratique. Mais il a reconnu que la simple indication des procédés divers pratiqués dans les mines ne suffirait nullement et qu'il fallait donner aux mineurs une analyse succincte des notions générales de physique et de mécanique d'après lesquelles doit se développer l'aérage. C'est dans le troisième chapitre de « l'Aérage des mines » que se trouve la théorie du ventilateur à force centrifuge et la comparaison de cet appareil avec les machines aspirantes à pistons.

L'une des installations les plus importantes que l'auteur ait visitées est celle de la mine de houille de l'Espérance, près de Seraing. On y voyait une machine aspirante à pistons actionnée par une machine à vapeur de 25 chevaux. Le volume aspiré était de 8 mètres cubes par seconde ; la dépression

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

était de 76,75 millimètres d'eau distillée à 16°. La vitesse de l'air dans le puits était de 2,628 mètres. Le rendement ne dépassait pas 1/3.

Le rendement était encore inférieur et égal seulement à 1/5 dans les machines aspirantes à pistons du Sacré-Madame et de Monceau-Fontaine, près de Charleroi.

Combes conclut de ces constatations que les machines à pistons, même bien construites, ne conviennent pas à l'aérage des mines.

Il ajoute que le ventilateur à force centrifuge, généralement à ailes droites radiales, a été fréquemment employé pour aérer des lieux d'habitation, des salles de réunion, des hôpitaux, etc. En Allemagne, on s'en sert aussi très souvent pour aérer des mines ou plutôt des bouts de galerie d'une longueur médiocre. Ce ventilateur est tantôt soufflant, tantôt aspirant. Il présente l'avantage de déplacer de grandes masses d'air en les comprimant fort peu, mais il garde l'inconvénient d'imprimer à l'air une grande vitesse tout à fait inutile; d'ailleurs, l'air, à son entrée dans la machine, est frappé par les ailes, ce qui donne lieu à une résistance considérable.

Et Combes se propose de combiner un ventilateur qui échappe, aussi bien que possible, à ces inconvénients. Les frais d'établissement et d'entretien seront beaucoup moindres que ceux des machines à pistons, et le nouvel appareil réunira toutes les conditions voulues pour une machine d'aérage.

La description du ventilateur, pour lequel un brevet d'invention avait été pris le 2 mai 1838, est donnée en détail avec les figures nécessaires. Puis, l'auteur procède à l'étude physique et mathématique de la mise en mouvement de l'air par un tambour rotatif à ailes courbes et propose, en conclusion, quatre équations, entre les diverses quantités connues et inconnues qui entrent dans le problème.

Enfin, appliquant cette théorie à l'étude d'un ventilateur aspirant à force centrifuge destiné à produire les mêmes effets que la machine aspirante à pistons de l'Espérance, il détermine numériquement les diverses dimensions et conditions de fonctionnement.

Mais, à l'époque même où Combes publiait son mémoire sur l'aérage des mines l'Académie des Sciences et Belles-Lettres de Bruxelles avait, dans son programme pour le concours de 1840, proposé la question suivante : Rechercher et discuter les moyens de soustraire les travaux d'exploitation des mines de houille aux chances d'explosion.

Quatorze mémoires furent présentés au concours. L'Académie, en raison

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de la publication des travaux de Combes, s'abstint de décerner le prix proposé; mais elle récompensa cinq des mémoires concurrents et en ordonna l'impression ainsi que celle du rapport sur le concours.

Or ces travaux apportaient des faits nouveaux, proposaient des moyens divers pour aérer les travaux des mines. Combes entreprit donc de publier une addition à son traité de l'aérage, de défendre certaines de ses opinions contre les critiques dont elles avaient été l'objet, de compléter et même de rectifier certaines autres.

C'est dans ce mémoire de 1840 qu'il faut chercher le type et la théorie du ventilateur Combes.

Une première équation, tirée de la règle de Torricelli, détermine la vitesse absolue d'entrée de l'air dans les aubes de la roue en fonction des hauteurs des colonnes d'air, supposées incompressibles, qui mesurent les pressions dans la mine et à l'entrée des aubes. Comme la compression que l'air éprouve par le jeu de la machine est une très petite fraction de la pression extérieure, on assimile le mouvement de l'air à celui d'un liquide et on fait abstraction des faibles variations de densité qui accompagnent les variations de pression. Par contre, on tient compte, à l'aide d'un coefficient approprié, de la contraction que subit la veine d'air en pénétrant dans les aubes assimilées à des ajutages. Cette correction importante ne figurait pas dans le mémoire primitif.

Une seconde équation est établie entre la vitesse angulaire de rotation, les rayons intérieur et extérieur du tambour et les pressions à l'entrée et à la sortie des aubes. Cette équation explique l'influence du mouvement de rotation sur la circulation de l'air dans les aubes.

Dans le mémoire primitif, le frottement de l'air dans ces canaux a été négligé pour éviter une trop grande complication du calcul; mais ce frottement est considérable et exerce sur l'effet de la machine une influence marquée. Cette considération n'avait pas échappé à l'auteur qui produisait même un calcul numérique montrant que la hauteur génératrice perdue par cette cause atteignait les sept dixièmes (1) de la hauteur utile; elle l'avait conduit à écourter huit ailes sur douze dans le tambour mobile et aussi à supprimer la plus grande partie des cloisons directrices tracées dans l'ouïe du ventilateur.

Dans le supplément au Traité d'aérage, on a introduit dans la seconde équation l'effet de ces frottements de l'air dans les aubes.

(1) Voir : erratum et note additionnelle au mémoire sur l'aérage des mines 1839, tome 2, p. 252.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le nombre des ailes a été réduit de douze à six, leur courbure, et, par suite, leur développement ont été diminués; les aires des orifices d'entrée et de sortie des aubes, ont été rendues presque égales, de sorte que la vitesse relative de l'air dans les aubes reste sensiblement constante.

L'équation [3] écrit que la vitesse absolue d'entrée de l'air dans les aubes est dirigée suivant la résultante de la vitesse de rotation et de la vitesse relative de l'air par rapport à l'aile, laquelle doit être tangente à celle-ci à son origine.

Cette condition peut seule autoriser l'hypothèse de la constance de la pression dans le parcours de l'aube. Elle est nécessaire pour que l'air ne frappe pas inutilement les ailes en mouvement.

Enfin, la quatrième et dernière équation traduit la condition de permanence du mouvement de l'air : les masses et, puisqu'on néglige les variations de densité, les volumes d'air qui entrent dans les aubes et qui sortent de celles-ci sont égales, d'où une relation entre les vitesses relatives à l'entrée et à la sortie, et les aires de passage comptées normalement à ces vitesses.

Ces quatre équations, soumises à des calculs algébriques dans le détail desquels nous ne pouvons entrer, montrent que la vitesse relative de l'air à sa sortie des ailes doit, pour l'économie de force motrice, être dirigée en sens inverse de la vitesse de rotation, et égaler celle-ci en grosseur autant que possible.

Pour remplir la première condition, les ailes sont tangentes à la circonférence extérieure du tambour; la seconde avait conduit Combes à choisir avec soin l'angle que faisaient avec la circonférence intérieure du tambour les directrices fixes, qu'il a été conduit ensuite à abandonner.

Mais ces quatre équations spéciales ne permettent naturellement pas de déterminer toutes les inconnues du problème, c'est-à-dire toutes les formes et dimensions des organes, et toutes les conditions du fonctionnement de l'appareil, les seules données étant, comme il a été dit, le débit et la dépression. Autrement dit, le problème posé est indéterminé, comme le sont d'ailleurs forcément tant d'autres problèmes de mécanique. L'auteur le reconnaît expressément dans son mémoire de 1839, tout en s'attachant à donner des moyens de choisir raisonnablement les valeurs des éléments non déterminables. Dans le mémoire additionnel, il montre que lorsqu'on connaît toutes les dimensions du ventilateur, et lorsqu'on se pose la condition d'une vitesse nulle à la sortie de l'air, toutes les conditions du fonctionnement

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

peuvent se tirer des quatre équations générales, et en particulier le débit.

Mais la valeur trouvée pour celui-ci doit être réelle. Or les calculs numériques présentés dans le mémoire additionnel sur le ventilateur proposé dans le mémoire primitif fournissent une valeur imaginaire.

Il en résulte qu'il est impossible de réaliser avec ce premier type la double condition d'une entrée sans choc de l'air dans les aubes, et d'une vitesse de sortie nulle. Cela tient sans doute à ce qu'on n'avait pas fait état, dans l'établissement de ce type, du frottement de l'air dans les aubes. De là, dans le type définitif, la diminution de la longueur des ailes, la réduction de la différence entre les rayons intérieur et extérieur du tambour. On sacrifie ainsi la condition de la vitesse nulle à la sortie, vitesse qu'on peut d'ailleurs maintenir à une valeur faible; l'air peut entrer dans les aubes suivant une direction radiale, et les directrices, qui engendrent aussi des frottements, peuvent être supprimées.

C'est d'après ce type modifié que l'auteur étudie successivement, en détail, trois ventilateurs destinés à des usages divers, comportant de grandes différences dans les débits et dans les dépressions. Il trouve, pour tous trois, en laissant de côté les frottements des parties solides de la machine les unes contre les autres, un effet utile supérieur à 60 p. 100, qui dépasserait notablement celui des ventilateurs à ailes rectilignes.

La théorie du ventilateur qui résulta des travaux successifs de Combes fut universellement acceptée, en même temps que le type proposé servait de base à de nombreuses combinaisons de machines à force centrifuge. Nombre d'ingénieurs, de professeurs et de savants cherchèrent des formules soit pour pénétrer plus avant dans l'étude des phénomènes, soit pour interpréter le fonctionnement d'appareils nouveaux.

C'est à cet ensemble de travaux que s'en prend M. Courtois dans la première partie de son livre. Il ne critique pas tant l'exactitude des équations présentées que leur opportunité ou, si l'on veut, leur légitimité. Il reproche aux auteurs d'avoir introduit dans leurs équations telles variables plutôt que telles autres, d'avoir enfreint le théorème de Bernouilli, en prêtant au mouvement d'une colonne d'eau des propriétés qui ne conviendraient qu'à une molécule isolée; d'avoir spéculé à tort sur l'énergie cinétique communiquée au fluide par la rotation du tambour, et sur sa récupération par des diffusoirs. Il s'attache à montrer, de plus, que les conclusions de ces théories ne sont pas admissibles, et sont contredites par les faits. Pour certaines données, elles conduiraient à l'absurde.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il est certain que les tambours à ailes radiales (le Guibal est à peu près dans ce cas) débitent aussi bien que ceux à ailes courbes et que certains ventilateurs dont les ailes tournent avec leur concavité en avant comme, par exemple, celui de P. Ser, ceux de M. E.-D. Farcot et de M. l'ingénieur des mines Rateau, donnent de très bons résultats.

Par contre, on ne saurait proposer sérieusement, à des mineurs pourvus de ventilateurs Guibal, de sacrifier la cheminée évasée ou diffusoir de 8 à 10 mètres de hauteur; ils savent trop bien l'avantage économique qu'ils en retirent. Cette cheminée permet d'utiliser l'énorme force vive de l'air s'échappant à l'extrémité des ailes; elle augmente la pression en diminuant la vitesse; elle accroît le pouvoir déprimant et le rendement mécanique. Elle a été imitée d'une façon presque générale.

D'ailleurs, M. Courtois ne se serait peut-être pas montré aussi sévère pour certains travaux d'ordre à la fois scientifique et pratique qu'il ne mentionne pas et qui semblent cependant avoir donné satisfaction aux esprits les plus rigoureux. Citons, par exemple, ceux de Ser en 1878 (1), ceux de M. J. Farcot, notre ancien collègue du Comité de mécanique, en 1886, ceux plus récents de M. Rateau, membre de notre Société. Ce dernier, en se servant du théorème des moments des quantités de mouvement, et non plus du théorème des forces vives ou de celui des quantités de mouvement, a réussi à présenter une théorie lumineuse de toutes les machines à force centrifuge actionnant l'air ou l'eau ou actionnées par ces fluides (2).

Nous ne saurions conclure avec l'auteur que la théorie de l'école de Combes doive être rejetée. Cette théorie est juste et il ne semble pas que les critiques qui viennent d'être rapportées aient démontré l'inexactitude des quatre équations fondamentales posées par Combes en 1840.

Nous reconnaissons toutefois qu'elles laissent encore le problème à l'état d'indétermination, qu'elles doivent être maniées avec prudence, sans sortir des limites entre lesquelles on peut les appliquer et en s'assurant, dans chaque cas particulier, que les hypothèses sur lesquelles les calculs sont basés sont effectivement réalisées.

Il n'en reste pas moins à l'illustre ingénieur le mérite d'avoir, il y a soixante ans, porté le premier la lumière de l'analyse sur des phénomènes compliqués et délicats et d'avoir ainsi servi de guide à toute une pléiade de

(1) *Mémoires et compte rendu des travaux de la Société des ingénieurs civils.* Année 1878, page 629. Ce mémoire a reçu le prix Ronna (médaille d'or) en 1879.

(2) *Revue de mécanique*, 1897, pages 629 et 828.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

calculateurs et de chercheurs dont les travaux ont amené le développement et les progrès des divers appareils à force centrifuge.

La seconde partie de l'ouvrage est intitulée : Théorie dite « statique » des pompes centrifuges. Elle forme le développement d'une étude publiée par l'auteur en 1881 (1). C'est une théorie des machines centrifuges basée sur la détermination du niveau d'élévation statique qu'établit, pour chacun de ses nombres de tours, soit un tambour mobile de pompe refoulant dans un tuyau vertical indéfini, soit un tambour mobile de ventilateur soufflant en réservoir clos.

L'auteur considère un ensemble formé d'une pompe à force centrifuge à axe horizontal, d'une conduite d'aspiration inclinée et d'une conduite de refoulement verticale. Il énumère d'abord les diverses causes d'absorption d'énergie dans les nombreuses parties de l'appareil, en débit normal.

Il en trouve treize, et il pose sa première équation en écrivant que le travail total dépensé est égal à la somme de ces treize travaux.

Il évalue ensuite chacun de ces termes en fonction des variables dont il dépend. Ces évaluations sont, par la force des choses, quelquefois vagues et quelque peu arbitraires.

Substituant alors ces treize valeurs aux termes représentant les diverses pertes de travail, M. Courtois arrive à l'équation générale.

Or, sur les treize termes du second membre de cette équation, il y en a dix qui ont le débit comme facteur commun. Les quantités de travail qu'ils représentent sont la conséquence directe du fait même de l'élévation de l'eau. Elles s'annulent lorsque la pompe ne donne aucun débit.

Les trois autres termes qui se rapportent aux frottements des parties de l'appareil et aux frottements du tambour dans l'eau ont trait au mouvement même de la machine. Ils existent, soit que la pompe débite, soit que l'eau s'y maintienne seulement à un niveau fixe. M. Courtois admet, sans raisons suffisantes, croyons-nous, que ces trois quantités de travail resteront les mêmes dans les deux cas. On peut ainsi égaler le travail total à la somme de ces deux groupes, c'est-à-dire, au travail correspondant à l'élévation de l'eau et au travail des frottements de la machine.

En d'autres termes, l'auteur conclut que, pour que l'eau s'écoule au refoulement, il faut lui fournir un excès d'élévation égal à la hauteur génératrice d'évacuation, plus la somme des pertes de charge inhérentes à l'ac-

(1) Dunod, éditeur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

complissement du phénomène lui-même. Il faut donc, pour qu'il y ait débit, que la pompe ait une allure telle que, si la vanne de décharge était fermée, le niveau de l'eau s'élève dans le tuyau de refoulement prolongé verticalement à un niveau plus élevé, et se maintienne à ce niveau s'il n'y a pas écoulement.

M. Courtois arrive, par des considérations fort originales, à l'énoncé suivant qu'il représente comme fondamental :

« Quand un niveau d'élévation statique est établi par une pompe centrifuge, la vitesse circonférentielle extérieure de l'aubage de son tambour mobile est égale à la vitesse que la gravité imprimerait à un corps tombant de cette hauteur d'élévation. »

Parmi les différents points traités à l'abri de la théorie qui vient d'être exposée, on lira avec intérêt les considérations relatives au choix du nombre des ailes du tambour et à la limite de la vitesse circonférentielle à l'entrée de l'eau dans l'aubage, le calcul du rendement et la détermination de son maximum pour une hauteur d'élévation donnée.

La deuxième partie se termine par un tableau et un graphique donnant les résultats de l'application de la méthode à une pompe centrifuge déterminée pour différents nombres de tours variant de 541 à 765 par minute. L'auteur reconnaît, avec une entière bonne foi, que les résultats ainsi calculés ne concordent pas constamment avec les faits de la pratique.

Dans la troisième partie du livre se trouvent les recherches expérimentales. Elles ont été faites en 1883 au service des eaux de la Ville de Paris, quai d'Auteuil, sur une pompe de 400 millimètres, construite avec le concours de l'auteur par MM. Olry et Grandemange. Elles ont porté sur l'installation complète de la pompe avec conduite inclinée d'aspiration et conduite verticale de refoulement.

Nous nous permettrons de critiquer ce mode d'expérimentation. Toutes ces longueurs de tuyaux, tous ces coudes et étranglements, amènent des résistances au mouvement de l'eau qui sont, en réalité, simplement adventives et qui pouvaient être évitées. Il résulte, de plus, des explications de l'auteur que l'installation était fort mal montée, et présentait des vices nombreux de construction faciles à supprimer. Ces conditions n'étaient guère favorables à la recherche ou au contrôle des lois suivant lesquelles la rotation d'un tambour à force centrifuge produit l'élévation de l'eau, ce qui était proprement l'objet même de la recherche.

Il a été fait 11 essais : on déterminait à chaque fois la hauteur d'éléva-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tion, le nombre de tours, le débit et, à l'aide du frein de Prony, le travail moteur dépensé.

Dans l'un de ces essais, le nombre de tours a été ajusté de façon que la pompe ne débite plus que par intermittence et en très faible quantité. La hauteur à laquelle s'est ainsi maintenu sensiblement le niveau d'élévation statique a été de $6^m,52$; la hauteur d'élévation statique, calculée d'après la vitesse circonférentielle extérieure de l'aubage correspondant au nombre de tours constaté, aurait dû être, suivant l'énoncé fondamental ci-dessus, de $6^m,95$. Il y a là un écart de $0^m,43$ qui, malgré les explications essayées, ne peut être considéré comme une vérification satisfaisante de l'énoncé fondamental.

Les résultats des essais fournissent un grand nombre de calculs numériques. Prenant comme type l'un des essais, on calcule la hauteur statique d'élévation. Puis, on détermine les hauteurs d'eau correspondant à l'élévation utile et aux résistances qui l'accompagnent. Mais, parmi ces dix termes, il en est un, celui qui provient des difficultés de circulation de toutes sortes, tant à l'aspiration qu'au refoulement, aux vices de construction, qui ne peut être calculé. L'auteur évalue ce terme par différence.

Considérant ensuite successivement quelques-uns des autres essais, on transporte dans le calcul la hauteur totale représentative des pertes de charge, telle qu'elle a été déterminée à l'aide de l'expérience type et l'on rapproche la hauteur totale qui résulte du calcul de celle que fournit l'énoncé fondamental. On obtient deux nombres plus ou moins voisins, et l'auteur croit pouvoir dire, à l'aide des rapprochements obtenus par une voie aussi détournée, que sa théorie est suffisamment contrôlée par l'expérience.

Il était vraiment difficile d'espérer qu'un petit nombre d'épreuves dans lesquelles on n'a guère fait varier, et encore dans une faible mesure, que la vitesse de rotation sans changer ni l'aubage, ni aucune des deux parties de la hauteur d'élévation, pourraient donner beaucoup de lumière. Une équation à 14 termes, dont plusieurs n'ont pu être établis, en fonction des variables dont ils dépendent, qu'avec une assez grande incertitude, aurait voulu, pour sa vérification, un nombre énorme d'expériences minutieuses.

Et, cependant, ces expériences ont fait ressortir certaines observations d'un grand intérêt. Elles montrent, par exemple, l'influence prépondérante des résistances dues au mouvement dans l'eau des tambours à ailettes. Ces résistances absorbent jusqu'au quart du travail total dépensé. Elles montrent encore que, dans certaines conditions, il se produit une dépression

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans les joints entre les flancs du tambour et l'enveloppe de la pompe. Quelquefois, on constate, à l'aide d'un robinet d'épreuve, que l'air atmosphérique y est attiré; d'autres fois, au contraire, comme par exemple lorsqu'on étrangle le débit en obturant en partie l'orifice de refoulement, l'eau sort de ce joint à plein fouet par un robinet d'épreuve, au grand détriment du rendement.

Le plus haut rendement mécanique observé a été de 66, 5 p. 100. Le rendement volumétrique est généralement élevé et dépasse quelquefois l'unité.

La quatrième et dernière partie de l'ouvrage est consacrée à l'application des pompes centrifuges aux grandes hauteurs d'élévation. On conclut à la supériorité des pompes conjuguées sur une pompe unique et on cherche à déterminer le fractionnemeut le plus avantageux de la hauteur d'élévation.

On voit que l'ouvrage de M. Courtois est intéressant, tant par les expériences qu'il rapporte que par les vues théoriques qu'il expose. Si nous nous sommes permis, au cours de notre examen, certaines objections et l'expression de quelques doutes, il n'en est pas moins certain qu'on se trouve en présence d'une œuvre sincère, poursuivie depuis vingt ans avec énergie et avec ingéniosité. Il semble que, pour couronner cette œuvre, il faudrait une nouvelle série d'expériences dans lesquelles on s'attacherait à séparer le mieux possible, d'une part, l'aspiration et, d'autre part, le refoulement de l'eau, par un tambour rotatif, des phénomènes accessoires qui gênent pour en reconnaître les lois.

Sous la réserve de ces observations, nous avons l'honneur de vous proposer de remercier M. A.-H. Courtois de son intéressante communication et d'ordonner l'insertion du présent rapport au *Bulletin* de la Société.

Signé : A. Brüll, *Rapporteur.*

Lu et approuvé en séance le 11 mai 1900.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS MÉCANIQUES

RAPPORT présenté par **M. E. Sauvage,** au nom du *Comité des Arts mécaniques*, sur *une serrure de sûreté pour voitures de chemins de fer*, présentée par **M. Joly.**

M. Joly, contremaître aux chemins de fer de l'État, a présenté à la Société la description d'une serrure de sûreté pour les portières des véhi-

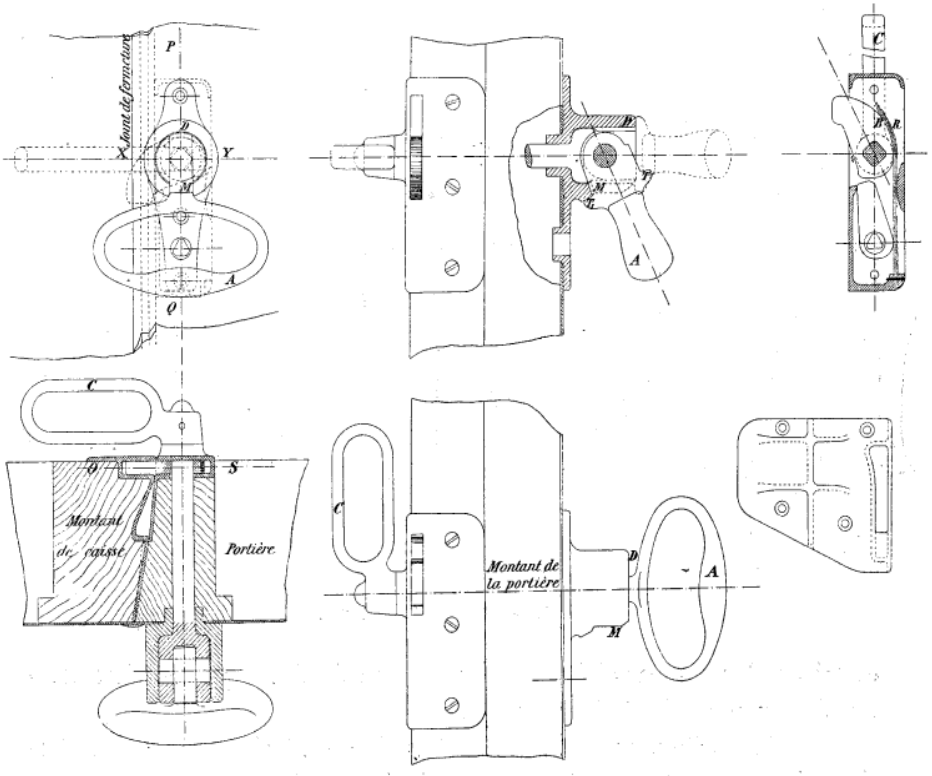


Fig. 1. — Serrure Jolly (1er type).

cules à voyageurs des chemins de fer. Sous sa première forme, la serrure de M. Joly peut se fermer de l'intérieur des compartiments, mais elle ne peut s'ouvrir qu'en agissant sur la poignée extérieure.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La disposition caractéristique de cette serrure (fig. 1) est la suivante : la poignée extérieure est un anneau A, articulé sur l'axe de la serrure. Dans la position de fermeture, cet anneau tombe par son poids dans un plan vertical : il s'engage alors dans une mortaise M, pratiquée entre deux butées T et T′, de sorte qu'il devient impossible de faire tourner l'axe sans dégager l'anneau, en le tirant à soi de l'extérieur. Quand la serrure n'est pas fermée, l'anneau

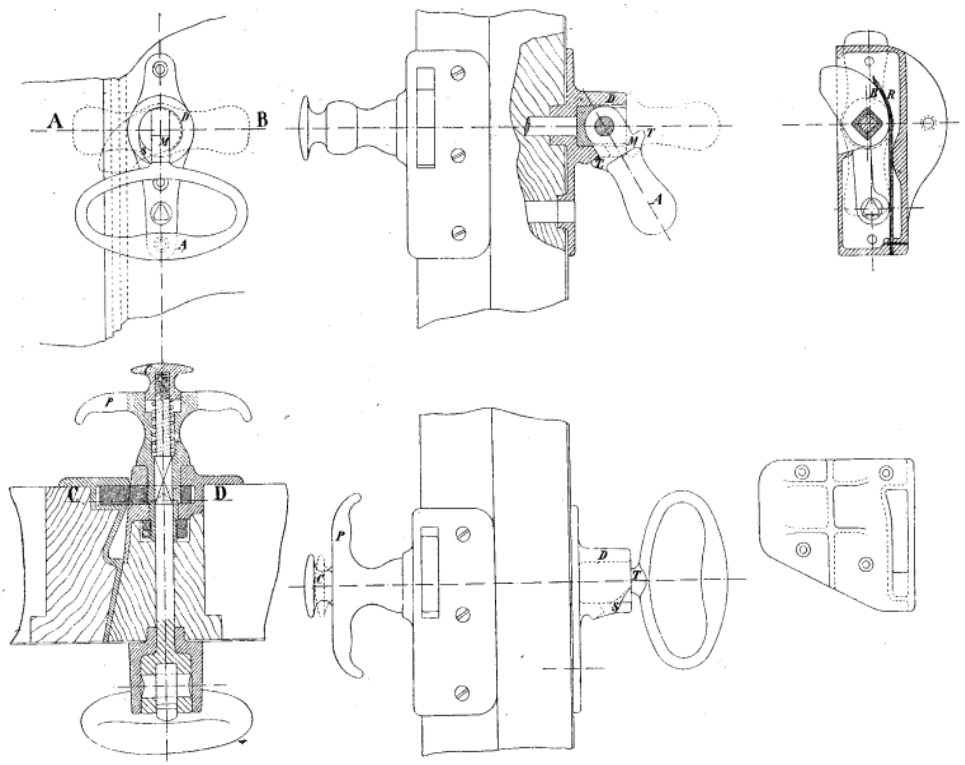


Fig. 2. — Serrure Joly (2e type).

extérieur n'oppose pas d'obstacle à la rotation de l'axe, qui peut être commandé par une poignée intérieure C.

Dans la position de fermeture, cette poignée intérieure C se place horizontalement en travers du montant de la baie de portière, suivant une disposition existant déjà dans certaines serrures (ainsi que le fait d'ailleurs remarquer M. Joly dans son mémoire) : cette poignée ainsi rabattue montre d'une façon très apparente que la serrure est fermée ; elle s'opposerait à l'ouverture de la portière en cas de rupture du pène.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En outre, dans la position d'ouverture, le pène B est maintenu un peu en saillie par un ressort R, de sorte qu'il s'engage de lui-même dans la gâche lorsqu'on ferme la portière: avant de pénétrer dans son logement définitif, il passe devant un cran de sûreté, où il maintient la portière entr'ouverte si elle n'est pas poussée à fond.

La serrure modifiée (fig. 2) porte, au centre de la poignée intérieure *p* un bouton *c*, qui permet de repousser l'axe portant l'anneau extérieur de manière à dégager cet anneau de la mortaise qui le cale : on peut alors faire tourner l'axe et ouvrir la serrure. Dans ce mouvement une rampe S oblige l'anneau à se redresser. Un ressort ramène en saillie le bouton intérieur quand la serrure est fermée.

Nous ne pensons pas devoir examiner si la première disposition offre en principe des avantages suffisants, quand on la compare à la disposition usuelle des portières, pour avoir chance d'être adoptée généralement : c'est une question de choix d'appareils et d'application que nous laissons de côté, nous limitant à l'examen des serrures telles qu'elles sont présentées.

On peut craindre que la manœuvre de ces serrures n'offre quelque difficulté pour les personnes qui n'en connaîtraient pas le maniement.

Il nous paraît toutefois intéressant de faire connaître les systèmes imaginés par M. Joly. C'est pourquoi notre Comité vous propose de le remercier de sa communication, et de publier dans le *Bulletin* le présent rapport avec les figures représentant les serrures.

Signé : E. Sauvage, *Rapporteur*.

Lu et approuvé en séance le 11 mai 1900.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

HYGIÈNE

Considérations sur les divers modes de traitement des ordures ménagères

par **M. Ach. Livache**, *membre du Conseil.*

La question du traitement des ordures ménagères est de première importance pour les grandes villes, et, à l'étranger, on a fait de nombreux essais en vue de les utiliser. A Paris, cependant, où la production des ordures ménagères ne s'élève pas à moins de 1 600 tonnes ou 2 000 mètres cubes par jour, on a continué à suivre les anciens errements, et à transporter la majeure partie de ces ordures, dans des tombereaux primitifs, sur les champs de la banlieue.

Cette manière de faire a, de tout temps, soulevé de nombreuses protestations, et, dans sa séance du 13 août 1900, le Conseil municipal de Paris a cherché à modifier cette situation en votant la mise en adjudication de la collecte et du transport aux usines de traitement, pour les ordures ménagères des dix premiers arrondissements, au moyen de tombereaux *étanches* et *couverts*. Il a également adopté la soumission présentée par la Société des Engrais complets pour le traitement par le broyage, pendant une période de dix ans, des ordures ménagères de ces dix arrondissements.

Par contre, le système de collecte dans Paris reste le même, et aucune solution n'est intervenue pour le mode de traitement des ordures ménagères des dix autres arrondissements.

Au point de vue du mode de collecte et d'évacuation à adopter, la Société d'Encouragement a récemment entendu une communication très intéressante de M. Vincey, professeur départemental d'agriculture, qui a étudié tout un système d'enlèvement et de transport des ordures ménagères. Ce système régularise la collecte et la transforme en un travail continu et d'une durée normale, qui s'effectuerait uniquement pendant la nuit; enfin, il accélère le transport dans Paris grâce à l'utilisation des voies de tramways, de manière à faire converger vers une dizaine de dépôts toutes les ordures ménagères de la ville. Il y a là une étude qui mérite d'appeler l'attention, bien que l'on puisse, *a priori*, prévoir de nombreuses difficultés d'application.

Mais la question reste entière au point de vue des avantages et des inconvénients des diverses méthodes de traitement des ordures ménagères que l'on peut

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ensuite se proposer d'appliquer en vue de donner satisfaction aux exigences de l'hygiène tout en obtenant la meilleure utilisation possible.

Laissera-t-on ces ordures ménagères dans des dépôts jusqu'au jour où l'occasion se présentera de les utiliser pour l'agriculture, leur fera-t-on subir un traitement sommaire pour faciliter leur transport, les soumettra-t-on à l'incinération ou à un traitement susceptible de conserver les matières utiles qu'elles renferment, sans qu'elles puissent produire aucune incommodité?

Ce sont ces diverses questions, qui n'intéressent pas seulement la ville de Paris, mais qui sont d'ordre plus général, que je me propose de passer brièvement en revue, en utilisant les principaux renseignements publiés, tant en France qu'à l'étranger, dans ces dernières années.

1° UTILISATION DES ORDURES MÉNAGÈRES SANS TRAITEMENT PRÉALABLE

La conservation des ordures ménagères ou *gadoues*, telles qu'elles arrivent dans les dépôts, constitue, à mon avis, un danger sérieux pour le voisinage. Dans un travail que j'ai présenté à la Société d'Encouragement en 1896, et qui avait fait l'objet d'un rapport de M. Muntz (*Bulletin*, 1897, p. 169), j'avais passé en revue les inconvénients inhérents à la conservation de ces ordures ménagères à l'état naturel; je me contenterai de rappeler les principaux :

1° Pour une ville importante, la concentration des ordures ménagères dans un nombre restreint de depôts amènerait à faire des amas considérables, car les agriculteurs n'emploient ces ordures ménagères ou gadoues qu'au printemps ou à l'automne; ces dépôts devraient donc conserver leur approvisionnement pendant six mois, ce qui donnerait, pour chacun d'eux, un approvisionnement couvrant souvent plusieurs hectares, en admettant une épaisseur de 2 mètres (à Paris, pour 10 dépôts recevant chacun 160 à 200 mètres cubes par jour, on aurait dans chaque dépôt un approvisionnement de 36 000 mètres cubes, couvrant plus de 2 hectares).

2° L'odeur qui se dégagerait de ces matières, entrant si rapidement en fermentation se répandrait très loin et serait une cause grave d'incommodité pour le voisinage; il suffit d'avoir parcouru la banlieue de Paris pour avoir constaté l'odeur infecte que dégagent les modestes tas de quelques mètres cubes de gadoues déposés sur les champs.

3° Les résidus très divers, susceptibles d'une utilisation, seraient recherchés par les chiffonniers, ainsi que cela se pratique tous les jours sur les champs de la banlieue, et on verrait, en particulier, rentrer en circulation, sans traitement préventif, les linges les plus suspects, les papiers de toute nature, etc.

4° Les rats et la vermine envahiraient rapidement ces amas de matières en fermentation, au grand dommage des champs et des propriétés du voisinage.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

De plus, les eaux pluviales, passant sur ces matières, pourraient aller souiller la nappe d'eau souterraine; en effet, Kratz, qui, en 1897, a soumis à une étude physique, chimique et microbiologique un sol servant de dépôt de gadoues à Giessen depuis 1888, a montré que les bactéries y sont extrêmement nombreuses. (*Revue d'hygiène*, 1898, p. 190.)

5° Lorsqu'il faudrait ensuite transporter les gadoues en pleine fermentation des dépôts aux champs sur lesquels on voudrait les utiliser, on provoquerait, sur tout le parcours, les plaintes des habitants qui, actuellement, protestent déjà contre le passage des ordures ménagères recueillies le matin même dans Paris.

6° Les gadoues non traitées introduisent dans les champs des produits dangereux pour les animaux : débris de verre, de papiers ou d'étoffes enduits de substances nuisibles, viandes pourries, etc., ainsi qu'il résulte des travaux de Claës et Maens.

7° Inconvénient d'introduire une quantité énorme de matières inertes : pierres, verre, porcelaine, débris métalliques, etc., qui ne représentent pas moins de 6 640 kilogrammes par hectare, avec les doses de gadoues ordinairement employées.

8° Transport coûteux de l'eau de constitution de la gadoue: en effet, avec la gadoue fraîche, lorsqu'on fume un hectare, on constate, qu'aux doses employées d'habitude, pour introduire 12 400 kilogrammes de matières organiques, on n'y introduit pas moins de 6 640 kilogrammes de matières stériles et de 30 880 kilogrammes d'eau.

Je ne m'appesantirai pas plus longuement sur toutes ces raisons, qui, à mon avis, s'opposent à envisager sérieusement la constitution de dépôts de gadoues fraîches; je les ai, du reste, déjà examinées dans le travail cité plus haut.

2° UTILISATION DES ORDURES MÉNAGÈRES APRÈS BROYAGE ET TRITURATION

On a cherché à amener les ordures ménagères à un état plus homogène, moins encombrant, en les soumettant à un broyage et à une trituration. Cette nouvelle solution est due à M. J. Pioger; mise à l'étude par MM. Bardet et Denis, elle semble donner, dans la pratique, des résultats satisfaisants, dans l'usine où elle a été établie, à Saint-Ouen.

La description très complète de ce procédé, avec figures à l'appui, a paru dans la *Revue industrielle* (1899, p. 314).

Tous les résidus, pouvant avoir une valeur marchande, sont retirés par de nombreux chiffonniers autorisés par la Ville de Paris, et la matière passe dans deux broyeurs débitant chacun 25 tonnes de gadoue à l'heure, soit la quantité nécessaire pour charger 20 à 22 vagons de 10 à 12 tonnes. Cette matière broyée est vendue 3 francs les 1 000 kilogrammes et la demande est telle que la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

production de l'usine, exploitée par la Société des Engrais complets, est complètement engagée. Aussi, la matière ne séjourne pas, et, au fur et à mesure de leur chargement, les wagons sont aiguillés sur le réseau du Nord et expédiés à destination.

Mais ces facilités de transports diminueraient évidemment avec une production supérieure à la production actuelle de 125 tonnes par jour fournies par les IIe et IIIe arrondissements de Paris, et la matière devrait souvent séjourner dans l'usine, ce qui produirait les inconvénients inhérents à tous les dépôts un peu importants d'ordures ménagères.

Il y a là une tentative intéressante en vue d'une meilleure utilisation des ordures ménagères à l'état naturel, mais elle n'est que partielle et ne donne pas satisfaction à l'hygiéniste.

3° INCINÉRATION DES ORDURES MÉNAGÈRES

D'après les idées actuelles, il semble admis que la meilleure manière de se débarrasser des ordures ménagères est de les soumettre à l'incinération. Si cette solution est blâmée par l'agriculture, qui voit avec regret disparaître cette énorme quantité de matières fertilisantes, elle est, au contraire, acceptée avec enthousiasme par les hygiénistes, car elle supprime radicalement tous les dangers que peuvent entraîner ces matières, aussi bien quand elles sont fraîches qu'au moment où elles sont en pleine fermentation.

C'est cette solution qui a prévalu en Angleterre, où les premiers essais datent de 1876 ; il en était de même en Amérique jusqu'en ces dernières années. A Paris, des expériences ont été faites en 1895, à l'usine municipale du quai de Javel; enfin, récemment, des installations furent faites à Hambourg, à Monaco, etc. On accepte d'autant plus volontiers cette solution qu'on espère utiliser la chaleur produite par la combustion des ordures ménagères pour la production de vapeur, d'électricité, etc.

Sur un premier point, des discussions se sont souvent élevées : à savoir si les ordures ménagères sont autocomburantes.

Les expériences de Javel ont montré que, pour la gadoue parisienne, la combustion est possible dans des conditions qui semblent assez satisfaisantes. Cependant, les gaz qui se dégagent sont odorants et la température de ces gaz reste peu élevée. Aussi, de nouvelles expériences ont été faites par M. Lauriol, ingénieur des ponts et chaussées au service municipal, en vue de remédier à ces défectuosités et, en même temps, d'augmenter la quantité de gadoue mise sur les grilles ; car, dans les premiers essais, son épaisseur n'était comprise qu'entre $0^m,15$ et $0^m,50$.

M. Lauriol (*le Génie civil*, 1899, p. 188) a pu amener l'épaisseur de la gadoue

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sur les grilles à un mètre environ, mais il a dû avoir recours à des ventilateurs refoulant l'air à travers la couche en combustion. Si, par cette disposition, on augmentait et la température et la quantité de gadoue détruite par jour, par contre, les matières très diverses que renferme la gadoue, telles que les silicates, les débris de verre, etc., se ramollissent ou entrent en fusion quand la température s'élève et s'attachent aux briques formant les parois du four, d'où leur détérioration rapide et un enlèvement de scories difficile, d'autant plus que l'enlèvement de ces scories, exigeant l'ouverture des portes en grand pour décrasser les grilles, produit un refroidissement funeste à la conservation du four et à la bonne conduite du feu.

M. Lauriol a alors imaginé une disposition nouvelle, consistant à brûler la gadoue dans une trémie en fonte à laquelle les scories n'adhèrent pas ; les expériences sont en cours et ne permettent pas encore d'avoir des chiffres définitifs, mais si, *a priori*, ces expériences semblent très intéressantes, elles conduisent, par contre, à compliquer des appareils qui, dans la pratique, doivent être peu coûteux et d'un entretien rapide et économique. De plus, les frais de traitement sont très élevés, puisqu'ils se monteraient au minimum à 2 fr.50 à 3 francs par tonne de gadoue incinérée.

Du reste, l'autocombustion de la gadoue ne doit pas être posée comme générale ; elle varie, en particulier, avec les saisons, et l'expérience a montré que c'est surtout pendant les mois d'automne et d'hiver que les ordures ménagères d'une ville se brûlent le mieux et contiennent une plus forte proportion de matière combustible, avec un pouvoir calorifique plus élevé ; elle varie également, pour une même ville, suivant qu'elle provient de quartiers riches ou pauvres ; enfin, comme le disait M. Alliott, à propos des ordures ménagères de Bradford, qui consistaient en :

47 p. 100.	. . . . .	d'eau;
33	—	de matières inertes;
20	—	de matière combustible,

comme chaque unité de combustible était englobée dans quatre unités de matière incombustible, il en résultait que la difficulté de combustion était considérable.

Pour cette raison, la plupart des fours d'incinération sont complétés par des injecteurs d'air ou de vapeur, ou fonctionnent avec addition de charbon ou emploi de gaz pauvre.

D'après M. Henry A. Garrett (*Engineering*, 1899, p. 215), il est généralement reconnu que les fours d'incinération peuvent être rapportés aujourd'hui à quatre types qui sont : le Fryer, le Beaman, le Warner perfectionné et le Horsfall. Les expériences de M. Garrett et celles contenues dans les rapports

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

faits par lord Kelvin et le professeur Archibald Beer, relativement au destructeur Horsfall (*The Engineer*, 1899, p. 260), montrent que chacun de ces appareils brûle les ordures sans incommodité, produit la même température et la même quantité de vapeur avec la même sorte d'ordures. A ces quatre types à injection d'air ou de vapeur, j'ajouterai le très intéressant crémateur à récupération de chaleur avec gazogène producteur de gaz à l'eau, qui est exploité avec succès à Philadelphie par la *Philadelphia Incinerating Company* et que j'ai décrit dans le *Bulletin de la Société d'Encouragement* (1897, p. 175).

Lorsqu'on emploie ces appareils, les frais de traitement par tonne d'ordures ménagères sont :

Pour le Freyer	de 1 fr. 10 (à Bournemouth) à 1 fr. 25 (à Liverpool);
Pour le Beaman.	de 1 fr. 50 (à Leyton et Dewsbury);
Pour le Warner perfectionné.	de 0 fr. 60 à 0 fr. 95 (à Torquay);
Pour le Horsfall.	de 0 fr. 60 (à Oldham et Bradford) à 1 fr. 95 (à Édimbourg).

Ces derniers chiffres se concilient difficilement, mais il semble qn'on doive adopter, pour des opérations prolongées, un chiffre un peu supérieur à 1 fr. 05 la tonne.

Pour le four de la *Philadelphia Incinerating Company :* 1 fr. 55.

En résumé, dans la pratique, on doit compter en moyenne de 1 fr. 20 à 1 fr. 55 pour les frais d'incinération d'une tonne d'ordures ménagères ; mais il faut remarquer que, si l'appareil le plus coûteux est celui employé à Philadelphie, cela tient à ce que, grâce à l'adjonction d'un gazogène, il travaille plus vite et donne des gaz complètement privés de toute mauvaise odeur, en même temps qu'un moindre volume de résidus.

Les résidus de l'incinération, scories et poussières s'élèvent généralement de 25 à 33 p. 100 des ordures incinérées, et ils se fractionnent en :

Scories ordinaires.	29,0 p. 100
Cendre fine.	2,7 —
Poussière floconneuse	0,5 —
Parties métalliques.	0,6 —
	32,8 p. 100

Des analyses ont donné pour leur composition moyenne :

	Scories.	Poussière.
Humidité, matière organique et eau de combinaison.	1,00	6,52
Acide phosphorique.	1,06	0,96
(Correspondant, en phosphate tribasique de chaux, à).	(2,31)	(2,09)
Chaux	10,47	8,40
Oxydes de fer et d'alumine.	33,54	33,34
Acide carbonique, etc.	4,41	10,38
Matières siliceuses	49,52	40,40
	100,00	100,00

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ces résidus ont été employés dans la fabrication du mortier, dans la confection des dalles, etc., le prix de vente a été d'environ 2 fr. 75 la tonne.

A Shoreditch, on fabrique, avec les scories, des dalles en mélangeant 2 1/2 de scories avec 1 de ciment Portland très fin, et en soumettant à une pression de 1 1/4 tonne par pouce carré (200 kil. par centimètre carré).

La poussière peut être employée comme base d'une poudre désinfectante, et elle atteint un certain prix ; les parties métalliques sont traitées chimiquement et fournissent des éléments entrant dans la fabrication de certaines couleurs à l'huile.

Tous les destructeurs ayant une tendance à émettre la poussière par la cheminée à cause du tirage forcé, on doit établir des chambres à poussière, qu'il y a lieu de nettoyer fréquemment.

Utilisation de la chaleur fournie par l'incinération. — On a pensé que ce mode de traitement des ordures ménagères pourrait devenir économique si on employait la chaleur perdue à la production de vapeur, d'électricité, etc. ; il est donc intéressant d'étudier cette question d'une manière plus précise qu'on ne le fait ordinairement.

En général, les données que l'on trouve dans les diverses publications sur les quantités d'électricité produites sont sujettes à discussion, car, dans une installation importante, on brûle à la fois des ordures ménagères et du charbon, sans qu'il soit facile de faire la part utile de chacun de ces combustibles; c'est ce qui s'est passé, en particulier, pour l'usine de Shoreditch, que l'on a souvent citée comme exemple, et dont les comptes d'exploitation ont soulevé tant de contestations.

Sur cette usine de Shoreditch, il vient cependant d'être donné des renseignements plus explicites par M. Ch. Newton Russell, qui ont fait l'objet, à la Société des ingénieurs civils de Londres, d'une discussion très étendue (« Combined Refuse-Destructors and Power Plants ». *Minutes of proceedings of the Institution of Civil Engineers*, Vol. CXXXIX, 1899-1900, p. 181).

M. Russell déclare, qu'à Shoreditch, les comptes ont été établis séparément pour les cellules brûlant uniquement des ordures ménagères sans aucune addition de charbon; il montre que, pour une année finissant le 25 mars 1899, on avait :

Quantité d'ordures ménagères brûlées.	26 201 tonnes.	
Frais d'incinération.	2 fr. 15	par tonne.
— d'administration, etc.	0 fr. 20	—
— de personnel à la journée, pour les nettoyages.	0 fr. 35	—
— de réparations	0 fr. 15	—
— de magasinage et divers.	0 fr. 20	—
	3 fr. 05	par tonne.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il ressort déjà de ces chiffres que les frais d'incinération, dans le four du système Manlove, Alliott et Cie, s'élèvent à 2 fr. 15 par tonne, et sont vraiment excessifs, lorsque l'on songe, qu'à Oldham et à Bradford, avec un four du système Horsfall, ils ne dépassent pas 0 fr. 60.

D'autre part, les appareils, enregistrant la consommation de l'usine, montrent que l'énergie totale produite avait été de 1 031 348 unités, comprenant 322 560 unités obtenues avec 1 344 tonnes de charbon et 708 788 unités obtenues avec 26 201 tonnes d'ordures ménagères ; il en résulte donc, qu'à défaut d'ordures ménagères, ces 708 788 unités auraient pu être obtenues en brûlant 2 953 tonnes de charbon. Comme on a dépensé 79 913 francs pour incinérer les 26 201 tonnes d'ordures ménagères, on voit que l'on a fait la même dépense qu'en achetant directement 2 953 tonnes de charbon à 27 francs la tonne,

L'avantage d'une telle installation coûteuse, de marche compliquée et irrégulière, est donc plus qu'incertain, et il ne peut se justifier que si l'on n'a pas d'autre moyen pratique de se débarrasser des ordures ménagères.

A New-York, M. Westinghouse junior ayant constaté que les ordures ménagères, séparées des cendres et de la majeure partie des substances étrangères, renfermaient, dans leur composition élémentaire, 20 p. 100 de carbone avec de l'eau, pensait que ces ordures ménagères pouvaient être d'une grande valeur comme combustible, et il avait expérimenté, en petit, leur conversion en un gaz combustible. Il estimait que ce gaz, ayant une notable valeur, pourrait être obtenu en grande quantité, puisque la ville de New-York pouvait, à cette époque, fournir 500 tonnes d'ordures ménagères par jour.

La *Revue industrielle* (1900, p. 87) faisait remarquer que le chiffre de 500 tonnes par jour, avec une proportion de 20 p. 100 de carbone, était, en effet, de nature à impressionner ; aussi, M. Cary Hutchinson a-t-il cru devoir démontrer son insignifiance. D'après les expériences anglaises, où l'on a brûlé dans des chaudières à vapeur 26 000 tonnes d'ordures ordinaires de ville, on obtiendrait 1 kilogramme de vapeur par kilogramme de ces ordures. Il faudrait donc compter au moins 11 kilogrammes d'ordures ménagères de New-York par kilowatt-heure produit, en admettant l'emploi des meilleures chaudières, machines à vapeur et dynamos, et les 500 tonnes quotidiennes fourniraient à peine 45 000 kilowatts-heure. Si l'on convertit les ordures ménagères en un gaz combustible, il faudrait théoriquement, même dans l'hypothèse d'une conversion parfaite, par kilowatt-heure produit, 4 kilogrammes, et, pratiquement, 7 kilogrammes d'ordures ménagères. A ce rendement maximum, qu'il paraît difficile d'atteindre, correspondraient, pour 500 tonnes par jour, seulement 70 000 kilowatts-heure. Comme il s'agissait, dans les installations projetées, de 375 000 chevaux ou sensiblement de 2 800 000 kilowatts-heure par jour, on voit que les 500 tonnes d'ordures ménagères pouvaient tout juste en fournir 2,5 p. 100,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et, encore, ne tient-on pas compte de la dépense de vapeur nécessaire pour les injections de vapeur. Dans l'incinérateur d'Oldham, par exemple, M. Burstall a montré que la quantité de vapeur usée pour les injecteurs montait à une proportion considérable de la vapeur totale produite; dans les expériences, on avait trouvé que 1 kilogramme d'ordures ménagères avait donné $0^{kg},9$ de vapeur, et que le chiffre tombait à $0^{kg},6$, si l'on retranchait la vapeur nécessaire pour les injecteurs.

Tout récemment, M. l'ingénieur Lauriol, dans une étude très approfondie sur l'utilisation de la chaleur dégagée par la combustion des ordures ménagères pour la production de l'électricité (*Bulletin de la Société internationale des électriciens,* 1899, p. 468), est arrivé également à des résultats peu encourageants.

Il considère les quatre cas que l'on peut rencontrer dans une usine d'incinération, et des tableaux très complets, dressés pour chacun de ces cas, fixent ainsi le bénéfice possible:

1° L'usine à gadoues marche suivant un horaire normal (18 heures par jour):

Le bénéfice réalisé serait de 0 fr. 92 par tonne;

2° L'usine à gadoues a une marche normale, avec utilisation de la chaleur dans la mesure du possible:

Le bénéfice réalisé varierait de 0 fr. 44 à 0 fr. 05;

3° L'usine à gadoues marcherait suivant l'horaire de la distribution électrique, moyennant une augmentation de la puissance des fours, de façon à pouvoir brûler la totalité des gadoues en suivant l'horaire du secteur au lieu de suivre l'horaire précédemment indiqué de 18 heures :

Le bénéfice serait très limité, dans certaines hypothèses, et même peu probable;

4° L'usine à gadoues marcherait avec emploi d'accumulateurs :

Le bénéfice varierait de 0 fr. 92 à 0 fr. 60.

M. Lauriol tire de son travail la conclusion suivante: « De toute façon, il faudra, avec un tonnage donné de gadoue *devant être* brûlé au jour le jour, satisfaire à des besoins qui pourront varier indépendamment de ce tonnage; il faudra donc, ou laisser perdre une partie de la chaleur dégagée ou former l'appoint avec du charbon. »

Enfin, il me semble que la question peut être envisagée d'une manière tout aussi probante, grâce aux considérations suivantes:

De nombreuses expériences établissent que 1 kilogramme de vapeur est produit par 1 kilogramme de gadoue, de sorte que 11 kilogrammes de gadoue produiront 1 kilowatt-heure; d'autre part, 1 kilogramme de gadoue correspond à 1/7e de kilogramme de bon charbon de chaudière.

Mais comme les frais d'incinération de 7 tonnes de gadoue (abstraction faite

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de leur prix d'achat) reviennent au minimum à 7 fr. 40, et comme les 7 tonnes de gadoue correspondent à 1 tonne de charbon, dont nous supposerons le prix de 20 francs la tonne, l'emploi de ces 7 tonnes de gadoue ne correspond qu'à une proportion de charbon d'une valeur de 20 — 7,40 = 12 fr. 60. On peut donc dire que, dans la pratique, la gadoue ne correspond qu'à une quantité de charbon égale à la moitié de celle que l'on compte en faisant abstraction des frais d'incinération, et cela, en ne tenant pas compte du prix d'achat de cette gadoue.

Or Kallmann, de Berlin, a montré que le prix de charbon consommé dans une installation d'électricité ne représente que 8 p. 100 du prix de revient du kilowatt-heure; par suite, l'emploi de la gadoue comme combustible, qui ne représente que la moitié du charbon nécessaire, ne correspondra, au maximum, qu'à une économie de 4 p. 100 du prix de revient du kilowatt-heure.

Évidemment, on peut être séduit par cette économie de 4 p. 100, mais l'emploi de la gadoue comme combustible suggère d'autres considérations :

1° Les gaz provenant de la combustion de la gadoue qui contient du soufre, du sel, des graisses, etc., seront riches en acides sulfureux, chlorhydrique, etc., et l'usure des chaudières sera beaucoup plus rapide qu'avec un charbon de qualité même moyenne;

2° La combustion de cette gadoue devra se faire d'une manière continue; par suite, au moment de la charge de l'usine électrique, c'est-à-dire quand il s'y fait une consommation intense d'électricité, on ne pourrait y satisfaire qu'en chargeant des accumulateurs pendant la période de faible consommation d'électricité, et l'installation de ces accumulateurs, leur entretien, etc., constitueraient une dépense des plus sérieuses, tout en exigeant, en outre, un capital de premier établissement très important;

3° L'enlèvement du résidu de la combustion de la gadoue (30 p. 100) serait un embarras pour les usines, même avec la certitude de les vendre, vu leur peu de valeur; actuellement, en effet, les établissements producteurs d'électricité, qui ne peuvent s'installer à des distances trop considérables des villes, ont déjà de grandes difficultés pour se débarrasser des escarbilles provenant du charbon consommé.

Ces diverses causes de dépenses diminueraient l'économie de 4 p. 100, faite, grâce à l'emploi de la gadoue sur la quantité de charbon ordinairement consommée, dans une proportion telle que cette économie deviendrait illusoire, tout en compliquant les appareils de chauffage et en augmentant les risques de compromettre la régularité de marche indispensable pour de tels établissements.

Notre conclusion est que, dans les conditions actuelles, les ordures ménagères ne semblent pas pouvoir être substituées avantageusement au charbon, comme combustible pour la production d'électricité. Aussi, dans les cas particuliers où une ville, guidée surtout par des considérations d'hygiène, ne pourrait

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

adopter un autre système que l'incinération, elle aurait avantage à donner tous ses soins à l'établissement de fours visant uniquement à produire l'incinération dans les meilleures conditions possibles de rapidité et de simplicité, plutôt qu'à chercher des dispositions coûteuses et compliquées en vue de l'utilisation de la chaleur pour produire de l'électricité.

Nous devons cependant ajouter que, d'après M. Andreas Meyer (*Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, 1899-1900, p. 252), dans l'installation faite à Hambourg, la vapeur développée est si grande en volume qu'elle ne produit pas seulement l'éclairage électrique de la station et la mise en action de toute la machinerie, des ventilateurs, des grues électriques, des broyeurs de scories, etc., mais qu'elle sert aussi pour actionner la station où l'on pompe les eaux vannes du district, située au-dessous du niveau de l'Elbe, et cela, au moyen d'une transmission électrique.

Malheureusement, M. Andreas Meyer ne donne aucun chiffre, sauf la quantité de 6 1/3 tonnes d'ordures ménagères brûlée par cellule, laissant un résidu de 59 p. 100. Comme le four employé est le four Horsfall et, qu'en Angleterre, les résidus ne s'élèvent qu'à 33 p. 100 on peut se demander, jusqu'à plus ample information, comment on atteint des résultats aussi satisfaisants avec des ordures ménagères laissant une aussi grande quantité de substances non combustibles.

4° TRAITEMENT DES ORDURES MÉNAGÈRES PAR LA VAPEUR SOUS PRESSION

L'étude que nous venons de faire montre que l'utilisation des ordures ménagères, soit à l'état naturel, soit après broyage, peut donner satisfaction à l'agriculteur mais doit être énergiquement repoussée par l'hygiéniste, tandis que l'incinération de ces ordures, satisfaisant à toutes les exigences de l'hygiène, entraîne, sans compensation appréciable, la perte de principes fertilisants d'une grande valeur. C'est à cause des inconvénients inhérents à chacun de ces procédés que je crois devoir appeler de nouveau l'attention des hygiénistes et des agriculteurs sur le procédé du traitement par la vapeur sous pression.

Application de ce mode de traitement à Philadelphie. — En 1895, à la suite d'un voyage en Amérique, j'ai publié les résultats remarquables obtenus à Philadelphie par l'emploi du procédé Arnold, qu'appliquait l'*American Incinerating Company*. J'en rappellerai brièvement le principe. (Voir, pour les détails, le *Bulletin* de la Société d'Encouragement, 1897, p. 172.)

Les ordures ménagères, séparées des cendres, chez l'habitant même, constituant ce qu'on appelle le *garbage*, sont soumises, dans de vastes cylindres clos ou digesteurs, en acier, pouvant recevoir de 8 à 10 tonnes, à l'action de la vapeur à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

4, 5 atmosphères pendant sept heures. Le garbage, ayant subi cette coction, est soumis à l'action de presses, séché dans des dessiccateurs à enveloppe de vapeur et envoyé dans des broyeurs puis dans des blutoirs permettant de séparer la partie *la plus fine* qui contient précisément les parties fertilisantes du garbage; cette poudre est désignée sous le nom de *tankage*, et constitue environ 12,5 à 18 p. 100 du garbage vert. Le tankage n'est donc pas, comme on l'a souvent cru par erreur, le garbage simplement desséché, mais la partie utile de ce garbage desséché.

D'autre part, les eaux résiduaires, provenant du traitement du garbage dans les digesteurs et de son passage sous les presses, fournissent une quantité relativement importante de matière grasse.

Le garbage vert américain donne finalement :

2,5 à 5 p. 100.	de matière grasse.
12 à 18 —	de garbage sec ou tankage, en poudre très fine.
33 à 27 —	de garbage sec, en poudre grossière, moins riche que le tankage et que l'on passe souvent dans les foyers pour utiliser la matière organique qu'il peut renfermer.

Je rappellerai également que l'analyse du tankage donne en moyenne :

Azote	2,63 p. 100 qui, à 1 fr. 24	représente	3 fr. 26		
Acide phosphorique.	2,40 —	—	0 fr. 30	—	0 fr. 72	= 4 fr. 381 ou 43 fr. 81 la tonne.
Potasse	0,80 —	—	0 fr. 50	—	0 fr. 40	

La matière grasse qui, à l'état brut, a une couleur d'un jaune brun et se vend 30 francs les 100 kilos, atteint le prix de 60 francs après épuration.

La ville de Philadelphie, qui produit 800 tonnes d'ordures ménagères par jour, traitait 400 tonnes par incinération avec le gazogène de la *Philadelphia Incinerating Company* et 400 tonnes par la vapeur sous pression.

Je terminais cette étude en disant que, à cette même époque, la ville de New-York, qui éprouvait de grandes difficultés pour se débarrasser de son garbage, avait institué un concours, et qu'elle avait accepté les propositions de la *New-York Utilisation Company*, qui s'engageait à traiter 500 tonnes de garbage par jour à l'aide de ce même procédé Arnold.

En présence des discussions actuelles, j'ai pensé qu'il serait instructif d'ajouter des renseignements complémentaires sur le traitement commencé le 1er août 1896, et de montrer comment une grande ville, soucieuse autant de ses intérêts financiers que du point de vue hygiénique, a pu mener à bien l'étude de cette question. C'est ce que je suis en mesure de faire, grâce à une étude très intéressante qui vient de paraître dans l'*Enginering News* (1900, p. 66 et 76);

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cette étude donne, avec le plan des usines, le détail des appareils, mais je ne les reproduirai pas ici, car ils ne diffèrent pas de ceux que j'ai décrits à propos de l'usine de Philadelphie (*loc. cit.*).

Application à New-York et à Brooklyn. — C'est en 1892 que la ville de New-York commença à s'occuper du choix d'un traitement pour ses ordures ménagères, et, dès cette époque, une Commission visitait douze usines en activité, pratiquant soit l'incinération, soit le traitement à la vapeur. C'est à ce dernier procédé qu'elle donna la préférence, mais elle indiquait qu'il laissait à désirer sur deux points : l'odeur des ordures ménagères fraîches à leur réception dans l'usine et les eaux impures sortant du condenseur. La Commission suggérait alors l'idée de désinfecter les matières à leur arrivée, et de faire subir un traitement chimique aux eaux résiduaires; enfin, la bonne marche du procédé exigeait la séparation des ordures ménagères et des cendres qui, à New-York, atteignent une proportion importante.

Feu le colonel Waring, si compétent dans les questions d'hygiène, et qui était alors directeur de l'Assainissement des rues, étudia la question de 1895 à 1897. Grâce à son activité, il obtenait, dès le 26 mars 1895, 26 soumissions conditionnelles, à titre d'information, pour la collecte et le traitement des ordures; de ces soumissions, il résultait que le prix moyen demandé par les soumissionnaires était de 4 fr. 50 par tonne pour l'incinération, et de 2 fr. 75 pour le traitement par la vapeur.

Pendant la plus grande partie de 1895 et en 1896, le colonel Waring, aidé d'hommes compétents, étudia le problème de la façon la plus approfondie; c'est ainsi qu'il leur fit suivre le travail, dans les usines de traitement par la vapeur, pendant des jours et des semaines, avec mission de lui faire un rapport sur les méthodes et les résultats tant économiques qu'hygiéniques.

La vente de la matière grasse et des matières fertilisantes obtenues par ce procédé, aussi bien que la vente des matières de rebut, des chiffons, des papiers, des vieux cordages, etc., furent étudiées avec toute l'attention possible. Enfin, éclairée par les études préliminaires, la ville de New-York avait ouvert, du 1er décembre 1895 au 1er mai 1896, la mise en adjudication du traitement des ordures ménagères par la vapeur sous pression.

On reçut 4 soumissions visant les ordures ménagères séparées des cendres, constituant ce que l'on appelle le *garbage vert*, qui, pour la ville de New-York, s'élève à 500 tonnes par jour.

Ces soumissions étaient dues :

1° à la « Merz Universal Extractor and Construction C° »	demandant.	720 000	francs	par an.
2° à la « New York Sanitary Utilization C° »	—	449 950	—	—
3° à M. Edw. Duffy	—	250 000	—	—

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La dernière, quoique la moins élevée, fut rejetée, parce que son procédé, employé à Pittsburg, n'était pas considéré comme satisfaisant, et ce fut la soumission intermédiaire qui fut acceptée. En même temps, M. Herbert Tate faisait une offre de 980000 francs à la Ville, qui l'accepta, pour avoir le privilège de fouiller dans les résidus en vue d'en retirer tout ce qui avait une valeur marchande, en dehors du garbage et des cendres. Cette dernière autorisation amena graduellement à faire dans les maisons, en 1898 et 1899, le dépôt, dans trois récipients séparés, du garbage, des cendres et des divers résidus utilisables.

La Compagnie construisit alors son usine de traitement à Barren Island, dans la passe de Rockaway, à Jamaïca Bay, qui se trouve encore dans les limites de la ville de New-York, mais est éloignée des centres habités. Le contrat, passé le 6 juin 1896, est valable pour cinq ans, à partir du 1er août 1896, et est basé sur une quantité de 500 tonnes de garbage pour trois cent treize jours par an, moyennant une somme de 449950 francs, ce qui correspond à 2 fr. 84 par tonne. L'adjudicataire reçoit le garbage à des pontons désignés par la Ville, ne pouvant dépasser le nombre de dix-huit; ce garbage était défini comme devant être constitué par les détritus de matières organiques non mélangés des balayures des rues, et ne devant pas contenir plus de 10 p. 100, en poids, d'autres détritus qui, nous l'avons vu précédemment, sont enlevés par un adjudicataire spécial.

Le 16 novembre 1896, la ville de Brooklyn, qui n'est séparée de New-York que par l'East River, passa, à son tour, un contrat avec la *Brooklyn Sanitary Company*. Ce contrat fait pour cinq ans, à partir du 1er janvier 1897, pour une somme 605000 francs par an, est plus large que le précédent, car il comprend la collecte du garbage, le transport et le déchargement à l'usine, au lieu d'être limité aux deux dernières opérations comme dans le contrat de New-York. La base de la soumission était donc de 6 fr. 25 par tonne collectée, pour environ 250 tonnes par jour et 365 jours par an pendant la première année, avec une allocation supplémentaire pour un accroissement subséquent en vue duquel le contrat exigeait un matériel d'exploitation susceptible de traiter au moins 500 tonnes par jour.

Finalement, les deux usines furent installées l'une à côté de l'autre, à Barren Island; elles se trouvent à 40 kilomètres de la Batterie, ce qui donne un parcours maximum de 43km,5 pour le garbage de New-York et de 29 kilomètres pour celui de Brooklyn.

Simultanément, plusieurs tentatives étaient faites pour pratiquer l'incinération :

En 1889, on installe à Coney Island un four du système Eagle qui cesse de marcher en 1896;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En juillet 1895, le village de New-Brigthon installe un four Brownlee qui cesse de marcher le 1er novembre;

En 1896, les villes de Flatbush, New-Utrecht et Gravesend, récemment annexées à Brooklyn, établissent un four Burns, qui est abandonné après une année, par suite du prix élevé de l'opération;

Enfin, un premier four, du système Colwell, dont j'avais suivi la marche assez défectueuse, en 1895, fut arrêté en 1896; un second four du même système fut ensuite établi, mais il était destiné à traiter uniquement les petits détritus provenant du triage des matières utiles retirées des ordures ménagères d'un quartier commerçant, et qui ne pouvaient trouver d'utilisation; on n'y brûlait donc pas de garbage, mais des vieux papiers, des débris de caisses d'emballage, etc.

Ces insuccès, s'ajoutant à l'enquête si bien menée du colonel Waring, confirmèrent la ville de New-York dans la supériorité du traitement à la vapeur tel qu'il est installé dans les deux usines, aujourd'hui réunies, de Barren Island; on y traite le garbage des villes de New-York et de Brooklyn, constituant actuellement, par leur réunion, le New-York agrandi, « the greater New-York ».

Marche des usines de Barren Island. — Ces usines renferment 96 digesteurs en acier, dans chacun desquels on charge 8 à 10 tonnes de garbage par opération. Le garbage, à son arrivée, est jeté sur des plans inclinés roulants, qui vont circuler au-dessus des digesteurs, disposés par rangées parallèles, une de chaque côté du parcours que suit le plancher mobile, de sorte qu'il est facile, à l'aide de trémies appropriées, de les charger rapidement. Des ouvriers, placés sur les côtés du plan incliné, retirent, à l'aide de crochets, tous les débris utilisables, tels que bouteilles, vieilles chaussures, etc.

Avant le chargement, chaque digesteur contient de l'eau sur une hauteur de 3 à 4 pieds; une fois rempli, on ferme le couvercle et on donne la vapeur; le garbage est ainsi soumis à la coction pendant huit heures, sous une pression qui s'élève au fur et à mesure de la coction, pour atteindre finalement 4,5 atmosphères.

Les digesteurs, réunis par groupes de quatre, sont reliés à des bacs de décharge, d'où, au moyen de chariots, on conduit le garbage, cuit et égoutté, aux presses; il passe ensuite dans les dessiccateurs, les broyeurs et les appareils de tamisage. D'autre part, les liquides qui s'écoulent des digesteurs et des presses, collectés par des drains, sont reçus dans de vastes cuves se vidant par la partie inférieure et permettant à la graisse de se rassembler à la surface; après refroidissement, cette graisse est mise en tonneau.

On voit donc qu'on traite le garbage de la même façon qu'à Philadelphie; cependant pour répondre aux objections qui avaient été faites au procédé Arnold,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

relativement à l'odeur et aux eaux résiduaires, on a apporté les améliorations suivantes.

En premier lieu, on a cherché à pratiquer la désinfection du garbage, à son arrivée dans l'usine, et, à cet effet, on a effectué de nombreux essais; finalement, on a été amené à employer un produit désigné sous le nom d'*électrozone* et qui est, en réalité, de l'hypochlorite de soude préparé dans l'usine même par électrolyse de l'eau de mer; cette pratique n'a pas lieu en hiver.

En second lieu, les gaz odorants, provenant du garbage à sa sortie des digesteurs et des presses, et qui se répandent dans les ateliers, sont enlevés par un immense ventilateur Sturtewant, de 20 pieds de diamètre sur 6 pieds de large, et passent dans un large scrubber. Une puissante pompe centrifuge, d'un débit de 15 750 litres à la minute, fournit l'eau au scrubber au moyen de tubes perforés en cuivre; la presque totalité des vapeurs et des gaz est ainsi condensée, et ce qui a pu échapper est dirigé dans la cheminée après avoir traversé un nouveau scrubber placé en avant de cette cheminée.

Quant aux gaz provenant des digesteurs avant leur déchargement ou des séchoirs, ils sont dirigés dans un appareil de condensation, où ils rencontrent une pluie d'eau froide; autrefois, les gaz non condensés passaient sous les foyers des générateurs, mais on a constaté que ces gaz ne dégageaient aucune mauvaise odeur et qu'il était inutile de les brûler.

Enfin les eaux résiduaires, sortant des cuves où se fait la séparation de la matière grasse, sont encore écrémées pour enlever les dernières traces de matière grasse et passées dans des appareils d'évaporation qui sont au nombre de trois; ils constituent un appareil analogue, sauf certaines modifications de détail, à l'appareil à triple effet employé en sucrerie, et dans lequel le vide augmente à mesure qu'avance l'évaporation. Le produit final ou *stick*, de consistance sirupeuse, est mélangé avec le tankage qu'il vient enrichir en principes fertilisants et, en particulier, en sels potassiques.

Avec les 96 digesteurs actuels, on a traité, à certains moments, jusqu'à 1 500 tonnes par jour, mais c'était en forçant le travail; aussi, on se propose de porter le nombre des digesteurs de 96 à 112, ce qui permettrait de traiter normalement 1 200 tonnes de garbage vert par jour.

Tous les rapports qui ont été faits sur la marche des usines de Barren Island sont des plus favorables; cependant, nous devons ajouter que deux pétitions, demandant leur suppression pour cause d'incommodité, ont été présentées au pouvoir législatif. La première fut présentée à la dernière législature, mais le gouverneur Roosewelt lui opposa son véto, parce qu'il jugeait que cette plainte était présentée d'une manière trop sommaire.

Une seconde plainte, un peu plus développée, vient d'être introduite à l'ouverture de la présente session législative; mais les auteurs de cette plainte ne

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

présentent aucun autre procédé capable de traiter le garbage d'une population de plus de 3000000 d'habitants d'une manière aussi satisfaisante et aussi hygiénique. Cette plainte, émanant d'un nombre très restreint de citoyens, semble être faite surtout en vue de peser sur les conditions du renouvellement du contrat de la ville de New-York, qui arrive à expiration le 1er août 1901.

CONCLUSION

Il résulte, de cette rapide revue des divers modes de traitement auxquels peuvent être soumises les ordures ménagères des villes, que le traitement par incinération et celui par la vapeur sous pression sont les seuls qui donnent toute satisfaction à l'hygiéniste, mais le premier prive l'agriculture d'un stock important de matières fertilisantes.

Le traitement par la vapeur sous pression, au contraire, donnant toute garantie au point de vue de l'hygiène, permet à l'agriculture d'utiliser toutes les matières utiles de la gadoue. La matière sèche obtenue, le tankage des Américains, est une poudre inodore et pouvant être conservée en magasin, sans s'altérer, jusqu'au jour où l'agriculteur doit s'en approvisionner. Cette poudre offre en outre le même avantage de transport facile que les engrais chimiques, et présente, sur ceux-ci, la supériorité de contenir une forte proportion de matière organique qui enrichira le sol en humus.

Il semble donc qu'il n'y ait pas à hésiter pour le choix du procédé que devra employer une ville importante désireuse de se débarrasser rapidement de ses ordures ménagères, au fur et à mesure de leur production, dans des conditions satisfaisantes d'hygiène. Si l'on examine le tableau suivant, renfermant les frais entraînés par les divers procédés et le prix de vente des matières provenant du traitement, on verra que l'on arrive à la même conclusion au point de vue économique.

Une tonne de gadoue verte, ayant la composition de la gadoue de Paris, soit :

Azote	0,38 p. 100
Acide phosphorique.	0,41 —
Potasse	0,42 —
Chaux.	0,26 —

représente une valeur de 6 francs, sans compter la valeur de la matière grasse qu'elle renferme. (Nous admettons que l'on considère la gadoue verte amenée soit à un dépôt, soit à l'usine de traitement, sans tenir compte des frais de collecte et de transport qui sont indépendants des frais de traitement et doivent être envisagés à un point de vue tout spécial.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TRAITEMENT AUQUEL ON SOUMET la gadoue.	FRAIS DE TRAITEMENT de 1 tonne de gadoue verte sans tenir compte des frais d'établissement de l'usine.	VALEUR de la MATIÈRE TRAITÉE après déduction des frais de traitement rapportée à 1 tonne de gadoue verte.	OBSERVATIONS.
1° Utilisation sans traitement préalable.	»	6 francs.	Rayon de transport limité avec les tarifs actuels, ce qui fait préférer l'emploi des engrais chimiques et rend difficile le placement de la gadoue naturelle. Frais élevés de transport et de chargement. Matières stériles ou nuisibles introduites dans les champs. Danger au point de vue de l'hygiène.
2° Utilisation après traitement par broyage et trituration.	0 fr. 33 Prix demandé à la ville de Paris, pour le traitement de la gadoue de 10 arrondissements.	2 fr. 67	Inconvénients analogues aux précédents, mais un peu moindres, lorsque l'on ne traite que de petites quantités.
3° Incinération.	1 fr. 20 à 1 fr. 55	0 fr. 80 à 1 fr. 0 fr. 90 à 1 fr. 42 au maximum.	Dans le cas où l'on peut vendre le résidu de l'incinération pour fabrication de mortier, de dalles, etc. Placement très aléatoire. Dans le cas où l'on utilise la chaleur pour la production d'électricité ; mais si l'on tient compte de l'attaque des chaudières, des réparations fréquentes des fours, de l'irrégularité de la combustion des gadoues, de la nécessité d'avoir un nombre important d'accumulateurs. le bénéfice doit être diminué dans de très notables proportions et pourra bien souvent devenir nul.
4° Traitement par la vapeur sous pression.	2 fr. 84 Ce chiffre représentant la somme demandée à la ville de New-York pour traiter son garbage, avant toute construction d'usine, est évidemment beaucoup trop fort.	2 fr. 73	Avantage d'obtenir une poudre sèche, inodore, facile à conserver et à transporter, représentant une valeur minimum de 43 fr. 80 la tonne, pouvant se conserver en magasin jusqu'au moment des demandes de l'agriculture. Récupération de la matière grasse qui, estimée seulement à 1 p. 100 de la gadoue verte au lieu de compter 2,5 p. 100 comme dans le garbage américain, représente une valeur sérieuse. Avantage d'enrichir le sol en humus, ce qui fait préférer cet engrais aux engrais chimiques.

En résumé, le traitement des ordures ménagères par la vapeur sous pression peut être très rémunérateur. Pour le procédé Arnold, en particulier, les appareils employés sont peu compliqués, relativement peu coûteux, très résistants ; leur disposition et leur fonctionnement sont très simples et, à mon avis, ils sont

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bien supérieurs aux divers appareils employant la vapeur sous pression que l'on a préconisés dans ces dernières années, et qui ne présentent que des modifications plus ou moins heureuses des appareils précédents.

Le Conseil municipal de la Ville de Paris, dans sa séance du 13 avril 1900, à la suite d'un rapport des plus sommaires et après une très brève discussion, a adopté, pour les dix premiers arrondissements, le second mode de traitement des ordures ménagères : par broyage et trituration, et il a approuvé la soumission présentée par la Société des engrais complets pour une période de dix années, se terminant le 15 juillet 1911, moyennant le payement par la Ville d'une redevance annuelle et forfaitaire de 9500 francs par arrondissement.

Il est peut-être regrettable que le Conseil municipal se soit décidé sans avoir étudié un procédé qui marche industriellement, depuis plusieurs années, à Philadelphie, à New-York, à Brooklyn, et permet de traiter dans les 24 heures la production journalière *totale* d'ordures ménagères de ces villes, dépassant 1200 tonnes par jour.

Le procédé de traitement par la vapeur sous pression, exploité en régie, fournirait sans doute la solution la plus avantageuse pour l'utilisation des ordures ménagères des villes importantes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

LA PLAINE DE CAEN, par M. Guénaux (1).

CULTURES

ÉVOLUTION DES CULTURES DANS LA PLAINE DE CAEN

Tout en restant essentiellement un pays de céréales et de prairies artificielles, la Plaine de Caen a vu sa production agricole subir, dans la suite des temps, une évolution rendue nécessaire par les modifications survenues dans l'état économique des cultures.

Les plantes cultivées actuellement dans la plaine n'y ont pas toujours occupé la première place. Nombre de cultures autrefois florissantes ont aujourd'hui complètement disparu; c'est ainsi que le colza lui-même, la plante favorite des cultivateurs du pays, perd d'année en année son ancienne importance, parce que sa culture cesse d'être lucrative. Il faut d'ailleurs qu'il en soit ainsi : l'agriculteur doit toujours être prêt à modifier son système de culture et à le faire varier selon les conditions économiques du moment.

Plantes tinctoriales. — La culture des plantes tinctoriales eut jadis une grande importance dans la Plaine de Caen.

La *garance* notamment, qui croît très bien dans la région, fut cultivée très anciennement. Un cartulaire de l'abbaye de Troarn, à la date de 1122, cite comme étant soumise au droit de dîme la garance, que l'on cultivait alors sur les terres dépendant de l'abbaye. Le drap que l'on teignait à cette époque avec la garance récoltée dans la plaine et qu'on appelait *écarlate de Caen*, jouit pendant longtemps d'une haute réputation; il était notamment très estimé et très recherché en Italie. Mais l'extension prise en Flandre et en Hollande dès le XV^e^ siècle par la culture de cette plante la fit abandonner en Normandie dans le

(1) Voir les *Bulletins* de février et mars 1900.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

courant du XVIe siècle. En 1762, un contrôleur général, ami de l'agriculture, M. Bertin, voulut réintroduire la culture de la garance en Normandie; il fit distribuer aux Sociétés d'agriculture de Caen et de Rouen, qui venaient d'être créées, des graines de cette plante, qu'il avait fait venir de Smyrne. M. de Magneville fit des essais à Ryes, près de Bayeux, et quoique le sol fût trop argileux, il obtint de bons produits, avec lesquels il fit teindre quelques pièces d'étoffe de laine, qui prirent très bien la couleur. Mais cette tentative en resta là. Il est difficile dans la Plaine de Caen, où l'atmosphère est souvent humide, de sécher les racines assez promptement pour qu'elles ne s'altèrent pas.

Le *pastel*, ou vouèdre, vouède, etc., fut pendant plusieurs siècles un des principaux produits du sol de la plaine (1). De Bras, dans ses *Recherches sur la Neustrie*, signale le pastel qu'on cultive dans la vicomté de Caen, « dont il s'en tire une si bonne quantité que l'on en fait d'aussi singulières teintures que du même pastel d'Albi ». En 1422, Henri V, roi d'Angleterre, autorisa les habitants de Caen à établir un octroi de 2 sous 6 deniers par cuve de vouède chargé au quai de cette ville, pour en employer le produit à l'entretien des fortifications. Cependant, à la suite de l'invention des couleurs d'aniline, cette culture du pastel fut entièrement abandonnée. En 1850, on n'en rencontrait plus que quelques sillons dans les communes voisines de la mer, comme à Cresserons, Luc et Langrune, dans ce canton de Douvres, autrefois le centre du commerce du pastel : les teinturiers de tous les pays venaient s'approvisionner de vouède au marché de La Délivrande; on trouve encore maintenant nombre de *delles* (2) qui portent le nom de *Delle du Moulin à vouèdre*.

Il en était à peu près de même de la *gaude* (*Reseda luteola*), plante indigène propre à la teinture jaune, dont les teinturiers firent une grande consommation. Cette plante croît spontanément dans les déblais des carrières et dans les lieux incultes, le long des chemins et des fossés. Sa culture a complètement disparu. D'ailleurs, depuis 1875, on ne trouve plus un champ de plantes tinctoriales dans toute la Plaine de Caen.

Plantes textiles. — Lorsque l'usage des tissus de coton fut devenu général, la culture des plantes textiles, jusque-là très florissante, commença à languir. Dès 1840, le lin et le chanvre n'étaient plus cultivés qu'en petite quantité dans la Plaine de Caen, et seulement pour les besoins de la ferme; le chanvre était plus abondant sur le littoral, à cause de l'emploi de sa filasse pour la confection des filets et des cordes destinées au gréement des barques; les graines étaient vendues aux fabricants d'huile. Actuellement, la culture du chanvre est complè-

(1) Le pastel (*Isatis tinctoria*) est une crucifère qui servait à obtenir le bleu pers.

(2) Une delle est une division de terrain dans laquelle les parcelles ont une orientation commune.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment abandonnée, et celle du lin n'occupe plus dans tout le département du Calvados qu'une surface certainement inférieure à 50 hectares.

Plantes oléagineuses. — On cultivait autrefois, concurremment avec le colza, la cameline et la rabette. Cette dernière plante, quoique introduite la première dans le pays, fut totalement abandonnée bien avant la crise du colza. La culture de la *cameline* fut toujours moins importante que celle du colza, car elle épuisait beaucoup les terres et la graine se vendait un peu moins cher que celle du colza. On semait la cameline dans le courant de mai ; elle était coupée à la fin d'août, on la laissait en javelles pendant deux ou trois semaines pour achever la maturation des graines, puis on la battait et on la soignait comme le colza. Un hectare de cameline produisait de 14 à 16 hectolitres de graines.

LES CULTURES ACTUELLES

SYSTÈME DE CULTURE DE LA RÉGION D'ÉLEVAGE

La Plaine de Caen, sauf sur le littoral et dans une partie de la haute plaine, a un système de culture fort bien approprié à l'élevage du cheval, qui est l'objet de la principale industrie agricole du pays. Ce système de culture a pour base la production des plantes fourragères légumineuses (prairies artificielles) destinées à l'alimentation des poulains. Les cultures de céréales, surtout celles du blé et de l'avoine, y occupent aussi une place fort importante. Mais les plantes sarclées y font presque entièrement défaut, depuis la crise qui sévit sur le colza. Nous allons examiner successivement ces diverses cultures.

CULTURES FOURRAGÈRES

LÉGUMINEUSES

Le nom de *Plaine de Caen* évoque aussitôt à l'idée ceux de prairies artificielles et d'élevage du cheval. Ce sont, en effet, les principales richesses de ce pays; toute la production agricole leur est subordonnée et nous ne saurions mieux débuter dans notre examen des cultures que par celui de ces prairies artificielles si renommées, et qui règlent d'ailleurs l'assolement en usage.

Les prairies artificielles de la plaine sont semées en sainfoin, en trèfle incarnat, en trèfle violet et en luzerne. Le sainfoin et le trèfle incarnat sont réservés presque exclusivement pour l'alimentation des chevaux; le trèfle violet et la luzerne sont surtout destinés aux vaches laitières. Voici, d'après la statistique

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de 1892, les surfaces cultivées pour chacune de ces plantes, dans le département du Calvados :

Sainfoin.	23 000	hectares.
Trèfle incarnat. . . .	5 564	—
Luzerne.	1 800	—
Trèfle.	20 875	—

On cultive en outre, en plus petite quantité, des vesces et des féveroles.

Les prairies artificielles ont surtout pris un grand développement dans la Plaine de Caen, vers la fin du siècle dernier. Les avantages qu'en a retirés cette région sont considérables; outre le fourrage abondant et nutritif que produisent ces prairies et qui a contribué pour une grande part à l'amélioration du cheval normand, elles ont enrichi le sol par l'azote accumulé dans les racines laissées en terre.

Sainfoin. — Cette plante occupe la première place dans la Plaine de Caen, où sa culture a favorisé dans toutes les fermes l'élevage du cheval de demi-sang; elle se prête aussi parfaitement à l'entretien de la belle race bovine normande. C'est une des plantes qui conviennent le mieux à la plaine calcaire dont nous nous occupons; cependant, comme l'a démontré Isidore Pierre, il ne faut pas en abuser, par crainte de fatiguer le sol.

Le sainfoin à deux coupes ou *grande graine* (expression locale) est le plus cultivé; le sainfoin à une coupe ou *petite graine* n'est cultivé que dans les terres légères, celles de Conteville et Bellengreville, par exemple. On sème le sainfoin au printemps, soit en couverture dans un blé, en le hersant, soit en semant l'avoine. Il faut 3 1/2 à 4 1/2 hectolitres de graine pour ensemencer un hectare. Le sainfoin préfère les terres franches et les terres légères; les terres trop argileuses ne lui conviennent guère : on l'y remplace par le trèfle. On ne le garde ordinairement que pendant deux ans, trois ans au plus.

Le rendement de la grande graine peut être évalué à 7 000 kilos en fourrage sec par hectare. La première coupe est fauchée et donne de six cents à huit cents bottes. La seconde coupe n'est que d'environ trois cents bottes; le foin de cette seconde coupe n'a jamais la qualité de celui de la première. On obtient aussi un regain, qu'on fait paître par les bestiaux. Une botte doit peser de 14 à 16 livres dans le champ; son poids se réduit à 11 ou 12 livres, après quelques mois de séjour dans le grenier.

Immédiatement après que le sainfoin est fauché, on l'étend avec des fourches pour le faner. Le soir, on le réunit en petits tas aussi creux que possible, nommés *petits cabots*. Le lendemain, après que la rosée est dissipée, on retourne les cabots et on les étend à nouveau. S'ils ne sont pas assez secs, on les reforme le soir, et lorsque le sainfoin est bien sec, on le réunit en gros meulons ou

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mulons appelés *vieillottes*. Chaque vieillotte contient de cent à deux cents bottes. On laisse le foin dans cet état pendant quelques jours, pour « ressuer » ; puis on le lie et on le rentre au grenier aussitôt après. Les bottes sont liées avec des liens en foin tordu ou *teurquès* et plus souvent avec des liens ayant servi l'année précédente pour la récolte des céréales ou avec de nouveaux liens faits avec du *gluis* ou paille triée de blé ou de seigle. Le bottelage est fait à la tâche par des ouvriers spéciaux; on paye ordinairement 0 fr. 80 pour 100 bottes de 7 kilos, soit 8 francs les 1 000 gerbes; un botteleur exercé et vigoureux arrive à lier 700 gerbes par jour. Le fauchage se paye à raison de 8 francs par hectare.

On reconnaît que le sainfoin est bon à couper lorsque les épis sont défleuris dans leur moitié inférieure. Si l'on attendait que la graine soit plus formée, le

Fig. 13. — La fenaison.

fourrage aurait perdu une partie de ses feuilles, et les souris, très friandes de la graine, feraient beaucoup de mal au foin dans le grenier.

Dans la plupart des bonnes exploitations, les sainfoins sont semés dans une avoine. Ils réussissent bien, même sans engrais; toutefois, quand, à la sortie de l'hiver qui suit le semis, ils paraissent un peu faibles, on ajoute une certaine quantité d'engrais, du chlorure de potassium en général (M. de Saint-Quentin, à Garcelles) (1). La première coupe est presque toujours forte et donne environ 8 000 kilogrammes de fourrage à l'hectare; la deuxième coupe est partie pâturée au piquet par les chevaux qui vont dans ce fourrage en sortant du trèfle incarnat, partie récoltée pour la graine, le foin battu étant distribué pendant l'hiver aux

(1) On trouvera, au cours de cette étude, des exemples fréquents pris sur les exploitations de M. le comte de Saint-Quentin à Garcelles, et de M. Paul Bastard, à Fontaine-Henry. M. de Saint-Quentin a obtenu en 1894 la prime d'honneur au concours régional de Caen et M. Bastard le prix cultural de la catégorie des fermiers. Nous avons cru utile d'exposer en détail, lorsqu'il y avait lieu, les procédés et méthodes en usage dans ces fermes, qui sont en quelque sorte les fermes *classiques* de la Plaine de Caen.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

animaux; ce foin battu est d'ailleurs peu nutritif et est donné aux bovins comme supplément de ration.

L'année suivante, la première coupe est récoltée en sec; elle donne généralement autant de poids qu'en première année; la seconde coupe est pâturée au piquet par les chevaux, aussitôt après le dépouillement du trèfle incarnat. On procède alors au défrichement du sainfoin; dès le mois d'août on donne un labour très léger, sorte de déchaumage, puis un labour profond, et enfin un troisième labour après lequel on fait des semis de blé. Chez M. Bastard, à Fontaine-Henry, on sème sur quelques hectares un mélange de sainfoin et de trèfle violet; cette pratique a l'avantage de donner trois coupes lorsque l'été n'est pas trop sec.

Trèfle incarnat (1). — Tout en ayant une importance moindre que le sainfoin, le trèfle incarnat n'en occupe pas moins une grande place dans la Plaine de Caen, dont les terres lui conviennent parfaitement. Il permet de donner aux animaux, à la sortie de l'hiver, un fourrage non seulement abondant, mais aussi très substantiel; il favorise beaucoup le développement osseux et musculaire des jeunes chevaux, grâce à la forte proportion d'acide phosphorique qu'il contient. Les éleveurs le cultivent beaucoup.

On le sème du 15 août au 15 septembre; on sème la graine nue et non munie de sa bourre : on est obligé en effet de l'acheter dans le commerce, car l'humidité du climat se prête mal à la dessiccation de la graine. On cultive les trois variétés : hâtive, demi-tardive et tardive, ce qui permet de le pâturer (2) pendant les deux mois d'avril et de mai. Il est peu exigeant comme soins de culture : il suffit d'une seule façon donnée au sol à l'aide de la herse ou du scarificateur. Il fait acquérir en quelques jours aux animaux un poil luisant, signe évident de belle santé et de croissance. On laboure le trèfle incarnat en juin; les bons cultivateurs le labourent même au fur et à mesure, derrière les chevaux, en avril et au commencement de mai, de façon à lui faire succéder une récolte dérobée, soit de maïs ou de vesces, soit encore de plants de colza.

Les semis de trèfle incarnat sont parfois ravagés et détruits en septembre par de petites limaces, désignées dans le pays sous le nom de *buottes*.

Cette plante, dans les printemps humides, donne des quantités énormes de fourrage et il est quelquefois difficile de faire tout consommer sur pied par les animaux. Dans ces années d'abondance, quelques agriculteurs, au lieu de récolter en foin ce fourrage qui donne un produit de qualité inférieure, le mettent en silos dans des fosses en terre de 15 à 20 mètres de long sur 5 mètres de large et 2 mètres de profondeur, situées près d'une route et en terrain sec. M. de Saint-

(1) Le trèfle incarnat est connu aussi dans la Plaine de Caen sous les noms de *trèfle d'Espagne* et de *pagnolée d'Espagne*.

(2) Voir le pâturage au piquet.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Quentin en particulier a fait, au sujet de l'ensilage, des observations intéressantes ; il a reconnu que le fourrage qui se conserve le mieux était celui qui, en pleine floraison, était fauché le matin et ensilé de suite, encore tout imprégné de rosée. L'important est de tasser fortement et uniformément la masse et de la mettre parfaitement à l'abri de l'air, en la couvrant par une forte couche de terre.

Il faut avoir bien soin de donner le trèfle incarnat aux bêtes au moment de l'épanouissement des fleurs ; les tiges sont alors très tendres et constituent un excellent fourrage vert. Mais ensuite le fourrage durcit très vite, perd en grande partie sa valeur alimentaire et il est difficilement accepté par les animaux. Voici, à ce sujet, l'appréciation du professeur Ph. Wagner : « Un des trèfles les plus dangereux est incontestablement le trèfle incarnat, à cause de sa fleur à calice fortement chevelu et poilu. Le chevelu de la partie florale se tient mou tant que la plante n'a pas dépassé un certain âge. Au cas contraire, le chevelu devient raide et forme des balles dans les voies intestinales des bêtes. Ces balles peuvent atteindre jusqu'à sept centimètres de diamètre et devenir la cause d'inflammation intestinale avec issue mortelle. »

Trèfle. — On ne cultive qu'une espèce de trèfle dans les prairies artificielles : c'est le trèfle violet (*Trifolium pratense*) ou *pagnolée commune* (expression locale). Cette culture n'est pas très répandue dans la plaine de Caen. Les sols argileux sont ceux qui conviennent le mieux à cette plante. On laisse subsister le trèfle pendant trois ans et même quatre ans dans les sols de cette nature ; mais dans les terres franches et dans les terres légères on ne le conserve qu'une année ou deux.

On sème le trèfle depuis la fin de février jusqu'en avril. Il faut une livre de graine de trèfle pour semer dix perches de terre (1), c'est-à-dire $8^{kil},500$ par hectare. On sème le trèfle dans le blé, l'orge ou l'avoine, suivant l'assolement adopté, et c'est toujours le blé qui lui succède. On coupe le trèfle trois fois par an, si on le fait consommer en vert, et deux fois seulement, si on le fait manger en sec. On le fait aussi pâturer sur place.

Les cultivateurs cherchent autant qu'ils le peuvent à ne pas acheter leur semence ; ils conservent la quantité de trèfle qu'ils jugent nécessaire pour les semis de l'année suivante. C'est toujours du trèfle de la seconde coupe qu'on réserve pour graine.

La première coupe de trèfle doit donner de 500 à 650 bottes de foin par hectare, et la seconde moitié moins.

Le trèfle est destiné plus particulièrement à la nourriture des vaches, soit seul, soit mélangé avec du sainfoin. La météorisation est à redouter lorsqu'on le fait pâturer sur place.

(1) Perche : mesure locale de 60 mètres carrés environ.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Luzerne. — On cultive la luzerne, mais en petite quantité. On lui préfère généralement le trèfle qui redoute moins l'humidité. Elle exige un terrain léger et profond. Tous les bestiaux aiment la luzerne en vert, mais les chevaux la gaspillent en sec ; ils ne mangent point les feuilles qu'ils recherchent dans le sainfoin.

On coupe la luzerne jusqu'à quatre fois par an, si on la fait manger en vert.

Le varech et les autres plantes marines enfouies de vieille date sont un excellent engrais pour la luzerne.

Engrais à donner aux légumineuses. — M. le Dr Louïse, directeur de la Station agronomique de Caen, a fait des expériences fort intéressantes sur les fumures convenant aux prairies artificielles dans la plaine de Caen. Il s'est proposé de rechercher :

1° Si les plantes légumineuses peuvent s'enrichir sensiblement en acide phosphorique dans le cas où cet élément fertilisant serait mélangé abondamment au sol ;

2° Sous quelle forme il conviendrait de répandre les engrais phosphatés dans un sol déterminé, pour obtenir le maximum de rendement en acide phosphorique dans le fourrage.

Les expériences ont été effectuées sur la ferme de M. Bastard ; elles ont porté sur 6 ares de sainfoin et 4 ares de trèfle incarnat. On a mis deux kilogrammes d'acide phosphorique par are sous des formes diverses, sauf dans une parcelle destinée à servir de témoin. La répartition des engrais pour les différents carrés d'un are fut la suivante :

Sainfoin.	kilos.	*Trèfle incarnat.*	kilos.
Sans engrais	»	Sans engrais	»
Phosphate de chaux	4,500	Phosphate de Pernes	12,500
Poudre d'os	5,500	Superphosphate	16,500
Phosphate de Pernes	12,500	Scories	13,300
Superphosphate minéral	16,660		
Scories phosphatées	13,300		

Les différentes parcelles ont été cultivées dans les mêmes conditions. Des échantillons récoltés le même jour et pesés ont été soumis à l'analyse (dosage de l'acide phosphorique). Résultats :

Trèfle incarnat.

	Matière verte.	Matière sèche.	Ac. phosph. p. 100 (matière sèche).	Ac. phosph. p. 100 (matière verte).	Ac. phosph. de la mat. verte à l'hectare.
	kilog.	kilog.	grammes.	grammes.	kilog.
Sans engrais	4,800	0,720	0,416	0,0624	29,952
Superphosphate	4,300	0,481	0,864	0,0966	41,538
Scories	6,500	0,735	0,600	0,0678	44,076
Ph. de Pernes	5,010	0,570	0,550	0,0626	31,352

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Sainfoin.

	Matière verte.	Matière sèche.	Ac. phosph. p. 100. (matière sèche).	Ac. phosph. p. 100. (matière verte).	Ac. phosph. de la mat. verte. à l'hectare.
	kilog.	kilog.	grammes.	grammes.	kilog.
Sans engrais	3,335	0,595	0,544	0,097	32,36
Poudre d'os.	3,700	0,550	0,601	0,107	33,65
Phosphate de chaux.	2,930	0,770	0,691	0,181	53,20
Superphosphate. . .	3,340	0,770	0,672	0,154	51,74
Scories.	3,655	1,009	0,614	0,169	61,95
Ph. de Pernes. . . .	3,480	0,800	0,588	0,135	47,64

L'examen de ces deux tableaux montre qu'un épandage abondant d'engrais phosphaté rend le fourrage plus riche en acide phosphorique. L'emploi des phosphates permet, par suite, de donner aux jeunes chevaux une nourriture suffisamment riche en acide phosphorique pour assurer leur développement rapide; c'est même, d'après M. Bastard, la meilleure manière de faire entrer l'acide phosphorique dans l'organisme des animaux (1). Les expériences du Dr Louïse montrent en même temps que le meilleur résultat a été fourni par les scories de déphosphoration.

Une pratique excellente, suivie dans les meilleures exploitations, consiste d'ailleurs à répandre sur le sainfoin, après la première année, en décembre ou janvier, 1 000 kilos de scories de déphosphoration à l'hectare; il en résulte une récolte plus vigoureuse pour l'année suivante et l'on procure en même temps à la récolte de blé qui succède au sainfoin l'acide phosphorique nécessaire.

GRAMINÉES

Seigle. — La plupart des cultivateurs font un peu de seigle, car sa précocité permet de le donner en vert aux chevaux et aux vaches, dès le début du printemps, avant le trèfle incarnat. Les chevaux qui en consomment ont un poil fin et luisant et se maintiennent en bonne santé; les vaches, sous son action, produisent beaucoup de lait. Sa consommation dure quinze jours.

Moha. — La culture du moha de Hongrie s'est un peu répandue dans la partie nord de la Plaine de Caen. Cette plante végète bien sur ce sol riche et fournit un fourrage abondant. Quoique les chevaux mangent bien le fourrage vert de moha, on le réserve pour les vaches laitières. Le moha est fait en culture dérobée : on le sème vers le commencement de mai et on le fait pâturer au piquet par les vaches, en juillet et en août; on pratique aussi des semis successifs jusqu'au commencement de juillet, pour avoir du fourrage vert jusqu'à la fin de septembre.

(1) On sait que l'influence des phosphates minéraux mélangés à la nourriture des animaux est très discutée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les cultivateurs préfèrent le moha au maïs ; ce dernier se prête mal au pâturage en vert à cause de ses tiges épaisses : pour entrer dans l'alimentation des animaux, il doit être distribué à l'étable, après avoir été fragmenté au préalable ; on doit surtout le réserver pour l'ensilage, dont il s'accommode très bien. Le moha, au contraire, est mangé très facilement par les bestiaux. La variété désignée sous le nom de moha vert de Californie, plus vigoureuse, plus feuillue et plus productive que le moha de Hongrie, est à recommander aux cultivateurs de la plaine.

Maïs. — En général, on fait peu de maïs dans la Plaine de Caen. Cependant son produit énorme (70 à 80 000 kilogrammes à l'hectare), sa croissance rapide et sa grande valeur alimentaire en font une plante des plus recommandables pour cette région, dont les terres fertiles lui conviennent à merveille.

On le fait en culture dérobée, venant ordinairement, comme le moha, après le trèfle incarnat. A Garcelles, notamment, on ensemence chaque année plusieurs hectares en variétés de maïs à grand rendement, tardives et pouvant être réservées pour l'ensilage ; en 1892, une pièce semée en maïs Caragua a donné 100 000 kilogrammes de fourrage vert à l'hectare. Grâce à l'ensilage, cette plante à tige grosse et élevée, à substance très aqueuse, difficile à amener à dessiccation, pourrait facilement se conserver pendant des mois et assurer l'alimentation des bestiaux. Le fourrage doit être ensilé aussitôt après le fauchage, même si le temps est pluvieux ; l'humidité est même favorable : l'eau que contient la matière occupe en effet la place de l'air.

BETTERAVE FOURRAGÈRE

Le turneps a été très anciennement cultivé aux environs de Caen ; mais depuis l'introduction de la betterave, sa culture a été abandonnée peu à peu.

Les terres de la Plaine de Caen, riches et fertiles, sont très favorables à la culture de la betterave. Les variétés principalement cultivées : la Jaune Globe, la Jaune Longue, la Corne de Bœuf, la Géante de Vauriac, l'Ovoïde des Barres, y réussissent très bien et fournissent des rendements élevés. La Géante de Vauriac notamment donne d'excellents résultats ; elle est productive, facile à arracher, de bonne garde et de bonne composition alimentaire.

Chez M. de Saint-Quentin, les betteraves fourragères reçoivent la fumure suivante, à l'hectare : 60 mètres cubes de fumier, 250 kilogrammes de sulfate d'ammoniaque, 100 kilogrammes de sang desséché, 600 kilogrammes de superphosphate de chaux et 100 kilogrammes de chlorure de potassium. Avec une telle fumure, le rendement moyen obtenu s'élève de 75 000 à 90 000 kilogrammes à l'hectare.

Les semis de betteraves ont lieu dans le courant du mois d'avril ; les plus

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

précoces sont les meilleurs; cependant on peut encore semer ou renouveler aux premiers jours de juin les semis déjà faits s'ils ont mal réussi.

Les betteraves sont données aux vaches laitières, pour lesquelles elles constituent un fort bon aliment, quoiqu'un peu aqueux. Une pratique à signaler, qui est courante dans toute la Plaine de Caen, est celle de l'effeuillage des betteraves; il est certain qu'en août et septembre, mois où la sécheresse se fait souvent sentir, les cultivateurs sont heureux de procurer à leur bétail, au moyen de l'effeuillage, un fourrage vert et rafraîchissant; on n'en doit pas moins proscrire le plus possible cette manière de faire, car elle diminue les rendements dans une proportion de 20 à 30 p. 100, au minimum.

POMME DE TERRE

La pomme de terre est généralement cultivée dans la Plaine de Caen, où elle a toujours eu une certaine importance. Elle est exploitée surtout pour les besoins de la ferme et pour la nourriture des bestiaux.

Cette culture exige une terre ameublie fortement par de nombreux labours et bien fumée; 60 000 kilogrammes de fumier à l'hectare sont nécessaires. La pomme de terre succède avec avantage aux prairies artificielles; elle peut précéder une culture de blé. On plante et on récolte à la charrue.

On cultive plusieurs variétés alimentaires, telles que l'Early Rose, la Saucisse rouge, la Magnum bonum, la Chardon, l'Œil bleu, la Kidney hâtive, la Marjolin, la Hollande, etc.; beaucoup de cultivateurs récoltent plus de pommes de terre qu'il n'en faut pour leur usage, car la vente s'en fait avec facilité; néanmoins, cette culture n'occupe pas toute l'étendue qu'elle devrait avoir; elle a plus d'importance le long de la côte que dans la plaine proprement dite. La pomme de terre industrielle n'est nullement cultivée; il est à souhaiter que cette culture se développe et que l'établissement de féculeries encourage les cultivateurs à accorder une plus large place dans leurs assolements à ce précieux tubercule.

Les rendements ne sont pas très élevés en général. Cela tient en grande partie à la maladie occasionnée par le *phytophtora infestans* et qui se signale de loin par les taches brunes qui maculent les feuilles. Cette maladie fit son apparition dans la Plaine de Caen en 1845; les deux tiers de la production furent perdus cette année-là; le printemps et une grande partie de l'été de 1845 avaient été sombres, humides et froids : aussi pensa-t-on, avec raison, que la maladie s'était développée sous l'influence de la basse température et de l'excès d'humidité. Dès cette époque, on préconisa la plantation de tubercules entiers, choisis parmi les plus sains. Malheureusement les cultivateurs ne se sont pas préoccupés assez de cette maladie et le *phytophtora infestans* a continué à exercer ses ravages; en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1897 notamment (année pluvieuse), la récolte a été réduite des deux tiers pour ce seul motif. Les expériences de MM. Aimé Girard et Prillieux ont prouvé que des traitements cupriques faits à l'aide de pulvérisateurs suffisent pour préserver les plants de pommes de terre ; mais les cultivateurs ne font absolument rien, alors qu'un traitement à la bouillie bordelaise, qui revient à environ 40 francs par hectare, leur permettrait, comme l'ont montré les expériences faites en 1898 à l'École normale de Caen par M. Martin, professeur départemental d'agriculture, d'augmenter la récolte d'au moins un tiers ; or, il est à noter que l'année 1898 a été beaucoup plus favorable à la pomme de terre, par suite de sa sécheresse, que les années précédentes.

La culture de la pomme de terre restera encore longtemps stationnaire dans la Plaine de Caen. Ce ne sont cependant pas, comme nous le verrons à propos de la culture maraîchère, les débouchés qui font défaut. Il suffirait, pour obtenir de beaux bénéfices avec cette culture, de s'entourer des conditions nécessaires à la réussite, c'est-à-dire : de donner des labours profonds, — d'appliquer les engrais nécessaires, déterminés par expérience, — d'employer des variétés améliorées, — de planter des tubercules moyens, en lignes espacées de $0^m,60$ ($0^m,50$ sur les lignes), — de donner enfin les façons d'entretien nécessaires. — Il ne tient qu'aux cultivateurs à faire preuve d'initiative et à combler ainsi en partie le vide laissé par la disparition du colza dans les ressources agricoles du pays.

FOURRAGES DIVERS

On cultive diverses plantes fourragères annuelles pour les faire manger en vert par les bestiaux.

Elles se composent de pois d'hiver et de printemps ; de vesce d'hiver, qu'on connaît sous le nom d'*hivernage* ou de *livernage* et de vesce de printemps. La moutarde blanche, semée dans le courant du printemps, fournit aussi un excellent fourrage pour les vaches laitières. On cultive parfois le sarrasin comme fourrage ; on le sème alors du mois de mai au mois d'août ; mais c'est un fourrage assez médiocre.

On cultivait autrefois le colza pour le faire manger en vert aux vaches dans l'arrière-saison ; on le semait avec des pois, de la vesce et du sarrasin. On appelait ce mélange de la « mêlée » ou de la « dragée ».

Des essais de plantes fourragères nouvelles, comme la vesce velue, faits à Garcelles et à Fontaine-Henry, n'ont pas donné de bons résultats.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PRAIRIES TEMPORAIRES

Les prairies temporaires occupent une faible place parmi les cultures de la Plaine de Caen. Depuis une dizaine d'années, elles ont une tendance à s'accroître et la statistique de 1892 en indique 3 000 hectares dans le département.

Fig. 14. — La ferme de Fontaine-Henry.

Malgré le profit que l'on pourrait retirer de ces prairies, on comprend aisément qu'elles doivent céder le pas aux prairies artificielles, qui conviennent beaucoup mieux à l'élevage du cheval, tel qu'on le pratique dans le pays.

(*A suivre.*)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MARINE

LES MARINES DE GUERRE MODERNES

Par M. de Chasseloup-Laubat (1).

II. — LE MATÉRIEL NAVAL

ALLEMAGNE

MONOGRAPHIES

Cuirassés. — Kœnig Wilhem (2). — Deutschland (2). — Brandenbourg. — Kaiser Friedrich III.
Gardes-côtes. — Sachsen (3). — Siegfried.
Croiseurs cuirassés. — Furst Bismarck.
Croiseurs protégés. — Irène. — Kaiserin Augusta. — Gefion. — Freya.

KŒNIG WILHELM (fig. 1)

Cuirassé (1868-1897).

Construit en 1868, le *Kœnig Wilhelm* a été refondu d'abord en 1878, puis il a reçu de nouvelles machines et une nouvelle artillerie en 1893-1895. En 1897, il a subi une nouvelle transformation.

Dimensions :

Longueur	108 mètres.
Largeur	18 —
Tirant d'eau	8m,40
Déplacement	9 757 tonnes.

Coque. — Coque en fer avec éperon de 2m,50 de saillie; arrière rentrant. Trois mâts, dont les deux avant militaires à double hune. Deux cheminées.

Protection. — Ceinture totale formée de plaques compound de 305 millimètres à la partie centrale et de 152 millimètres à la batterie et aux redoutes; sa hauteur au-dessus de la flottaison est variable; au milieu, elle monte à 4m,50, pour protéger la batterie centrale; à l'extrême arrière, elle s'élève jusqu'au pont

(1) Voir le *Bulletin* de mars 1900.
(2) L'annuaire du *Flotte-Verein* (Union maritime allemande) classe deux navires parmi les croiseurs cuirassés.
(3) L'annuaire de l'Union maritime classe les navires de ce type sous la rubrique de cuirassés de 3e classe.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des gaillards pour former une batterie cuirassée. A l'avant, elle monte de 0m,60 seulement.

Redoute cuirassée à l'avant, formée par le prolongement de la cloison trans-

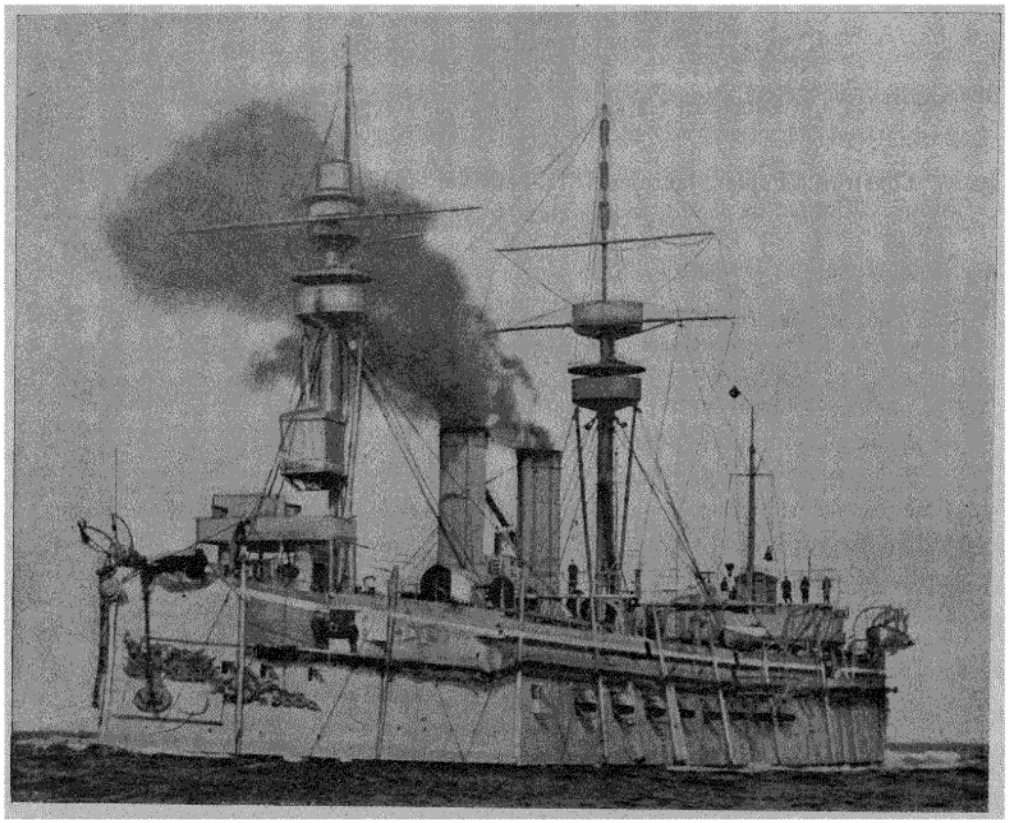


Fig. 1. — *Kœnig Wilhelm.*

versale *N* et par deux retours sur les flancs; redoute cuirassée analogue à l'arrière.

Machines. — Machines d'une puissance de 8350 chevaux; une seule hélice. Vitesse, 14n,7.

Approvisionnement de charbon de 750 tonnes.

Armement. — 18 pièces de 240 millimètres dans la batterie, tirant par le travers, avec commandement de 3m,50;

4 pièces de 240 millimètres, par paires, dans les redoutes avant et arrière, avec un commandement de 5m,49 et 5m,19;

1 canon de 150 millimètres à tir rapide, en retraite, dans la batterie;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

18 canons de 88 millimètres à tir rapide ;
8 mitrailleuses ;
5 tubes lance-torpilles.
L'équipage est de 730 hommes.

DEUTSCHLAND

Cuirassé (1874-1896)

Construit à Poplar; lancé en 1874, remanié en 1896.
Dimensions :

Longueur	85 mètres.
Largeur	19 —
Tirant d'eau arrière	7m,90
Déplacement	7676 tonnes.

Coque. — Coque en fer; compartiments étanches; éperon; teugue élevée. Deux mâts militaires ; deux cheminées.

Protection. — Ceinture cuirassée en fer forgé de 254 millimètres à 127 millimètres, s'élevant à 0m,76 au-dessus de la flottaison en avant du réduit central, à 1m,83 en arrière, et se relevant même à l'extrême arrière jusqu'au pont des gaillards. La ceinture descend à 1m,80 environ au-dessous de l'eau.

Réduit central formé par la ceinture et des traverses droites blindées à 203 millimètres.

Pont blindé, à 51 millimètres en avant du réduit, à 13 millimètres à l'arrière.

Machines. — Machines d'une puissance de 8,000 chevaux; une seule hélice. Vitesse 14n,0.

Approvisionnement de charbon de 710 tonnes.

Armement. — 8 canons de 261 millimètres dans la batterie, avec commandement de 2m,50, dont 4 tirant par le travers et 4 par des sabords d'angles;
1 canon de 152 millimètres à tir rapide à l'arrière ;
6 canons de 152 millimètres à tir rapide sur le pont des gaillards ;
8 canons de 88 tir rapide ;
12 canons de 50 ;
8 mitrailleuses ;
5 tubes lance-torpilles.
650 hommes d'équipage.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

BRANDENBOURG

Cuirassé de 1re classe (1892).

Mis en chantier en 1889 à Wilhelmshaven; lancé en 1892. Les navires similaires sont :

Wœrth, construit à Kiel, commencé le 3 mars 1890, lancé le 6 août 1892, armé le 31 octobre 1893;

Weissemburg, lancé en 1891 à Stettin;

Kurfurst Friedrich Wilhelm (fig. 3), mis en chantier le 20 mars 1891, lancé le 30 juin 1893 à Wilhelmshaven.

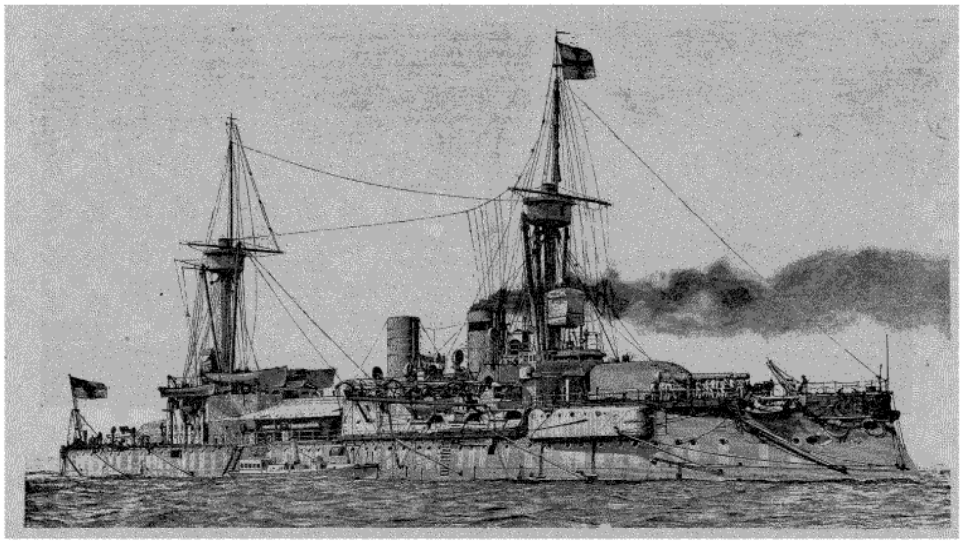


Fig. 2. — *Brandenbourg.*

Coque. — Coque en acier à double fond. Cloisonnement longitudinal et transversal donnant 120 compartiments étanches. Arrière relativement bas; deux mâts militaires, un à l'avant passant dans la batterie, un à l'arrière entre les tourelles. Deux cheminées dans l'axe à l'arrière du mât avant.

Dimensions :

Longueur	108 mètres.
Largeur	20 —
Tirant d'eau arrière	8 —
— moyen	7m,50
Déplacement	10033 tonnes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Protection. — Ceinture totale en acier au nickel, d'une hauteur moyenne de 2m,40 et de 400 millimètres d'épaisseur au milieu et 300 millimètres aux extrémités, reposant sur 200 millimètres de bois de teck.

Pont blindé, de bout en bout, de 60 millimètres au milieu et 65 millimètres sur les côtés.

Trois tourelles barbettes dans l'axe du navire (une à l'avant, une à l'arrière et une au centre), blindées à 300 millimètres dans la partie fixe, à 120 dans la partie mobile.

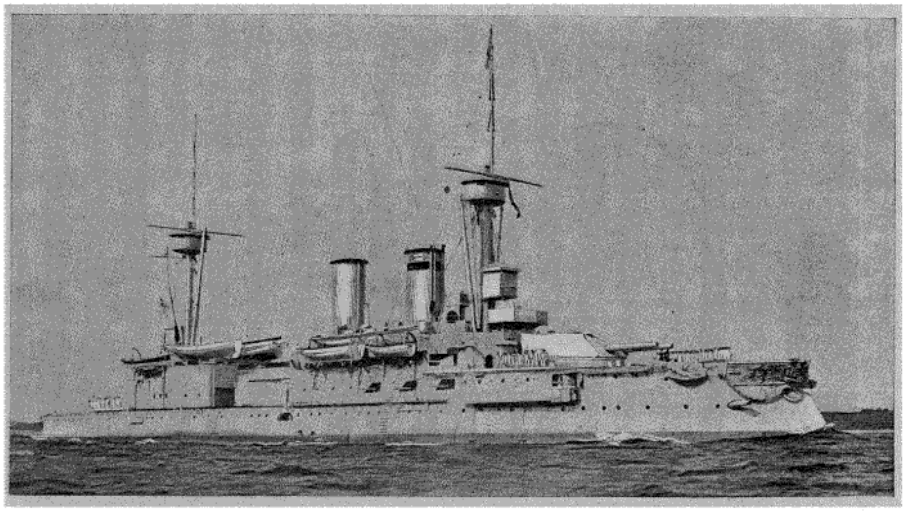


Fig. 3. — *Kurfurst Friedrich Wilhelm.*

Blockhaus blindé à 300 millimètres.

La tourelle de l'avant est placée à une grande hauteur, sur une teugue surélevée s'étendant sur près de la moitié du bâtiment. Derrière cette tourelle, une batterie légèrement cuirassée pour les canons de 105 millimètres.

Machines. — Deux machines à triple expansion avec trois cylindres, d'une puissance de 4 500 à 5 000 chevaux chacune. Une cloison étanche montant jusqu'au pont cuirassé isole les deux groupes de machines.

Salle de chauffe coupée par des cloisons transversales en quatre parties contenant chacune trois chaudières cylindriques à simple façade, avec quatre foyers, installées pour le chauffage au charbon et aussi, sur le *Brandenbourg* et le *Kurfurst Friedrich Wilhelm*, pour le chauffage avec combustible liquide.

Deux hélices en bronze.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La vitesse est de 16ⁿ,6 (1) au tirage naturel avec 9 640 chevaux et 110 tours.

Approvisionnement de charbon, 800 tonnes.

Armement. — L'artillerie comprend :

6 canons de 280 millimètres, disposés par paires dans les trois tourelles. La première tourelle permet de tirer en chasse et à 45° de chaque côté, soit 270°

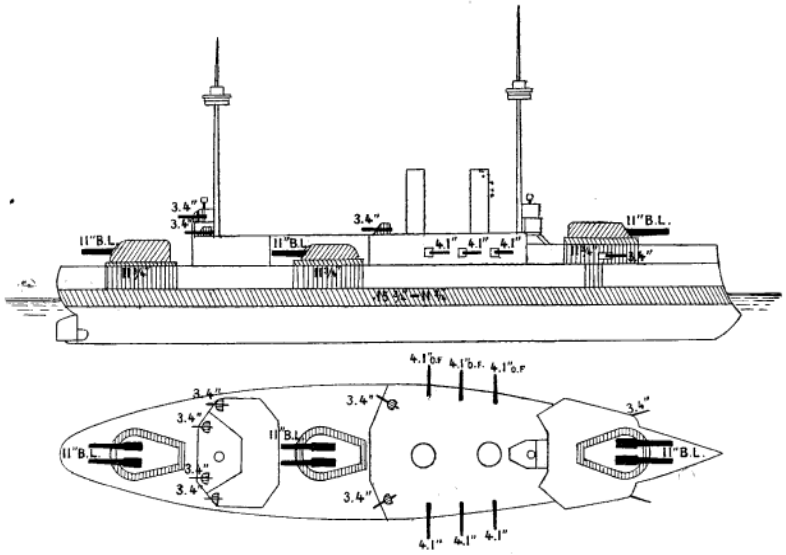


Fig. 4. — *Brandenbourg.*

de champ de tir, avec un commandement de 6ᵐ,60 ; la deuxième, au milieu, a 180° de champ de tir; la troisième tire en retraite et à 45° de chaque côté, soit 270° de champ de tir. Le commandement des pièces des deux dernières tourelles est beaucoup moins important que celui des pièces de la tourelle avant.

6 canons de 105 millimètres à tir rapide dans la batterie unique, entre les deux premières tourelles, protégés par des boucliers d'acier;

8 canons de 88 millimètres à tir rapide, sur les passerelles ;

8 Maxim dans les hunes;

Il y a 6 tubes lance-torpilles.

Équipage de 570 hommes.

(1) Aux essais, le *Wœrth*, avec 111 tours a donné 17ⁿ,2 par 60 mètres d'eau, 16ⁿ,7 seulement pour 40 mètres et 16ⁿ,6 pour 20 mètres, au tirant d'eau moyen de 7ᵐ,49 correspondant au déplacement normal de 10 200 tonnes.

Le *Weissenburg* a donné 17 nœuds, et le *Brandenbourg*, dont les essais avaient été suspendus par une catastrophe, a donné 16ⁿ,5 au tirage forcé.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

KAISER FRIEDRICH III

Cuirassé de 1re classe (1897).

Construit sur les plans de M. Dietrich, le *Kaiser Friedrich III* a été mis en chantier à Wilhelmshaven, le 5 mars 1895; il a été lancé seize mois plus tard,

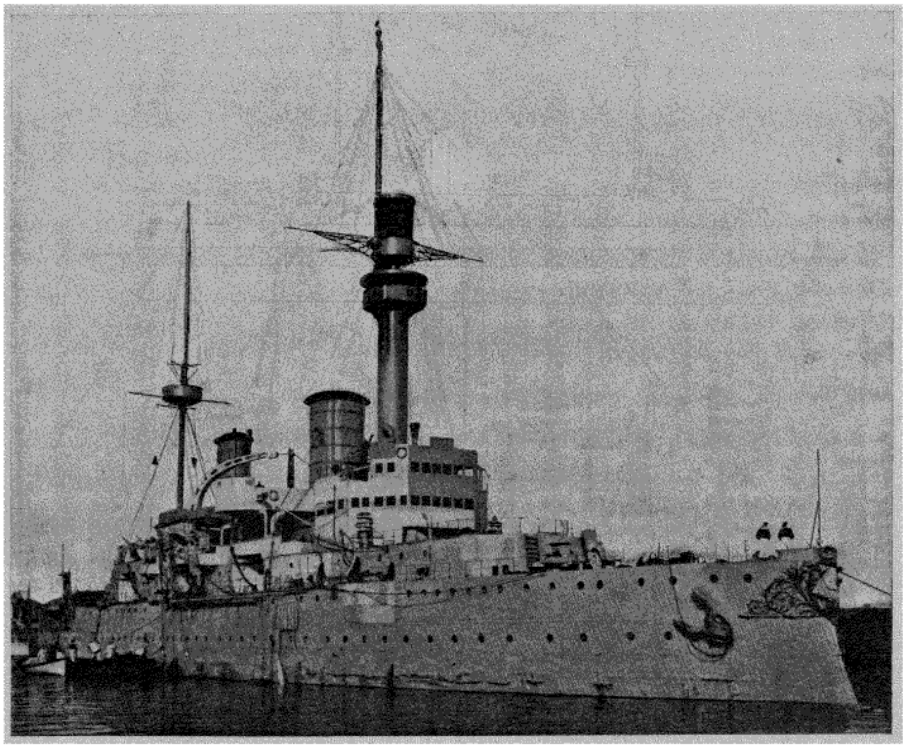


Fig. 5. — *Kaiser Friedrich III.*

le 31 juillet 1896, et achevé en octobre 1898. Les autres navires de la même catégorie sont :

Le *Kaiser Wilhelm II*, mis en chantier le 26 octobre 1896 également à Wilhelmshaven, et lancé le 14 septembre 1897, onze mois après la mise en chantier;

Le *Kaiser Wilhelm der Grosse* lancé à Kiel le 1er juin 1898;

Enfin, le *Kaiser Karl der Grosse* lancé le 18 octobre 1899 à Hambourg, chez Blohm et Voss.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dimensions :

Longueur entre perpendiculaires. . . .	115 mètres.
Largeur extérieure.	20 —
Tirant d'eau moyen.	7m,80
Déplacement.	11 000 tonnes.

Coque. — Coque en acier, avec double fond et nombreux compartiments étanches. Deux mâts militaires en acier. Le bois a été éliminé autant que possible. Le mât avant, très gros, comporte un escalier intérieur. Deux grosses cheminées dans l'axe.

Protection. — Ceinture de 2 mètres de haut, et de 300 millimètres à 150 millimètres d'épaisseur, en acier au nickel Krupp, s'étendant sur les 4/5 de la longueur du navire, à partir de l'avant.

L'arrière et l'hélice sont protégés par un bouclier en fer courbé sous-marin de 75 millimètres, mais la ceinture ne s'élève qu'à 0m,50 à 0m,60 au-dessus de la flottaison.

Pont blindé à 75 millimètres aux parties inclinées et 60 millimètres à la partie horizontale, s'appuyant sur le can supérieur de la cuirasse et s'inclinant sur l'avant pour renforcer l'éperon.

Les deux tourelles principales d'avant et d'arrière sont blindées à 250 millimètres; les six tourelles secondaires pour pièces de 150 sont blindées à 150 millimètres; les blockhaus sont blindés à 280 millimètres à l'avant, à 150 millimètres à l'arrière.

Machines. — Trois machines verticales à triple expansion à trois cylindres, construites aux chantiers impériaux de Wilhelmshaven, placées dans des compartiments étanches entièrement séparés; elles actionnent chacune une hélice en bronze à 3 ailes. La vapeur est fournie par douze chaudières : huit cylindriques et quatre chaudières *Thornycroft* (1).

L'approvisionnement normal de charbon est de 650 tonnes, mais il peut être porté à 1 000 tonnes, et l'usage du combustible liquide permet d'augmenter le rayon d'action. Cinq dynamos produisent l'énergie électrique pour l'éclairage et pour les manœuvres; la longueur de fil installé dans le navire est de près de 40 kilomètres.

Aux essais, au tirage forcé, faits à Wilhelmshaven le 30 octobre 1898, la puissance a été de 13 500 chevaux au régime de 115 tours et la vitesse de 18 nœuds, malgré une mer mauvaise et un vent debout violent.

Armement. — L'artillerie comprend :

4 canons de 240 millimètres (40 calibres), à tir rapide (1 coup par minute),

(1) Sur le *Kaiser Wilhelm II*, toutes les chaudières sont du système Durr.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

placés par paires dans les tourelles avant et arrière, avec champ de tir de 270° et 4 mètres de commandement à l'arrière, 8 mètres à l'avant;

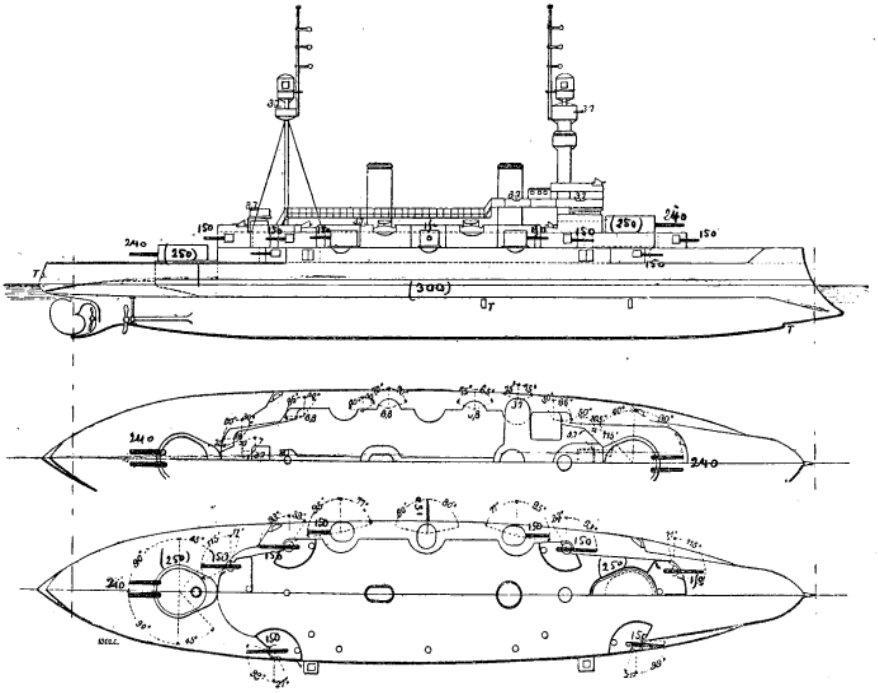


Fig. 6. — Schéma du *Kaiser Friedrich III.* Cuirassé de 1re classe.

18 canons de 150 millimètres, à tir rapide, répartis ainsi qu'il suit :

4 dans des casemates isolées, blindées à 152 millimètres, au niveau des grosses pièces d'arrière aux quatre angles des superstructures, tirant soit en chasse, soit en retraite et par le travers, avec champ de tir total de 126°;

8 dans des casemates analogues, mais à l'étage supérieur savoir : deux en pointe au-dessous et contre la tourelle d'avant, tirant en chasse directe et par le travers jusqu'à environ 110°; deux autres en arrière de la tourelle avant, tirant en chasse et par le travers jusqu'à environ 126°; deux à l'arrière extrême des superstructures, tirant par-dessus la tourelle arrière, avec le même champ de tir que celles en pointe, et deux à l'arrière également, mais en se rapprochant du centre, un peu en arrière des pièces d'angle de l'étage inférieur, tirant en retraite, et jusqu'à 126° par le travers.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

6, au même étage intermédiaire, entre les grosses pièces d'arrière et celles d'avant, dans des tourelles tournantes blindées à 152, avec champ de tir de 172°, au niveau de l'étage supérieur de casemates;

12 canons de 88 millimètres à tir rapide, avec boucliers en acier, dont 10 au niveau des canons de 240 de l'avant et champ de tir de 140°, et 2 sur le pont supérieur à 14 mètres au-dessus de l'eau;

20 mitrailleuses Maxim.

Ce navire dispose :

En chasse directe, de	2	canons de	240
—	8	—	150
—	6	—	88
Par le travers, de	4	canons de	240
—	18	—	150
—	12	—	88
En retraite, de	2	canons de	240
—	8	—	150
—	4	—	88

Il y a 6 tubes lance-torpilles dont 5 sous-marins.

La puissance de l'artillerie de ce navire est supérieure d'un tiers à celle des bâtiments de la classe *Brandenbourg*, bien que son déplacement ne soit supérieur que de 1 000 tonnes.

L'équipage est de 650 hommes.

SACHSEN

Garde-côte cuirassé (1877).

Le *Sachsen* lancé en 1877, ainsi que les navires similaires : *Baden*, lancé en 1879; *Bayern*, lancé en 1878, et *Wurtemberg*, lancé en 1880, ont été transformés en 1896 et 1897.

Dimensions :

Longueur	98 mètres.
Largeur	18 —
Tirant d'eau moyen	6m,40
Déplacement	7400 tonnes.

Coque. — Coque en fer et acier; double fond; cloisonnement longitudinal et transversal avec 120 compartiments; quilles latérales; étrave droite, arrière arrondi; teugue élevée. Un mât de signaux. Quatre cheminées en carré (1).

(1) Le *Baden* et le *Wurtemberg* n'ont plus qu'une grande cheminée au milieu.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Protection. — Cuirasse en fer forgé de 406 millimètres, s'étendant dans la maîtresse partie sur 41m,25 de long et 3m,80 de haut et formant, avec des cloisons transversales cuirassées, un réduit central rectangulaire surmonté à l'avant d'une tourelle barbette de forme ovale, également blindée à 406 millimètres, et, à l'arrière, d'un réduit supérieur cuirassé sur les quatre côtés, en retrait sur le bord. La cuirasse descend à 1m,80 au-dessous de la flottaison.

Pont supérieur cuirassé à 52 millimètres au-dessus du réduit; pont sous-marin à 76 millimètres, prolongeant le can inférieur de la ceinture centrale à l'avant et à l'arrière du réduit à 1m,48 au-dessous de la flottaison.

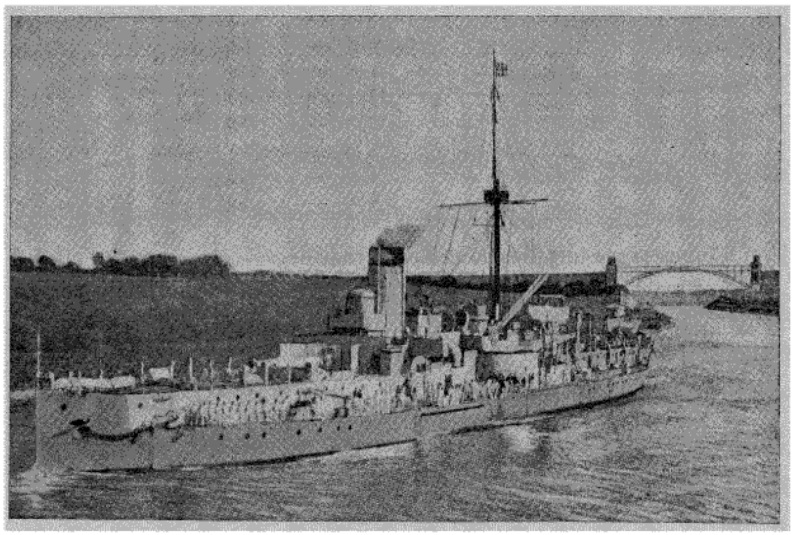


Fig. 7. — Le *Baden* dans le canal de la Baltique à la mer du Nord.

Tourelle de commandement, cuirassée à 200 millimètres, à l'arrière du canon de 260 avant.

Éperon de fer forgé de 1m,80 de saillie.

Machines. — Les navires transformés ont été pourvus tous quatre d'un système moteur composé de deux machines verticales à triple expansion à trois cylindres, et dont la puissance est de 6000 chevaux indiqués (1).

Les chaudières nouvelles sont aquitubulaires, du type Walther pour la *Bayern*, du type Durr pour le *Baden*, le *Sachsen* et le *Wurtemberg;* elles fournissent de la vapeur à 13 kilogrammes.

(1) Aux essais de 6 heures, le *Baden* a donné 17n,3 et 6200 chevaux. Avant sa transformation, la vitesse était de 12 nœuds. Le *Bayern* a donné 15n,5 au tirage forcé avec une puissance de 6386 chevaux indiqués.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La vitesse aux essais a été de 15 nœuds. La capacité des soutes est de 700 tonnes.

Armement. — 4 pièces de 260 millimètres, installées en barbette aux quatre angles du réduit supérieur et tirant, les deux de l'avant en chasse et par le travers, les deux de l'arrière en retraite et par le travers; commandement 5 mètres;

2 pièces de 260 millimètres, accouplées dans la barbette sur la tourelle, tirant en chasse et par le travers;

18 pièces de 88 millimètres à tir rapide, dans le réduit;

14 mitrailleuses;

5 tubes lance-torpilles.

440 hommes d'équipage.

SIEGFRIED

Garde-côte (1891).

Destiné à la garde des côtes de la mer du Nord et de la Baltique. A montré de bonnes qualités nautiques. Lancé le 10 août 1891 à Kiel.

Les navires de la même classe sont :

Frithjof, lancé en 1891,
Heimdall, — 1892,
Hildebrand, — 1892,
Hagen, — 1893,
Odin, lancé en 1894.
Aegir, mis en chantier le 28 novembre 1892, lancé le 3 avril 1895 à Kiel;

Dimensions :

Longueur	73 mètres.
Largeur	15 —
Tirant d'eau arrière	5m,50
— moyen	5m,30
Déplacement	3 525 tonnes.
Hauteur métacentrique (pour l'*Aegir*)	0m,70

Coque. — Coque en acier; compartiments étanches avec cofferdams remplis de cellulose.

Franc-bord de 5m,50; passerelle très élevée; fort éperon en acier; arrière arrondi; un mât de signaux.

Protection. — Ceinture complète de 2m,25 de haut, en plaques compound de 240 millimètres au can supérieur et 180 au can inférieur. Tourelles cuirassées à 190 millimètres, blockhaus à 203 mètres; sur l'arrière de la tourelle A7, pont cuirassé de bout en bout à 75 millimètres au milieu, au-dessus des machines et chaudières, et 50 millimètres aux extrémités.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Sur l'*Aegir* et l'*Odin*, la cuirasse est en acier au nickel, mais elle est partielle et se termine par des traverses blindées à 200 millimètres.

Machines. — Deux machines à triple expansion actionnant chacune une hélice à trois ailes.

Quatre chaudières locomotives à 12 kilogrammes.

Puissance : 4 800 chevaux ; vitesse : 15 nœuds.

Approvisionnement de charbon, 240 tonnes.

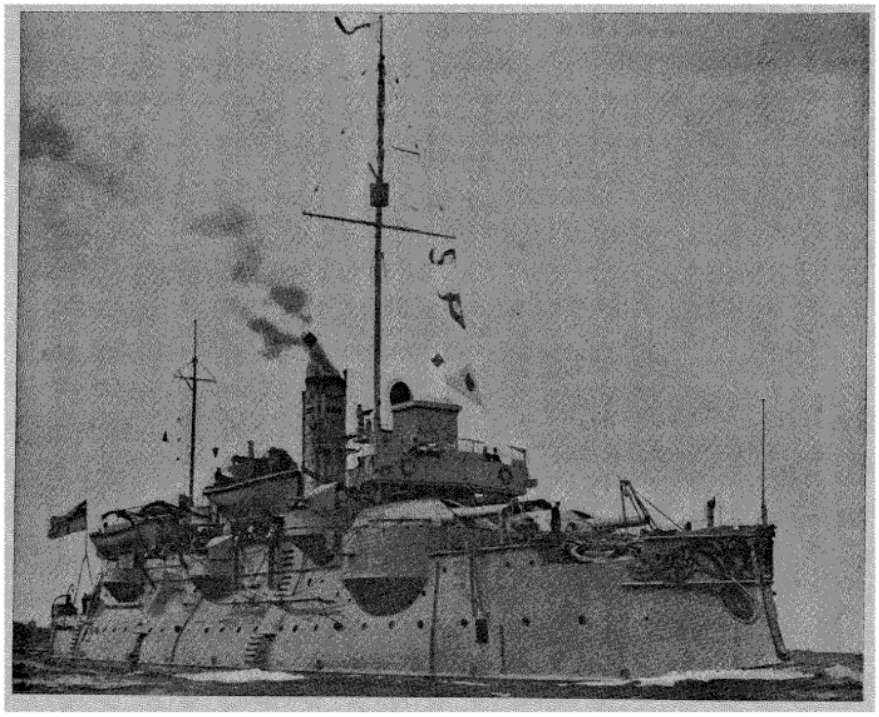


Fig. 8. — *Heimdall*, garde-côte.

Sur l'*Aegir* et l'*Odin*, les chaudières locomotives sont remplacées par huit chaudières Thornycroft ; la puissance des machines dépasse 5 000 chevaux au tirage forcé, et la vitesse obtenue aux essais à toute puissance (durée : 6 heures) a été de 15ⁿ,2 avec 5 017 chevaux et 139 tours. Tous les bâtiments de cette classe sont agencés pour permettre l'usage du combustible liquide.

Artillerie. — 3 pièces de 240 millimètres dans des tourelles barbettes (2 à l'avant, avec commandement de 7ᵐ,30, 1 à l'arrière) (1) ;

(1) Sur l'*Aegir* et l'*Odin*, les canons sont séparés par une forte traverse cuirassée à 100 millimètres ; manœuvre électrique sur l'*Aegir*, hydraulique sur l'*Odin*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

6 pièces de 88 millimètres à tir rapide, dans des demi-tourelles en saillie (1);

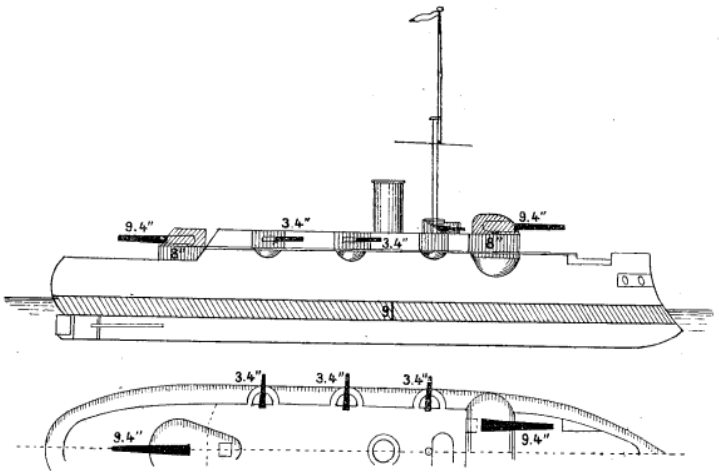


Fig. 9. — *Siegfried*. Garde-côte.

6 mitrailleuses;
4 tubes lance-torpilles dont 1 sous-marin (2).
280 hommes d'équipage.

FURST BISMARCK

Croiseur cuirassé (1897).

Construit sur le modèle du cuirassé *Kaiser Wilhelm II*, et d'un type spécial à la marine allemande. Mis en chantier à Kiel en avril 1896, lancé en 1897; doit être terminé cette année.

Dimensions. — Les dimensions sont les suivantes :

Longueur.	120 mètres.
Largeur	20m,00
Tirant d'eau moyen.	7m,90
Déplacement.	10 650 tonnes.

Coque. — Coque en acier. Comme on se propose de l'employer comme vaisseau amiral dans les mers tropicales, ce navire est revêtu, jusqu'à 1 mètre au-dessous de la flottaison, d'un doublage composé de deux couches de bois de teck supportant un doublage de cuivre.

(1) 10 sur l'*Odin* et l'*Aegir*, protégés par des masques, 8 sur les autres navires de 3e classe : *Frithjof*, *Heimdall*, etc.

(2) L'*Odin* et l'*Aegir* n'ont que 3 tubes dont 1 sous-marin.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Deux mâts militaires en acier, avec, au sommet de chacun, un projecteur de 40 000 bougies.

Protection. — Ceinture cuirassée en acier Krupp, de 2m,50 de hauteur, s'étendant sur toute la longueur du navire, mais assez basse, comme sur le *Kaiser Friedrich III.* L'épaisseur de cette cuirasse, de 200 millimètres au milieu, diminue vers les extrémités jusqu'à n'être plus que de 100 millimètres; les tourelles des canons de 240 sont blindées en acier nickel à 200 millimètres, le blockhaus,

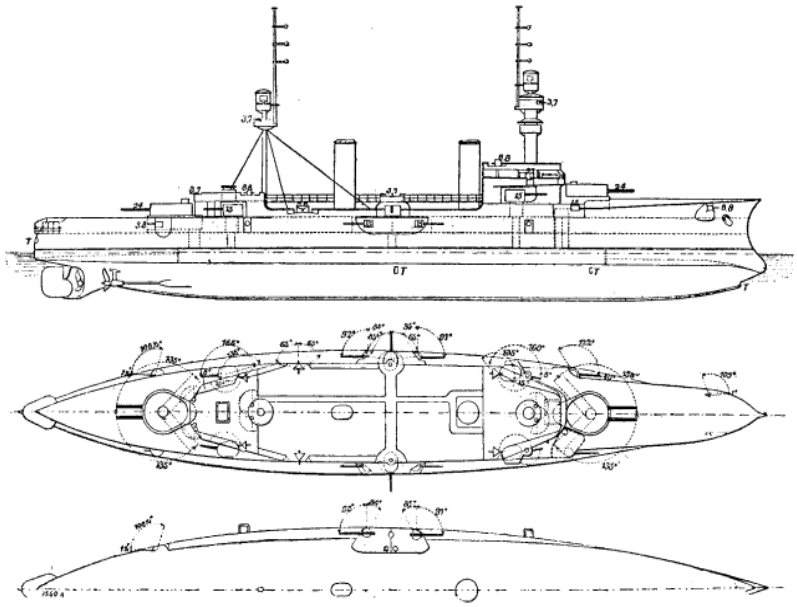


Fig. 10. — *Furst Bismarck*, croiseur cuirassé.

à 200 millimètres et 100 millimètres, les tourelles des canons, de 150 à 100 millimètres, les casemates, à 100 millimètres.

Pont cuirassé à forte cambrure, en acier au nickel, s'appuyant sur l'arête supérieure de la ceinture cuirassée, de 50 millimètres au-dessus du caisson flottant, et 30 millimètres à l'avant et à l'arrière; pont blindé à 50 millimètres sous-marin, à l'avant et à l'arrière; pont pare-éclats de 20 millimètres, au-dessus des machines et chaudières.

Machines. — Trois machines verticales à triple expansion avec quatre cylindres placés, ainsi que les chaudières, dans des compartiments étanches distincts. Chacune fait mouvoir une hélice en bronze. La puissance totale est de 13 500 chevaux indiqués et la vitesse maximum est de 19 nœuds.

Deux tiers de la puissance en chaudières cylindriques écossaises et un tiers en chaudières aquitubulaires.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Approvisionnement de charbon de 1 000 tonnes. Installation pour chaufferie au pétrole.

Armement. — 4 canons de 240 millimètres à tir rapide, placés par paires dans des tourelles tournantes, avec champ de tir de 270°; les deux gros canons d'avant ont 10 mètres de commandement, ceux de l'arrière, 7 mètres;

12 canons à tir rapide de 150 millimètres, en flancs, moitié dans des tourelles tournantes cuirassées, moitié en casemates séparées;

10 canons de 88 millimètres à tir rapide, protégés par des masques;

14 mitrailleuses;

Le navire dispose de :

En chasse	2	canons de 240	millimètres.
	8	— 150	—
En retraite	2	— 240	—
	6	— 150	—
Par le travers	4	— 240	—
	6	— 150	—

6 tubes lance-torpilles, dont 5 sous-marins.

Équipage de 570 hommes.

IRÈNE

Croiseur protégé (1887).

Du même type : *Prinzess Wilhelm*, lancé également en 1887.

Dimensions :

Longueur entre perpendiculaires	94 mètres.
— de bout en bout	103m,50
— au fort	14 mètres.
Tirant d'eau moyen	6m,40
Déplacement	4 400 tonnes.

Coque. — Coque en acier avec revêtement en bois et doublage en cuivre.

L'avant est à étrave renversée.

Compartiments étanches; ceux de ces derniers placés en abord ont reçu intérieurement un revêtement de liège de 1m,35 d'épaisseur.

Deux mâts militaires. Deux cheminées entre les mâts.

Protection. — Pont cuirassé en dos de tortue, dont les extrémités descendent de 1m,50 à 2 mètres au-dessous de la flottaison. Il n'existe aucun cuirassement vertical, sauf le blockhaus de commandement qui est blindé à 51 millimètres.

L'épaisseur du pont cuirassé est de 76 millimètres.

Machines. — Deux machines verticales commandant chacune une hélice de 4m,85 de diamètre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Puissance : 8 000 chevaux ; vitesse : 18 nœuds.

Chaudières cylindriques à retour de flamme avec foyers intérieurs.

L'approvisionnement de combustible est de 900 tonnes.

Armement. — L'armement comprend :

4 canons de 150 millimètres installés en encorbellement sur les flancs et battant un secteur de plus de 180° ;

8 canons de 105 millimètres disposés, deux à l'avant pour tirer en chasse, et les six autres, trois de chaque bord, vers l'arrière ;

6 canons de 50 millimètres à tir rapide ;

9 mitrailleuses ;

3 tubes lance-torpilles.

Équipage de 370 hommes.

KAISERIN AUGUSTA

Croiseur protégé (1892).

Lancé en 1892, à Kiel.

Longueur.	118 mètres.
Largeur	16 —
Tirant d'eau moyen.	6m,90
— arrière.	7 mètres.
Déplacement	6052 tonneaux.

Coque en acier, compartiments étanches ; ceux en abord sont remplis de matières obturantes. La coque est pourvue d'un bordé en bois avec doublage en cuivre.

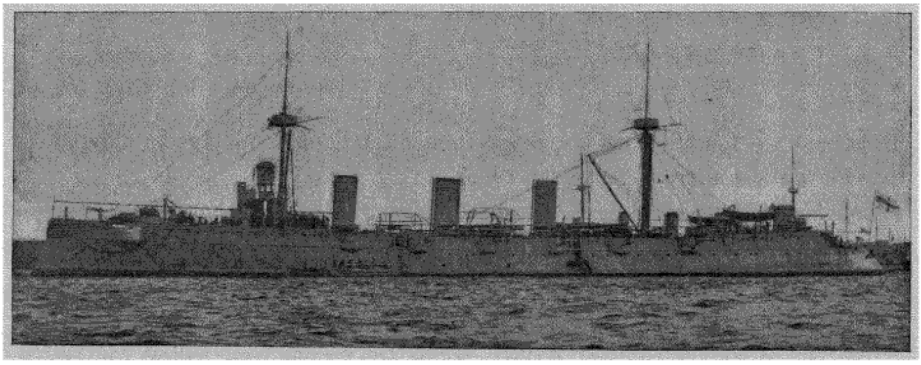


Fig. 11. — *Kaiserin Augusta*, croiseur protégé.

Deux mâts militaires légers, avec hunes de combat ; trois cheminées dans l'axe, entre les mâts.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Protection. — La protection n'est assurée que par un pont cuirassé de 76 à 50 millimètres, en dos de tortue, descendant jusqu'au-dessous de la flottaison.

Machines et chaudières. — Trois machines verticales à triple expansion, commandant chacune une hélice, placées : une dans l'axe et une de chaque bord. L'hélice médiane fonctionnant seule peut donner au navire une vitesse de 15 nœuds; les 2 hélices latérales lui donnent une vitesse de 18 nœuds; enfin, avec les 3 hélices fonctionnant simultanément, la vitesse atteint 20 nœuds, la puissance développée étant de 12 000 chevaux. Aux essais, la vitesse maximum a été de 21ⁿ,65 avec une puissance de 14 092 chevaux-vapeur.

Les chaudières sont cylindriques;

L'approvisionnement de charbon est de 800 tonnes.

Armement. — L'armement comprend :

12 canons de 150 millimètres dont 8 par le travers, au centre, dans des encorbellements en saillie complètement clos, 2 en chasse sur le gaillard d'avant en encorbellement, 2 en retraite dans un pan coupé sur la dunette;

8 canons de 88 à tir rapide, protégés par des masques;

8 mitrailleuses.

5 tubes lance-torpilles, dont 1 sous-marin.

L'équipage est de 440 hommes.

GEFION

Croiseur protégé (1893).

Le *Gefion*, lancé en 1893, est du type *Kaiserin Augusta* modifié.

Sa puissance est moindre et aussi son déplacement.

Dimensions :

Longueur.	105 mètres.
Largeur	13ᵐ,00
Tirant d'eau moyen.	6ᵐ,30
Déplacement.	4 100 tonnes.

Coque. — Coque acier à double fond; compartiments étanches; ceinture de cellulose à la flottaison; deux mâts militaires; trois cheminées dans l'axe entre les mâts; avant formant éperon.

Protection. — Pont blindé en dos d'âne, de 76 mètres de longueur, descendant à 1ᵐ,50 au-dessous de la ligne de flottaison et s'élevant à 0ᵐ,50 au-dessus. Ce pont ne s'étend guère que sur les deux tiers de la longueur du navire; au-dessus des machines, il est surélevé et renforcé à 115 millimètres.

Blockhaus blindés à 150 millimètres à l'avant et à 120 millimètres à l'arrière.

(1) Le croiseur *Kaiserin Augusta* n'a pas donné les résultats qu'on en attendait; il a dû subir de coûteuses réparations en 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

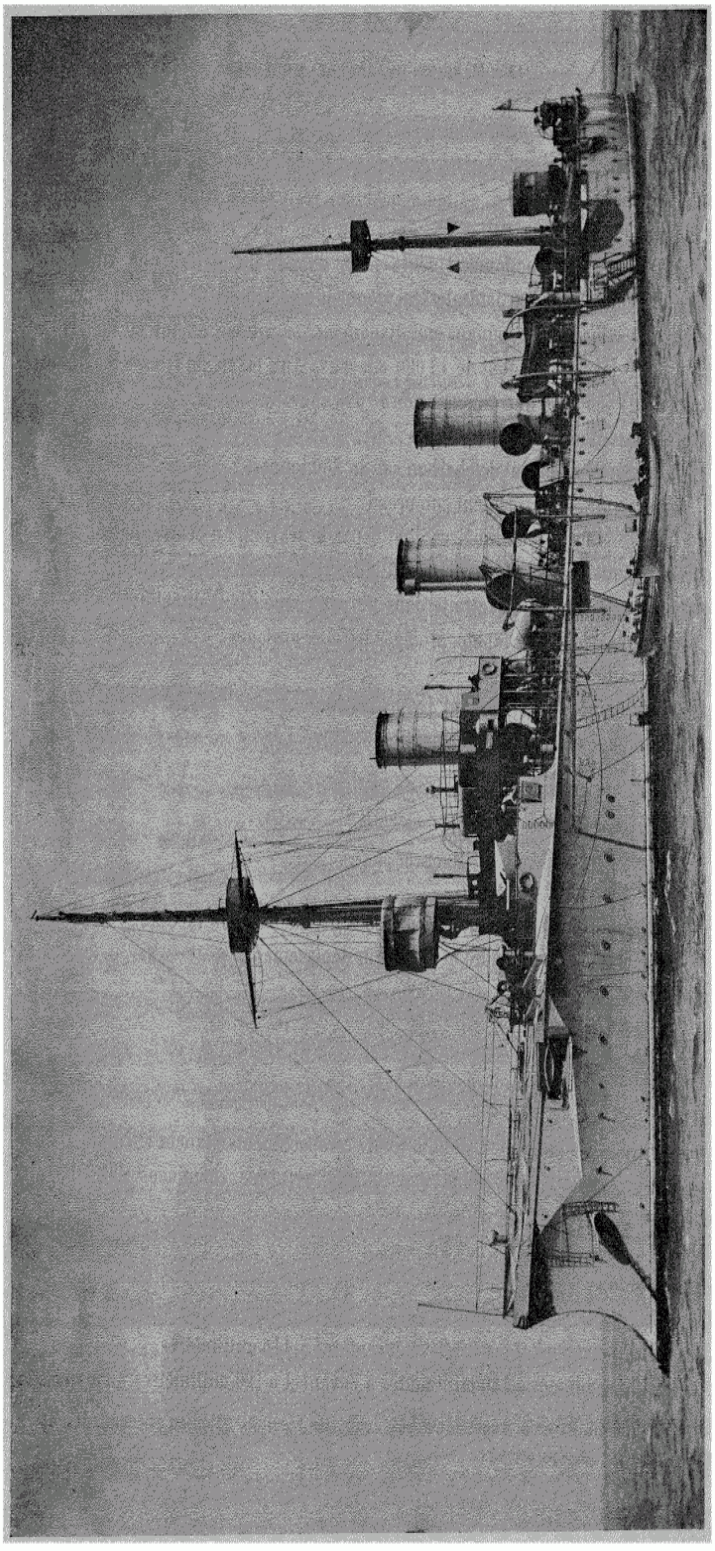


Fig. 12. — *Gefion*, croiseur protégé.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Machines. — Trois machines verticales à triple expansion en compartiments séparés. Trois hélices. Chaudières aquitubulaires. Puissance, 9 000 chevaux; vitesse, 19n,0. Approvisionnement normal de charbon, 900 tonnes.

Armement. — L'armement comprend :

10 canons de 105 millimètres;

6 canons de 50 millimètres à tir rapide;

8 mitrailleuses;

2 tubes lances-torpilles.

300 hommes d'équipage.

FREYA

Croiseur protégé (1897).

Mis en chantier à Dantzig, aux chantiers impériaux, en octobre 1895; construit sur les plans de l'amiral Dietrich; lancé en 1897.

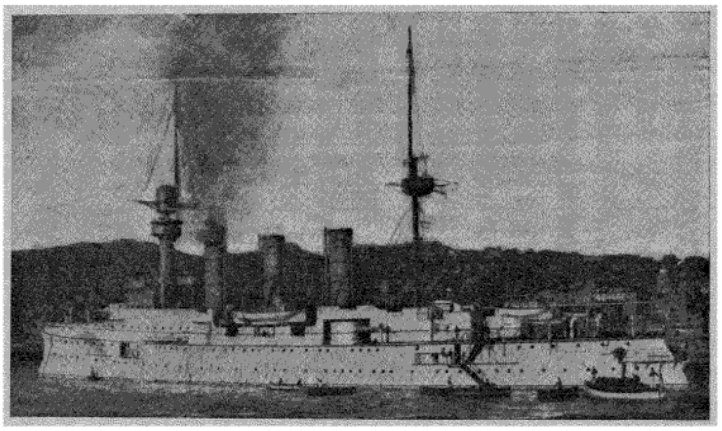


Fig. 13. — *Hertha.*

Navires du même type :

Hertha, Stettin, 1897;

Hansa, Stettin; mis en chantier le 27 avril 1896, lancé le 12 mars 1898:

Victoria Luisa, Brême, 1898;

Vineta, Dantzig, 1898.

Dimensions :

Longueur entre perpendiculaires. .	105 mètres.
Largeur	17m,00
Tirant d'eau moyen.	6m,30
— arrière.	6m,60
Déplacement	5 600 tonnes (1).

(1) *Hansa* et *Vineta* ont 300 tonnes de plus, soit 5 900 tonnes de déplacement.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Coque. — Coque en acier; doublage en bois et cuivre; cloisonnement transversal et longitudinal; deux mâts militaires; trois cheminées dans l'axe entre les mâts.

Protection. — Pont blindé, en dos de tortue, en acier au nickel, de 40 millimètres dans la partie horizontale située à 0m,50 au-dessus de la flottaison, et 100 millimètres dans les parties inclinées qui descendent à 1m,50 au-dessous de l'eau. Les tourelles sont blindées en acier au nickel à 100 millimètres, ainsi que la batterie; les blockhaus à 200 millimètres (avant) et à 100 millimètres (arrière).

Les flancs sont protégés par un cofferdam de 2m,50 de haut.

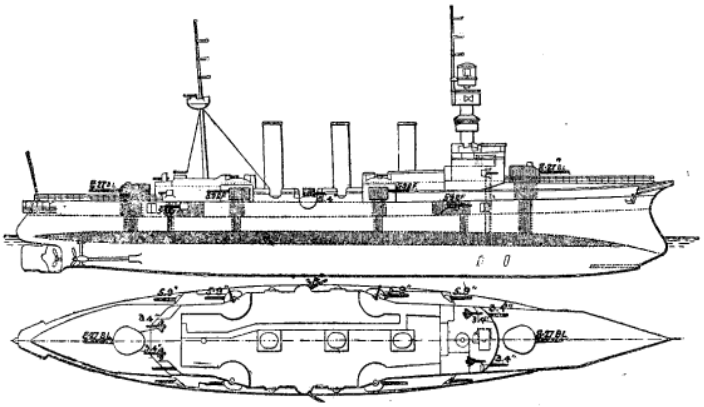


Fig. 14. — *Hertha*, croiseur protégé.

Machines. — Trois machines verticales à triple expansion et trois cylindres, d'une puissance totale de 10000 chevaux, correspondant à une vitesse de 18 nœuds. Chaque machine agit sur une hélice. La vitesse est de 18 nœuds (1) au tirage naturel.

L'approvisionnement de charbon est de 500 tonnes, pouvant être porté à 950.

12 chaudières Niclausse (2) en six chaufferies séparées, installées pour l'usage du combustible liquide.

Armement. — L'armement comprend :

2 canons de 210 millimètres à tir rapide, de 40 calibres, placés dans 2 tourelles tournantes, une à l'avant, l'autre à l'arrière; champ de tir de 270°;

8 canons de 150 millimètres à tir rapide, dont 4 dans des casemates cuiras-

(1) Aux essais, la *Victoria Luisa* a donné 19,1 nœuds au tirage forcé.

(2) Chaudières Belleville pour *Hertha* et *Hansa;* chaudières Durr pour *Victoria Luisa.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sées à 100 millimètres, et 4 dans des tourelles tournantes, avec champ de tir de 125°;

10 canons de 88 millimètres à tir rapide, avec masques protecteurs;

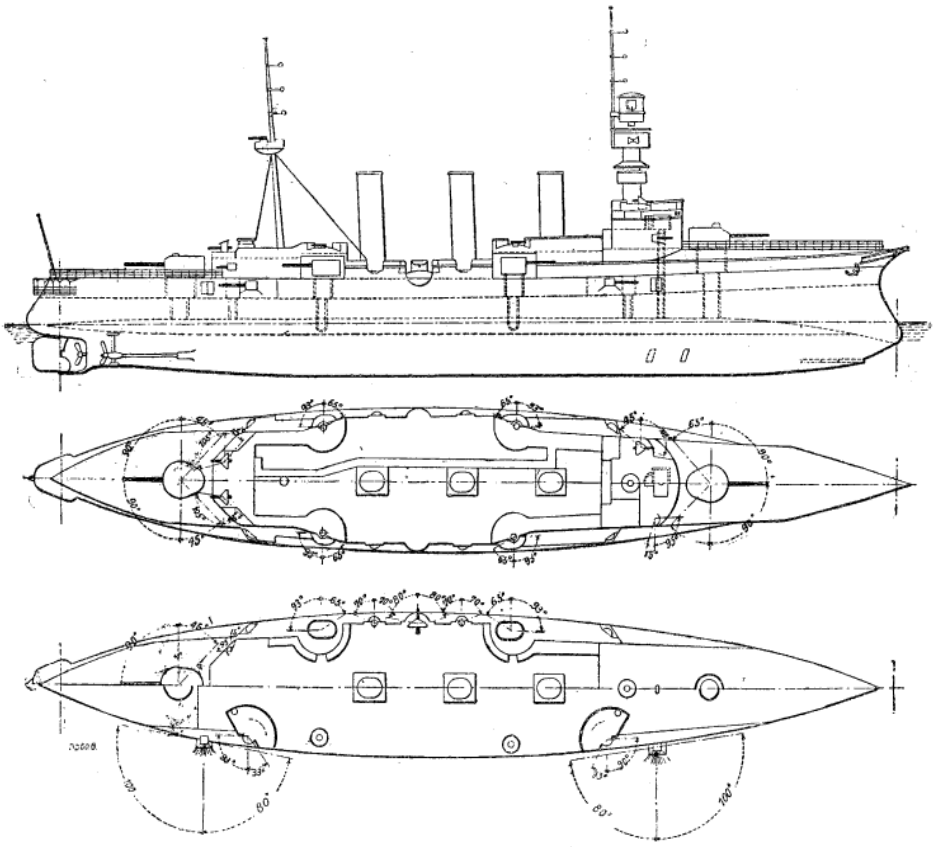


Fig. 13. — *Freya*, croiseur protégé.

14 mitrailleuses;
3 tubes lance-torpilles, tous trois sous-marins.
460 hommes d'équipage.

(*A suivre.*)

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 1901 ET SUIVANTES

GRANDES MÉDAILLES

La Société décerne chaque année, sur la proposition de l'un des six comités du Conseil, une médaille en or portant l'effigie de l'un des plus grands hommes qui ont illustré les arts ou les sciences, *aux auteurs, français ou étrangers, des travaux qui ont exercé la plus grande influence sur les progrès de l'industrie française,* pendant le cours des six années précédentes.

Ces grandes médailles seront distribuées dans l'ordre suivant :

	A l'effigie		A l'effigie
1901. Commerce.	de Chaptal.	1904. Architecture et Beaux-Arts.	de Jean Goujon.
1902. Arts mécaniques.	de Prony.	1905. Agriculture.	de Thénard.
1903. Arts chimiques.	de Lavoisier.	1906. Arts économiques.	d'Ampère.

Dans les années précédentes, ces médailles ont été décernées, savoir : en 1868, pour le commerce, à M. *F. de Lesseps;* — en 1870, pour la chimie, à M. *H. Sainte-Claire Deville;* — en 1872, pour l'agriculture, à M. *Boussingault;* — en 1873, pour la physique et les arts économiques, à sir *Charles Wheatstone;* — en 1875, pour le commerce, à M. *Jacques Siegfried;* — en 1876, pour les arts mécaniques, à M. *H. Giffard;* — en 1877, pour les arts chimiques, à M. *Walter Weldon;* — en 1880, pour l'architecture et les beaux-arts, à M. *Ch. Garnier*, architecte; — en 1882, pour les arts économiques, à M. *Gaston Planté;* — en 1883, pour le commerce, à la *Chambre de commerce* de Paris; — en 1884, pour les arts mécaniques, à M. *Joseph Farcot;* — en 1885, pour la chimie, à M. *Michel Perret;* — en 1886, pour les beaux-arts, à M. *Barbedienne;* — en 1887, à M. *Gaston Bazille*, pour l'agriculture; — en 1888, à M. *Émile Baudot*, pour les arts économiques; — en 1889, pour le commerce, à la Société de Géographie commerciale de Paris; — en 1890, pour les arts mécaniques, à M. *Pierre-André Frey;* — en 1890 (hors tour), pour les arts économiques, à M. *Gramme;* — en 1891, pour les arts chimiques, à M. *Solvay;* — en 1892, pour les constructions et beaux-arts, à M. *Froment-Meurice;* — en 1893, pour l'agriculture, à M. *Lecouteux;* — en 1894, pour les arts économiques, à Lord *Kelvin;* — en 1895, pour le commerce, au *Comité de l'Afrique française;* — en 1896, pour les arts mécaniques, à M. *Kreutzberger;* — en 1897, pour les arts chimiques, à M. *Osmond;* — en 1898, pour les beaux-arts, à M. *Paul Mame;* — en 1899, à *M. Joly*, pour l'agriculture.

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; — en 1898, à M. *Moissan*, pour ses travaux de chimie.

Ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1904.

GRAND PRIX DE LA SOCIÉTÉ

La Société d'Encouragement décerne, tous les six ans, un grand prix de 12 000 francs *à l'auteur de la découverte la plus utile à l'industrie française*. Ce prix alterne avec celui qui a été fondé par le marquis d'Argenteuil.

Il a été décerné, en 1873, à M. *Pasteur*, pour ses travaux sur l'éducation des vers à soie, sur la conservation des vins et sur la fabrication de la bière et du vinaigre; — en 1883, à M. *Faucon*, pour le traitement par submersion des vignes; — en 1889, à M. *Benjamin Normand*, pour l'ensemble de ses travaux mécaniques; — en 1895, à M. *Lippmann* pour sa découverte de la photographie des couleurs.

Il sera décerné de nouveau, s'il y a lieu, en 1901.

PRIX POUR LE PERFECTIONNEMENT DE L'INDUSTRIE COTONNIÈRE

Les *exposants de la classe* 27, à l'Exposition universelle de 1867, sur l'initiative de M. Gustave Roy, ont donné à la Société d'Encouragement une somme de 13 169 fr. 85 pour la fondation d'un prix qui sera délivré, tous les six ans, à celui qui aura contribué le plus efficacement au développement ou aux progrès de l'industrie cotonnière en France.

Ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1901.

PRIX POUR LE MATÉRIEL DU GÉNIE CIVIL ET DE L'ARCHITECTURE

Les *exposants de la classe* 65, à la même Exposition universelle, sur l'initiative de M. Elphège Baude, ont donné à la Société d'Encouragement pour l'in-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dustrie nationale une somme de 2 315 fr. 75 c. pour fonder un prix qui sera décerné, tous les cinq ans, *à l'auteur des perfectionnements les plus importants au matériel et aux procédés du génie civil, des travaux publics et de l'architecture.*

Ce prix consiste en une médaille d'or de 500 francs; il sera décerné, s'il y a lieu, en 1905.

PRIX FOURCADE, POUR LES OUVRIERS DES FABRIQUES DE PRODUITS CHIMIQUES

Les *exposants de la classe* 47, à l'Exposition universelle de 1878, sur l'initiative et avec la coopération de M. Fourcade, ont fondé, auprès de la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale, un prix de 1 000 fr. qui sera remis chaque année, en séance publique de cette Société, au simple ouvrier des exposants de la classe 47 ayant le plus grand nombre d'années consécutives de service dans la même maison.

Ce prix est décerné tous les ans; il est de 1 000 francs.

PRIX DE LA CLASSE 50 A L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1867

Les exposants de cette classe, sur l'initiative du baron Thénard, ont donné à la Société d'Encouragement une somme de 6 326 fr. 80 c. pour la fondation d'un prix qui sera accordé à l'auteur du perfectionnement le plus important apporté dans le matériel des usines agricoles et des industries alimentaires.

PRIX PARMENTIER

Les *exposants de la classe* 50 à l'Exposition universelle de 1889 ont donné à la Société d'Encouragement, sur l'initiative de M. Aimé Girard, une somme de 9 846 fr. 75 c. pour la fondation d'un prix triennal de 1 000 francs, destiné à récompenser les recherches scientifiques ou techniques susceptibles d'améliorer le matériel ou les procédés des usines agricoles et des industries alimentaires.

Ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1902.

Prix biennal Meynot *aîné père et fils, de Donzère (Drôme), de la valeur de 1 200 francs, provenant du don de M. Meynot aîné père et fils.*

Ce prix sera attribué s'il y a lieu

en 1901, pour petite culture : dans l'Isère,
en 1903, — invention agricole : dans toute la France,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1° A celui qui aura inventé ou perfectionné un instrument ou une machine propre à la moyenne ou à la petite culture.

L'invention ou le perfectionnement devra avoir pour résultat de réaliser une amélioration notable et avantageuse soit dans la préparation des terres, soit dans le traitement des plantes et des animaux, soit encore dans les manipulations des produits de l'exploitation.

Ce prix pourra être encore attribué à celui qui aura introduit soit un procédé perfectionné de culture, soit un végétal ou un animal nouveau propres à accroître les profits de la petite ou de la moyenne culture.

2° Au cultivateur, viticulteur ou maraîcher qui, cultivant son bien ou le bien d'autrui en qualité de colon à mi-fruits ou à prix d'argent, avec les bras de sa famille, soit seul, soit avec un ouvrier *au plus*, donnera le meilleur exemple par sa conduite, son assiduité au travail, par l'ordre dans son ménage et qui, par l'application des meilleures méthodes de culture et de l'outillage le plus perfectionné, aura réalisé les meilleurs résultats dans sa petite exploitation.

Ce prix aura une certaine importance, il constituera une petite fortune pour celui qui l'obtiendra, et fera bénir le bienfaiteur par les familles laborieuses du pays.

La Société joindra à la récompense pécuniaire une médaille d'argent qui en perpétuera le souvenir dans les familles.

Pour atteindre le but et empêcher le prix d'aller à de gros cultivateurs, il 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).

Au cas où aucun concurrent ne serait jugé digne de la récompense aux époques fixées, le concours sera remis d'année en année, jusqu'à ce qu'un mérite suffisant se soit produit.

En cas de non-attribution, le montant du prix fera retour au capital pour accroître la valeur du prix à distribuer ultérieurement.

Les concurrents devront se faire inscrire avant le 1er janvier de l'année du concours.

PRIX MELSENS

(ARTS ÉCONOMIQUES)

Mme veuve Melsens, voulant perpétuer la mémoire de M. Melsens, son mari, a donné à la Société une somme de 5 000 francs, pour fonder un prix destiné à récompenser l'auteur d'une application de la physique ou de la chimie à l'électricité, à la balistique ou à l'hygiène.

Ce prix, de la valeur de 500 francs, est triennal. Il sera décerné en 1902.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PRIX SPÉCIAUX PROPOSÉS ET MIS AU CONCOURS

POUR ÊTRE DÉCERNÉS DANS LES ANNÉES 1899 ET SUIVANTES

ARTS MÉCANIQUES

1° **Prix de 2000 francs** *pour un moteur d'un poids de moins de 50 kilogrammes par cheval de puissance.* — La puissance est effective et mesurée au frein sur l'arbre de couche.

Le poids est celui de l'appareil moteur complet, y compris, s'il y a lieu, la chaudière, les volants, la tuyauterie, les outils de service et autres accessoires, les approvisionnements pour une marche à pleine puissance pendant deux heures au moins, et les récipients contenant ces approvisionnements. Le moteur devra être produit tout prêt à fonctionner; il sera soumis à des essais sous le contrôle de la Société d'Encouragement; le fonctionnement devra être sûr et régulier. L'agent moteur pourra être quelconque : vapeur, gaz, électricité, etc.

Le prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1901.

2° **Prix de 2000 francs** *pour une étude des coefficients nécessaires au calcul mécanique d'une machine aérienne.*

Depuis quelques années, grâce aux travaux de MM. Krebs, Renard, Tissandier et autres savants aéronautes, la science de la navigation aérienne a fait des progrès considérables. Sans que le problème de la direction des navires aériens ait encore reçu une solution entièrement pratique, il semble que le moment ne soit plus bien éloigné où il sera possible à l'homme de se soutenir et de se diriger dans les airs : la question, on peut le dire, touche à sa maturité, car les études antérieures ont défini à la fois ce qu'il faut chercher et dans quel sens il faut chercher. On sait aujourd'hui que le problème rentrerait dans la catégorie de ceux que résolvent chaque jour les mécaniciens, si l'on était en possession à la fois d'un moteur très puissant et très léger, et de données et coefficients numériques permettant de calculer l'intensité des réactions qui s'exercent entre une surface mobile et l'air dans lequel elle est en mouvement.

Le Conseil de la Société a pensé que le moment était venu d'aborder enfin ces questions, et c'est pour en hâter la solution qu'il propose, outre le prix précédent des *moteurs légers*, le prix ci-après :

Il s'agit de recherches ayant pour objet la détermination des réactions qu se produisent aux divers points d'une surface se mouvant dans l'air, dans les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

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 1902.

3° **Prix de 2 000 francs** *pour une étude expérimentale des pompes à force centrifuge.*

Les pompes à force centrifuge sont de plus en plus employées; on les applique dans les circonstances les plus diverses : on s'efforce d'en améliorer le rendement et de les rendre propres à élever les liquides à des hauteurs plus grandes.

Ces recherches réussiraient plus facilement si elles pouvaient s'appuyer sur des résultats d'essais nombreux et variés.

Dans cet esprit, la Société d'Encouragement propose un prix de 2000 francs pour des expériences méthodiques à faire sur des pompes centrifuges de divers systèmes, aspirant l'eau à des profondeurs allant de zéro au maximum compatible avec un bon fonctionnement, ou refoulant l'eau à des hauteurs variant de zéro au maximum réalisable ou, encore, aspirant et refoulant en même temps.

Les essais présentés devront être inédits.

Le prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1902.

4° **Prix de 2 000 francs** *pour un progrès important concernant les organe mécaniques de transmission du travail.*

Les organes mécaniques généralement utilisés pour la transmission et la répartition du travail ressortissent à un nombre assez limité de types employés sous des formes à peu près invariables. Ces organes, intermédiaires entre la machine motrice et les machines réceptrices absorbent la part d'énergie afférente aux résistances passives qui leur sont propres.

L'importance économique de cette perte de rendement doit être appréciée en considérant non pas seulement un atelier ou une usine en particulier mais bien l'innombrable répétition de ces organes usuels aussi bien que leur fonctionnement incessant.

Le Comité de mécanique juge opportun de provoquer, par l'établissement

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'un prix de 2000 francs l'étude des progrès qui peuvent encore être réalisés dans la disposition, la construction et l'emploi de ces organes :

Ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1901.

5° et 6° **Deux Prix de 2 000 francs** *chacun, relatifs à la locomotion automobile sur routes.*

Les concours qui ont lieu depuis deux ans montrent que la locomotion automobile sur routes et sans rails a pris en France une grande extension,

Le Conseil de la Société pense qu'il y a lieu d'encourager autant qu'il le peut cette industrie essentiellement nationale et propose les deux prix ci-après :

1° *Premier prix de 2000 francs, applicable à la locomotion automobile sur routes dans les villes.*

La voiture devra porter deux ou un plus grand nombre de personnes; elle sera en état de monter, à la vitesse de 6 kilomètres à l'heure, des rampes de 12 centimètres par mètre; elle ne rejettera dans l'atmosphère ni vapeur, ni fumée, ni gaz délétère ou de mauvaise odeur. La voiture sera électrique, à air comprimé, à gaz ou de tout autre système répondant aux conditions précédentes.

Elle pourra s'approvisionner de force dans des stations répandues en divers points de la ville et devra, avec une charge, être en état de fournir un parcours de 40 kilomètres.

2° *Deuxième prix de 2000 fr., applicable à la locomotion automobile en campagne.*

La voiture devra porter deux ou un plus grand nombre de personnes ; elle sera en état de monter, à la vitesse de 6 kilomètres à l'heure, des rampes de 15 centimètres par mètre.

La machine ne devra nécessiter, pour sa marche, que des matières se trouvant dans toutes les villes, telles que coke, pétrole, essence, charbon, etc. Elle n'aura pas besoin de s'alimenter dans des stations de production de force.

Pour les deux prix précédents, il ne sera tenu compte que des voitures réellement construites et ayant déjà fourni un certain parcours. Les projets ne seront pas examinés. La voiture devra offrir, dans sa machine ou sa transmission, une nouveauté de l'invention de l'ingénieur qui la présente. Le Conseil de la Société d'Encouragement pourra faire les essais qui lui conviendront pour s'assurer de la facilité d'entretien de la machine, de la voiture, de son obéissance et de sa flexibilité, et aussi du prix de revient du kilomètre parcouru.

Ces prix seront délivrés, s'il y a lieu, en 1901.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS CHIMIQUES

1° **Prix de 1000 francs** *pour l'utilisation des résidus de fabrique.*

Il fut un temps où les chimistes rejetaient, comme inutile et sans objet, le résidu, le *caput mortuum* de leurs opérations.

Certaines industries en sont encore à cette période où les résidus de leurs travaux demeurent sans emploi et deviennent, par leur importance, l'occasion de troubles pour l'hygiène publique ou de lourdes dépenses et de grandes gênes.

Tout emploi utile de ces matériaux dégrèverait d'une charge les industries qui les produisent, et réduirait d'autant le prix de revient de leurs produits au profit du consommateur.

Le prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1901.

2° **Prix de 2000 francs** *pour une publication utile à l'industrie chimique ou métallurgique : ou traités ou mémoires.*

Les progrès rapides de l'industrie font que les traités technologiques cessent, peu de temps après leur publication, d'être au courant des plus récents perfectionnements. La publication de semblables traités présente un grand intérêt pour les industriels qui ne peuvent se tenir au courant des progrès réalisés que par la lecture de mémoires dispersés de tous côtés, et difficiles à se procurer.

A côté des traités purement descriptifs, où l'énumération des recettes et procédés particuliers à chaque industrie tient une place prépondérante, il est une catégorie d'ouvrages plus utiles encore au progrès de l'industrie, et dont la publication ne saurait être trop encouragée. Ce sont les traités qui font surtout connaître les principes et les méthodes scientifiques des divers procédés industriels, c'est-à-dire montrent comment ces procédés peuvent se déduire de quelques faits plus simples et plus généraux, susceptibles de mesures précises, tels que réactions chimiques, propriétés physiques, dont les expériences de laboratoire ont permis l'étude rationnelle. — La publication d'un traité de chimie métallurgique résumant les travaux parus sur ce sujet dans ces vingt dernières années rendrait les plus grands services à l'industrie française.

La Société d'Encouragement propose, pour de semblables publications, un prix de 2 000 francs, qu'elle se réserve de diviser. Il ne sera accordé de récompense qu'aux ouvrages d'un mérite réel, dont les auteurs auront fait preuve d'une compétence spéciale sur les sujets qu'ils traitent.

Ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1901.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

3° **Prix de 2000 francs** *pour une étude expérimentale des propriétés physiques ou mécaniques d'un ou plusieurs métaux ou alliages choisis parmi ceux qui sont d'un usage courant.*

La plupart des procédés industriels reposent sur l'utilisation de certaines propriétés des corps (coefficient de dilatation, ténacité, malléabilité, fusibilité, etc.) dont le rôle est généralement connu d'une façon purement qualitative. Il serait très important de posséder des mesures précises de ces diverses grandeurs, qui permettent d'apprécier exactement leur influence individuelle. Pour ne citer qu'un exemple, on sait que, dans le moulage de la fonte, l'une des plus grandes difficultés que l'on rencontre provient du retrait du métal; or, aujourd'hui, l'on ne possède aucune donnée précise sur la loi de dilatation de la fonte et, même les expériences capitales de Gore, sur les changements brusques de volume que les fers, aciers ou fontes éprouvent au rouge, n'ont pas été reprises, et sont complètement tombées dans l'oubli.

La Société espère que la création d'un prix de 2000 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 1902.

4° **Deux Prix de 500 francs** *chacun, pour des recherches scientifiques de chimie, dont les résultats seront jugés de nature à être utiles à l'industrie.*

Les recherches doivent avoir un caractère exclusivement scientifique. Leurs auteurs ne sont pas tenus d'avoir réalisé les applications pratiques qu'ils peuvent entrevoir comme résultant de leurs observations; mais il leur est recommandé de faire porter leurs mesures sur les réactions ou sur les propriétés des corps dont la connaissance peut intéresser telle ou telle des industries chimiques.

Ces prix seront décernés, s'il y a lieu, en 1901.

5° **Prix de 2000 francs** *pour de nouveaux progrès réalisés dans la fabrication du chlore.*

La fabrication de la soude subit, 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

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

livre au commerce des quantités de sel de soude dont le prix de revient est, dans une large mesure, inférieur au prix de revient de la soude fabriquée par le procédé Le Blanc.

Cependant, le développement de cette nouvelle industrie se trouve forcément limité par la nécessité, pour la fabrication des produits chimiques, de fournir aux arts non seulement le sodium, mais encore le chlore que le sel contient. En effet, tandis que, dans le procédé Le Blanc, le manufacturier, par la production du sulfate de soude et de l'acide chlorhydrique, utilise ces deux éléments, on voit, dans les procédés à l'ammoniaque, tout le chlore évacué à l'état de résidus, et généralement sous la forme de chlorure de calcium. D'où résulte, d'une façon nécessaire, et dans une mesure fixée par les besoins du blanchiment, de la papeterie, etc., la conservation actuelle du procédé ancien en face du procédé nouveau.

Il en serait autrement si, résolvant un problème jusqu'ici considéré comme insoluble, la fabrication des produits chimiques parvenait à retirer, des résidus laissés par la fabrication de la soude à l'ammoniaque, le chlore que ceux-ci emportent à l'état inutile. Complétés par cette découverte, les procédés à l'ammoniaque exerceraient une influence de premier ordre sur la valeur des produits chimiques de grosse fabrication, qui, pour nombre d'industries, sont de véritables matières premières, en même temps que la salubrité publique trouverait tout avantage à la suppression de résidus, que, jusqu'ici, les manufacturiers sont obligés d'évacuer dans les cours d'eau.

La Société d'Encouragement, préoccupée des conséquences importantes qu'entraînerait l'utilisation de ces résidus, propose un prix de 1 000 francs pour celui qui parviendra à en retirer industriellement le chlore qu'ils contiennent.

Ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1901.

6° **Prix de 1000 francs** *pour la découverte d'un nouvel alliage utile aux arts.*

La plupart des alliages employés dans l'industrie sont connus depuis longtemps. Cependant, de nouveaux métaux ont été découverts, et l'un d'eux, l'aluminium, a fourni un bronze doué de qualités extraordinaires, dont les arts et les beaux-arts tireront un parti considérable, lorsque son prix de revient le rendra accessible aux emplois communs de la vie.

Le bronze d'aluminium, éminemment malléable et ductile, partage avec le fer et l'acier la propriété de se laisser forger à chaud et de pouvoir être soudé. Fusible à une température élevée, il se prête à tous les travaux de moulage. Il résiste mieux à l'air et aux agents d'oxydation que les bronzes ou laitons anciennement connus.

Pourquoi les métaux nouvellement connus ne seraient-ils pas susceptibles de fournir aussi des alliages doués de qualités spéciales dignes de l'attention de l'industrie ? Ce sont des études à entreprendre et des essais à tenter : la Société, en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

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 1901.

7° **Prix de 2000 francs** *pour une étude scientifique de la combustion dans les fours chauffés par gazogènes.*

Depuis les travaux classiques d'Ebelmen sur l'emploi des combustibles gazeux, il n'a été fait en France aucune recherche d'ensemble sur un sujet si important. Ce mode de chauffage, actuellement appliqué dans les industries les plus variées, est appelé à prendre un développement de jour en jour plus grand, et à se substituer complètement au chauffage direct par grille. Les analyses de gaz qui ont été faites, quoique très nombreuses, présentent généralement peu d'intérêt. Elles sont toujours incomplètes, un des éléments importants, l'eau, n'étant jamais dosé; elles se rapportent à des gaz dont les conditions de production ne sont pas spécifiées, et un grand nombre d'entre elles ne présentent aucune garantie d'exactitude.

Il serait très important d'avoir une série d'analyses *complètes*, se rapportant à des gaz obtenus dans des conditions parfaitement déterminées, comme composition chimique du combustible solide, poids d'eau vaporisée sous la grille, durée de séjour des gaz au contact du charbon, température du gazogène. Des analyses des produits de la combustion devraient être faites parallèlement, en les rapprochant de la durée de séjour des flammes dans les fours, de la température de ce dernier, de la vitesse relative d'arrivée des gaz et des sections et positions relatives des carneaux d'émission.

De semblables données numériques seraient très utiles à l'industrie, en faisant connaître par avance les résultats que l'on peut attendre d'un combustible donné, et plus encore en faisant ressortir la nécessité absolue des analyses fréquentes 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 1902.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

8° **Prix de 2000 francs** *pour une étude scientifique d'un procédé industriel dont la théorie est encore imparfaitement connue.*

Un grand nombre d'industries se développent d'une façon purement empirique; les procédés permettant d'obtenir un résultat donné sont connus souvent bien longtemps avant qu'on ne soupçonne la nature ou l'enchaînement des phénomènes mis en jeu. Leur connaissance exacte présenterait pourtant un grand intérêt au point de vue industriel, en réduisant le nombre des tâtonnements nécessaires pour arriver à réaliser de nouveaux perfectionnements.

La Société propose un prix de 2 000 francs pour le meilleur travail qui lui sera soumis; elle se réserve de partager le prix, ou même d'en différer l'attribution. Les mémoires les plus intéressants pourront être publiés en entier, ou par extrait, dans les bulletins de la Société.

Ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1902.

9° **Prix de 2000 francs** *pour une étude sur la dilatation, l'élasticité et la ténacité des pâtes et couvertes céramiques.*

Les différents produits céramiques présentent, au point de vue de la solidité, des qualités bien différentes. Les porcelaines et les grès peuvent être environ dix fois plus résistants que les terres cuites et faïences communes; l'addition de fondants à la pâte des faïences fines leur donne, à ce point de vue, une situation intermédiaire entre les produits extrêmes. Des mesures précises de résistance à l'écrasement, à l'arrachement ou à la flexion de ces divers produits seraient évidemment très utiles, si elles étaient rapprochées de la nature et de la proportion des éléments constitutifs des pâtes, et de leur température de cuisson.

L'accord des pâtes et des couvertures est un des problèmes les plus délicats de la céramique; ce n'est actuellement que par des tâtonnements indéfiniment prolongés, et partant très coûteux, que l'on arrive à quelques solutions particulières plus ou moins satisfaisantes. Ainsi, pour arriver à reconstituer la véritable porcelaine chinoise, il n'a pas fallu moins de trente années de travail. Il semble que la connaissance exacte des coefficients de dilatation et des limites d'élasticité de pâtes et de couvertes de nature déterminée, en permettant de réduire le nombre des essais analogues, serait d'un grand secours pour le perfectionnement de notre industrie céramique.

Enfin, la mesure de la dureté des couvertes présente également un intérêt incontestable.

La Société d'Encouragement propose, pour une semblable étude, un prix qui pourra s'élever à 2 000 francs, et qui sera décerné, s'il y a lieu, en 1901.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

10° **Prix de 2000 francs** *pour une étude scientifique des propriétés physiques et mécaniques des verres.*

La composition chimique des verres varie avec les usages auxquels ils sont destinés. Ce ne sont pas seulement la considération de l'abaissement du prix de revient d'une part, et celle de l'éclat, de la transparence, d'autre part, qui motivent ces variations de composition. Les conditions variées de travail et d'emploi du verre exigent des qualités également variées. D'une façon générale, le verre doit prendre une fluidité telle que l'affinage soit complet, le dégagement des bulles gazeuses parfaitement assuré. En outre, pour la gobeleterie, il faudra un verre restant longtemps malléable, et pouvant se travailler jusqu'à une température relativement assez basse ; pour les bouteilles à champagne, il faut un verre résistant et peu altérable ; pour les émaux, il faudra des verres ayant une élasticité considérable, leur permettant de se prêter aux dilatations inégales des corps qui les supportent.

Ces diverses qualités sont susceptibles, les unes de mesures rigoureuses, les autres de mesures approchées, dont la connaissance présenterait un intérêt incontestable. On peut déterminer la température à laquelle un verre commence à plier sans rompre, puis à se déformer sous son propre poids, à couler comme un liquide, et enfin à laisser monter à la surface les bulles gazeuses. On peut également mesurer la ténacité à des températures croissantes. Le coefficient d'élasticité et celui de dilatation peuvent aussi faire l'objet de mesures précises.

De semblables mesures, bien entendu, ne peuvent avoir d'utilité qu'à condition d'être rapprochées de la composition chimique du verre, des conditions de refroidissement lent ou rapide, en un mot, de toutes les circonstances dont ces grandeurs peuvent être fonctions. Des expériences faites sur des matières insuffisamment déterminées seraient totalement dénuées de valeur.

La Société d'Encouragement propose, pour une semblable étude, un prix qui pourra s'élever à 2000 francs, suivant l'importance du travail et des résultats obtenus.

Ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1901.

11° **Prix de 2000 francs** *pour un nouveau procédé de fabrication de l'acide sulfurique fumant et de l'acide sulfurique anhydre.*

La fabrication de l'acide sulfurique de Nordhausen a été, jusqu'ici, le monopole de quelques fabriques de l'Allemagne. La consommation était d'ailleurs limitée à l'emploi qu'on en faisait pour dissoudre l'indigo. Aujourd'hui que l'acide fumant est, pour ainsi dire, indispensable à la production de corps importants, tels que l'alizarine artificielle, il serait utile que nos industriels, au lieu de faire venir de loin et à grands frais un produit dont l'usage s'étend déjà beaucoup

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et s'étendra certainement encore plus dans l'avenir, puissent avoir à leur disposition un nouveau procédé de fabrication.

La Société d'Encouragement a décidé qu'un prix de 2 000 francs serait décerné, pour un nouveau procédé de fabrication de l'acide sulfurique fumant, ou de l'acide anhydre, plus économique que ceux qui ont été appliqués jusqu'ici.

Ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1901.

12° **Prix de 2 000 francs** *pour la fabrication courante d'un acier ou fer fondu doué de propriétés spéciales utiles, par l'incorporation d'un corps étranger.*

On sait, par les recherches de Faraday, que plusieurs métaux : le platine, le palladium, le chrome, etc., modifient les propriétés de l'acier d'une façon notable, dans le cas où ces métaux ne sont alliés au fer qu'en minime proportion.

Plus récemment, il a été constaté que les aciers sont rendus d'autant plus durs qu'ils renferment plus de tungstène. Leur ténacité statique s'accroît aussi; mais le métal devient plus aigre; il s'allonge moins. Les effets utiles ou nuisibles du manganèse sur l'acier ont été signalés également dans ces derniers temps. Mais il y a loin encore de ces indications plus ou moins vagues à une fabrication régulière et courante.

Cependant aujourd'hui que, grâce aux procédés Bessemer et Martin Siemens, l'emploi de l'acier et des fers fondus s'est considérablement élargi, l'attention se reporte de nouveau sur les travaux de Faraday. Il importe de connaître l'influence spéciale des métaux étrangers sur les propriétés du fer et de l'acier.

La Société d'Encouragement, désirant favoriser ces études, décernera un prix de 2 000 francs à celui qui fabriquera sur une large échelle, et qui aura fait accepter, par les arts ou les ateliers de construction, un fer fondu doué de propriétés spéciales par l'incorporation d'un corps étranger.

Le prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1901.

ARTS ÉCONOMIQUES

1° **Prix de 2 000 francs** *pour l'invention de procédés nouveaux permettant d'utiliser pour l'éclairage et le chauffage, le pétrole pesant au moins* $0^k,800$, *soit dans l'industrie, soit dans l'économie domestique.*

Le pétrole, dont la production augmente de jour en jour et dont l'usage, sous des formes diverses, tend à se développer, fournit une source précieuse de chaleur et de lumière. Il importe de perfectionner les appareils à l'aide desquels on l'emploie, et cela non seulement au point de vue de l'utilité que l'on peut en retirer, mais aussi pour éviter complètement, ou du moins pour diminuer autant que possible les accidents auxquels donne trop fréquemment lieu l'usage du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

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 1901.

2° **Prix de 2000 francs** *pour la construction d'une essoreuse à effet continu.*

L'industrie des produits chimiques utilise avec grand profit les essoreuses à force centrifuge. Mais dans certains cas, notamment lorsqu'il s'agit d'opérer la séparation et le lavage de précipités, de cristaux, etc., des substances volatiles, l'alcool, la benzine, le chloroforme, etc., avec lesquels ces corps sont mélangés, l'emploi des appareils ordinaires devient très onéreux par suite des pertes occasionnées par la manipulation nécessaire pour retirer les matières solides du panier de l'appareil, ces matières conservant toujours une petite quantité du liquide volatil qu'il s'agissait d'extraire.

Une essoreuse dans laquelle les matières à séparer s'introduiraient d'une manière continue et qui permettrait de recueillir sans arrêt, d'une part les substances essorées, et de l'autre les liquides, réaliserait un grand progrès dans la séparation des matières industrielles.

Le prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1901.

3° **Prix de 2000 francs** *pour un appareil de ménage facilitant la purification des eaux potables par l'ébullition.*

L'ébullition est employée, dans beaucoup de ménages, pour obtenir la purification des eaux potables, de préférence aux appareils à filtrer; mais cette méthode rencontre certaines difficultés d'exécution quand on veut obtenir rapidement, pour le service de la table, le chauffage, le refroidissement et l'aération de l'eau ainsi purifiée, sans risquer d'y introduire à nouveau des éléments nuisibles.

Un appareil simple et peu coûteux, qui serait combiné de façon à faciliter l'application de ce procédé sur de petites quantités d'eau répondant aux besoins des ménages, pourrait, par suite, rendre d'utiles services.

Un prix de 2000 francs sera décerné, s'il y a lieu, en 1902, à l'auteur du meilleur appareil qui répondrait à ce programme.

4° **Prix de 3000 francs** *pour la purification des eaux potables.*

Le prix sera décerné à l'auteur de recherches d'ordre physique, chimique ou autre qui l'auront amené à trouver un bon procédé de purification des eaux potables applicable, soit dans la pratique générale, soit aux usages domestiques. Ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1901.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

5° **Prix de 2000 francs** *pour une lampe électrique à incandescence ayant, au maximum, une intensité de deux bougies décimales et fonctionnant, avec un dixième d'ampère, sous* 100 *volts environ de différence de potentiel et dont la durée soit de* 400 *heures au moins.*

Les lampes à incandescence actuelles ont une intensité lumineuse de 8, 10, 16 ou 20 bougies. Ces unités, qui conviennent bien pour l'éclairage des magasins, des théâtres, des cafés et de certaines parties des appartements, sont trop fortes pour les petits locaux et même pour les grandes pièces où l'on a besoin d'une lumière discrète ne fatiguant pas la vue. On peut, il est vrai, réduire l'intensité des lampes ordinaires en les dépolissant plus ou moins, ou en intercalant des résistances dans leurs circuits. Mais la dépense, pour une intensité donnée, se trouve augmentée; les lampes dépolies se salissent très rapidement et les rhéostats compliquent l'installation.

Des lampes électriques de très faible intensité permettant d'éclairer les salons comme ils l'étaient avec des bougies stéariques, fatigueraient moins les yeux et seraient souvent d'un meilleur effet décoratif que les foyers plus puissants. Ces lampes pourraient servir de veilleuses et elles conviendraient également bien pour les couloirs et les pièces de dégagement. La fabrication de lampes à haut voltage et à faible intensité constituerait donc un progrès réel dans l'éclairage par l'électricité.

Le prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1901.

Si le problème n'est pas résolu entièrement, la Société se réserve de tenir compte des résultats obtenus dans la voie indiquée.

AGRICULTURE

1° **Prix de 2000 francs** *pour la meilleure étude sur l'agriculture et l'économie rurale d'une province ou d'un département.*

L'agriculture et l'économie rurale des diverses parties de la France présentent des différences dignes de remarque, provenant de causes locales encore peu connues. Il serait très utile de pouvoir comparer entre elles les méthodes ou systèmes qui y sont mis en pratique. Une série de monographies faisant connaître ce qui se passe dans chaque région agricole permettrait de faire ces rapprochements, et contribuerait ainsi puissamment aux progrès de l'agriculture.

Quelques études de ce genre, qui avaient été tentées, ont engagé la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale à proposer un prix pour ce genre de recherches, et elle a pu décerner déjà des prix et des mentions honorables aux auteurs de remarquables monographies de ce genre. Ce succès l'a décidée à maintenir la question au concours. Elle propose donc de nouveau un prix de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

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.

Le prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1901.

2° **Prix de 3000 francs** *pour la meilleure étude sur l'emploi agricole de l'eau en grande culture.*

La France possède un merveilleux réseau de cours d'eau. Elle n'en compte pas moins de 60 000, sur lesquels 85 p. 100 environ sont de petits cours d'eau ayant un bassin inférieur à 2 000 hectares et une longueur moyenne variant de 2 à 5 kilomètres. Elle possède également un assez grand nombre de canaux d'arrosage et se trouve donc dans les conditions les plus favorables au développement des irrigations. Malgré cela, on ne saurait évaluer à plus de 300 000 hectares l'étendue des terrains régulièrement arrosés, et les eaux des canaux d'irrigation elles-mêmes ne sont utilisées que dans une faible mesure.

Et cependant l'agriculture française est puissamment intéressée à voir s'étendre la pratique de l'arrosage, et notre production nationale retirerait de sa généralisation des bénéfices énormes.

La Commission supérieure pour l'aménagement et l'utilisation des eaux, instituée en 1878 au Ministère des Travaux publics, a admis, en effet, que, d'une façon assez générale, « l'irrigation procure en moyenne un accroissement de revenu net d'au moins 200 francs par hectare, déduction faite de toutes charges résultant de l'arrosage; que la plus-value foncière qu'acquiert une terre mise à l'arrosage peut, en conséquence, être évaluée à environ 4 000 francs l'hectare, et qu'elle peut même atteindre un chiffre plus élevé pour les terres de mauvaise qualité ».

D'après les études de Barral sur les irrigations des Bouches-du-Rhône, l'augmentation de la valeur foncière ou du revenu serait bien plus considérable encore dans cette région.

Ces considérations engagent la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale à proposer un prix pour le meilleur mémoire indiquant quels seraient les moyens les plus propres à assurer l'utilisation agricole de nos petits cours d'eau et de nos grands canaux d'arrosage.

Un certain nombre d'États du centre et du nord de l'Europe, l'Allemagne en particulier, ont fait depuis une trentaine d'années des progrès considérables dans cette branche de leur activité nationale. Il conviendrait d'exposer les progrès et d'étudier rapidement les principales mesures d'ordre financier, admi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nistratif, législatif ou technique, qui ont occasionné ou accompagné, dans les divers États, le développement de l'arrosage.

On indiquerait jusqu'à quel point les mesures seraient applicables à notre pays, et quelles modifications on pourrait y apporter pour qu'elles puissent s'adapter à notre organisation administrative.

Le prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1901.

3° **Prix de 3000 francs** *pour l'étude des ferments et diastases alcooliques qui interviennent dans la production des boissons.*

L'étude de ces ferments et diastases a pris, depuis les travaux de Pasteur, une importance considérable. Les diverses levures entrent en jeu non seulement pour produire de l'alcool mais encore pour développer le goût et le bouquet qui établissent de si grandes différences dans la valeur de ces produits.

L'étude de ces levures et diastases 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 et diastases 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 1903.

4° **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.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ce sont de véritables cartes agronomiques, qu'on pourrait rendre encore plus utiles aux agriculteurs en étudiant chacun de ces étages, d'un côté, par l'analyse dans le laboratoire, et, de l'autre, par des essais méthodiques d'engrais chimiques (engrais analyseurs, analyse du sol par les plantes) dans les champs.

Un petit nombre d'analyses faites sur des échantillons assez bien choisis, d'après les indications des cartes, pour représenter le type de chacun de ces terrains, pourrait ainsi servir pour tous les champs désignés sur des cartes par la même teinte. Il faudrait employer, pour ces analyses, des méthodes qui permettent de donner aux agriculteurs des conseils pratiques sur l'emploi de l'acide phosphorique, de la potasse, etc., pour telle culture ou telle autre (par exemple, les méthodes indiquées par M. P. de Gasparin dans son *Traité de la détermination des terres arables dans le laboratoire*).

Dans les cas où il serait d'usage, dans le pays, d'employer de la marne ou de la chaux, il faudrait étudier aussi la composition chimique de ces amendements, leur action sur le sol, etc.

Les concurrents devront également donner des indications sur les cultures pratiquées dans ces divers terrains.

Le prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1902.

5° **Prix de 2000 francs** *pour les meilleures études sur la culture de la vigne dans les diverses régions de la France, et sur l'influence des fumures et des procédés de vinification sur la qualité des vins.*

Les conditions économiques de la production du vin se sont considérablement modifiées à la suite de l'invasion phylloxérique et de la reconstitution des vignobles par les plants américains. Cependant, dans les diverses régions viticoles, les procédés de culture anciennement employés sont encore aujourd'hui en usage. Il y a un grand intérêt à les étudier pour voir s'ils répondent aux besoins actuels, ou s'il serait avantageux de remplacer quelques-unes des pratiques usuelles par d'autres s'adaptant mieux à la nouvelle situation.

L'intervention des fumures paraît appelée à jouer dans l'avenir un rôle de plus en plus grand dans l'exploitation des vignobles. Il importe de savoir dans quelle mesure les fumures influent sur l'augmentation de la récolte et sur la qualité des vins. Ce n'est pas seulement la quantité d'engrais à employer dans les divers cas qu'il s'agit de déterminer, mais aussi leur nature, en distinguant nettement les engrais naturels, généralement volumineux et encombrants, des engrais commerciaux ou chimiques, ordinairement concentrés.

Autant que le mode de culture et que la fumure, les procédés de vinification influent sur la qualité des vins et sur les prix auxquels ils se vendent. Dans diverses régions de la France, ces procédés sont encore très défectueux. Les concurrents devront étudier les améliorations pratiques à y apporter.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Souvent aussi, le climat ou la nature des cépages s'opposent à une bonne fermentation; il y aurait lieu de déterminer quelles sont les influences fâcheuses qui s'exercent dans le cours de la vinification, et d'indiquer quels remèdes on peut y apporter pratiquement.

Le prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1902.

6° **Prix de 2000 francs** *pour la meilleure étude sur les maladies du cidre et les moyens de les prévenir et de les arrêter dans leur développement.*

Le cidre bien fabriqué et convenablement conservé est une boisson à la fois très hygiénique et très alimentaire. Malheureusement, dans diverses circonstances, il est exposé à des maladies ou altérations qui nuisent beaucoup à sa qualité, et qui même le rendent souvent imbuvable. Ainsi tantôt, quelque temps après avoir été fabriqué et même soutiré, il prend le *gras*, maladie qu'on attribue à diverses causes, tantôt il passe à l'*état acide* ou *aigre*, sans qu'on puisse souvent bien déterminer les causes de cette acétification; enfin, parfois, quelques instants après avoir été tiré d'une barrique pleine ou en vidange, le cidre perd sa couleur native jaune rougeâtre, et prend une nuance plus ou moins brune. On dit alors que *le cidre se tue*. Les cidres qui subissent de telles modifications ne sont pas agréables et ils sont d'une vente difficile.

Ces diverses altérations ou maladies ont une grande importance en ce qu'elles nuisent à la propagation du cidre comme boisson en altérant sa qualité et son bouquet. Ces faits, bien connus en Normandie, dans le Maine, la Bretagne, etc., ont engagé la Société d'Encouragement à provoquer de nouvelles recherches théoriques et pratiques sur la *graisse*, l'*acétification*, le *noircissement*, les *fleurs*, etc., des cidres et les moyens de les prévenir et de les arrêter dans leur développement.

Les progrès que la microbiologie a réalisés, les ressources dont la chimie dispose permettent aujourd'hui de rechercher avec plus de méthode et plus d'exactitude qu'on ne l'a fait jusqu'ici les causes et les effets de ces maladies; quels sont les ferments qui, dans les différents cas, se développent? Quelles sont les conditions favorables à leur développement? Quels sont les produits qu'ils détruisent et quels sont ceux qu'ils élaborent? Ce n'est qu'après une étude attentive des conditions théoriques où ces maladies évoluent que l'on pourra songer à appliquer avec sécurité les remèdes destinés soit à les arrêter, soit à les prévenir.

La valeur du prix ne sera délivrée qu'après que les faits avancés auront été soigneusement vérifiés.

Ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1901.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

7° 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.

9° Époque des semailles, — mode de semailles : en lignes ou à la volée, — quantité de semences employée à l'hectare.

10° Sarclage, binage.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

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 1899 et en 1900.

Prix obtenu par hectolitre.

Prix obtenu par quintal.

Le prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1902.

8° **Prix de 3000 francs** *pour la reconstitution des vignobles sur les terrains calcaires-crayeux.*

Le phylloxera, depuis son apparition en France, a causé de grands dommages dans les vignobles des régions du Sud et du Sud-Ouest. Dans beaucoup de localités appartenant à ces régions, les vignes ont été complètement anéanties; mais grâce à divers cépages américains cultivés soit comme producteurs directs, soit comme porte-greffes pour les anciennes vignes françaises, on est parvenu, depuis quinze années, sur un assez grand nombre de points, à reconstituer des vignobles remarquables par leur vigueur et leur productivité. Toutefois, ces excellents résultats n'ont pu être obtenus que sur des terrains argilo-siliceux, silico-argileux ou silico-calcaires, profonds et de bonne fertilité. Jusqu'à ce jour, c'est en vain qu'on a tenté de créer des vignobles sur les sols *calcaires crayeux à sous-sol crayeux*, à la place 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 3000 francs encouragera les tentatives dans cette voie. Elle se réserve de partager le prix ou de n'en accorder qu'une partie, suivant les mémoires qui lui seront adressés.

Les concurrents devront fournir, avec la dénomination exacte du cépage cultivé, un échantillon du terrain, une description du sol, l'étendue plantée, l'âge et le mode de direction des plants, et un échantillon du produit avant et après la dis-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tillation. 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 1901.

9° **Prix de 1000 francs** *fondé par les exposants de la classe* 75 (Exposition de 1889) pour être décerné à celui qui indiquera un *moyen pratique de se débarrasser de l'un des insectes ennemis de la vigne :* l'altise ou la cochilis.

Ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1901.

10° **Prix de 2000 francs** *pour des monographies agricoles coloniales.*

On décrira et discutera les ressources agricoles de la colonie, l'état actuel des exploitations agricoles : (Zones de culture. Plantes. Animaux) l'historique des essais de cultures tentés jusqu'à ce jour, les difficultés actuelles de ces exploitations agricoles, les moyens d'y remédier, l'avenir probable de l'agriculture dans la colonie.

Ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1902.

11° **Prix de 2000 francs** *pour l'étude de la pomme de terre alimentaire.*

L'étude de la pomme de terre industrielle et fourragère a tenté depuis longtemps les chimistes et les agronomes. Dans ces dernières années notamment, elle a fait l'objet des recherches magistrales d'Aimé Girard, qui ont si puissamment contribué à l'extension de la culture des variétés à grands rendements.

Celle de la pomme de terre alimentaire, au contraire, a été jusqu'à présent à peu près complètement négligée. Cependant, elle tient dans l'alimentation de l'homme une place beaucoup plus importante encore que dans l'industrie. D'après la statistique agricole officielle de 1892, la culture de la pomme de terre alimentaire occupe en France une superficie de près de 1 million et demi d'hectares, et la valeur des produits qu'elle fournit atteint plus de 670 millions de francs, tandis que, sur une surface de 46 600 hectares, la pomme de terre de féculerie produit seulement pour 25 millions de francs de tubercules.

L'étude chimique du tubercule en vue de l'alimentation, celle des variétés les plus appréciées pour cet usage, des méthodes culturales propres à améliorer ces variétés, à en créer de nouvelles, à développer la production des unes et des autres, serait des plus intéressantes et pourrait conduire à des résultats fructueux pour notre agriculture, qui trouve à l'étranger de faciles débouchés pour la pomme de terre de table.

Les mémoires traitant une question partielle seront admis au concours.

Dans le but d'encourager des recherches de ce genre, la Société d'Encouragement met au concours un prix de 2000 francs.

Ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1902.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CONSTRUCTIONS ET BEAUX-ARTS

1° **Prix de 3 000 francs** *pour la fabrication industrielle en France des trames ou réseaux employés pour la production des photogravures typographiques, ou pour la divulgation et la vulgarisation de méthodes permettant d'obtenir le même résultat. Ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en* 1901.

L'illustration des livres par l'insertion de gravures typographiques dans le texte est devenue une nécessité pour tous les ouvrages de sciences, d'art, même d'imagination, pour les publications périodiques et journalières. Pour répondre à ce besoin, il fallait la vérité de la reproduction, la rapidité et le bon marché relatif de l'exécution. Seule la photographie pouvait remplir ces conditions, et, depuis plus de vingt ans, elle a marché dans cette voie en progressant sans cesse, mais en se heurtant à des difficultés pratiques augmentées souvent par des partis pris industriels qui ralentissaient son essor.

On retrouvera un résumé de ces premières applications dans le rapport présenté par nous à la Société d'Encouragement, et publié en 1886 dans le *Bulletin* de la Société (1).

Dans ce rapport, après avoir expliqué que, pour obtenir la gravure photographique, la première condition est de transformer les teintes continues du phototype (ou cliché) en teintes brisées, les premières donnant leur effet et leur modelé par l'épaisseur de la matière colorante, tandis que les secondes rendent leur effet par la proportion des écarts entre les blancs et les noirs, l'auteur rappelait que ce principe avait été formulé dès 1859 par Berchtold (2), qui indiquait l'emploi de la glace striée et les diverses manières de l'utiliser.

L'idée fit lentement son chemin. Néanmoins, en 1882, M. Monge, collaborateur de la maison Boussod et Valadon, réalisait de remarquables résultats par ce procédé et, en 1884, montra à la Société d'Encouragement de très belles gravures en relief et en creux que M. Mauzé obtenait par cette méthode des clichés striés; quelques-unes étaient de très grande dimension, un spécimen fut même inséré au Bulletin. Nous n'avions alors qu'à constater les résultats sans avoir à demander à l'exécutant qu'il nous initiât à ses procédés.

Aujourd'hui la transformation de l'image photographique en planche gravée en relief pour la typographie est devenue courante; et, devant les spécimens remarquables qui revenaient de l'étranger, les éditeurs et les imprimeurs français ont compris qu'il devenait nécessaire d'améliorer leur matériel, qu'il fallait adapter leurs presses, leurs papiers, leurs encres, aux nécessités de cette gravure

(1) *Bulletin* de la Société d'Encouragement, octobre 1886, pages 510 et suivantes.
(2) *Bulletin* de la Société française de photographie, avril 1859.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nouvelle dont la beauté réside surtout dans la délicatesse des traits et qui exige la même délicatesse dans les procédés d'emploi.

Les clichés striés qui servent pour la photogravure typographique s'obtiennent actuellement par l'intermédiaire d'une glace couverte de rayures très fines tracées avec une régularité qui demande la perfection. Cette glace striée est l'outil employé par le photograveur ; et si nous nous servons de ce mot outil, c'est, qu'en effet, le photograveur n'en fait pas une simple application, une simple interposition, il l'utilise de manières très diverses en l'éloignant plus ou moins de son épreuve par fractions de millimètre, en croisant les stries, en modifiant l'action et l'arrivée de la lumière par des diaphragmes de formes très variées. Les résultats obtenus dépendent de l'emploi raisonné de ces réseaux, bien que la théorie de l'action lumineuse qui en résulte soit encore assez vague.

La fabrication des glaces striées présente de grandes difficultés qui vont croissant avec les dimensions ; souvent ces glaces portent six à huit rayures au millimètre, et ces rayures doivent présenter la plus parfaite régularité dans leur tracé, les moindres défauts s'apercevraient surtout dans les demi-teintes de la gravure, s'ils détruisaient la pureté des modelés.

Quelques essais faits en France pour la fabrication de ces glaces n'ont pas encore donné les résultats désirés ; nos photograveurs sont obligés de demander en Amérique ou en Allemagne et de payer fort cher les réseaux qui leur sont nécessaires. Ainsi l'invention et les premières applications sont françaises, mais, comme il arrive trop souvent, nous les avons laissées s'expatrier, elles sont allées grandir et se développer à l'étranger après avoir reçu une nouvelle nationalité.

Le Comité des Constructions et des Beaux-Arts a pensé qu'il y avait lieu de chercher à rendre à la France une fabrication qui aurait dû y rester, il a proposé au Conseil, qui a adopté cette proposition, de fonder un prix de 3 000 francs pour encourager en France soit la fabrication industrielle des glaces striées, soit la vulgarisation de toute autre méthode de photogravure typographique, à la condition que les résultats obtenus seront aussi bons, sinon meilleurs, que ceux réalisés à ce jour.

2° **Prix de 1 000 francs** *pour la découverte d'un procédé empêchant les bois de menuiserie et d'ébénisterie de jouer ou de se déformer sous les influences atmosphériques.*

Ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1901.

3° **Prix de 3 000 francs** *à l'inventeur du procédé qui permettra de tirer un nombre indéfini d'épreuves positives en couleurs avec des clichés obtenus soit par la méthode de reproduction des couleurs de M. Lippmann, soit par un autre procédé direct.*

Ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1901.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PRIX

OFFERT PAR LA SOCIÉTÉ DES CIMENTS FRANÇAIS DE BOULOGNE-SUR-MER

(Anciens établissements DEMARLE, LONQUÉTY et Cie, et FAMCHON et Cie, réunis.)

Un prix de 1 000 francs sera décerné à l'auteur du meilleur mémoire sur le procédé pratique, en dehors des procédés chimiques, applicable sur les chantiers, pour reconnaître les adultérations du ciment Portland artificiel.

COMMERCE

Les mémoires présentés au concours devront être manuscrits, et porter une devise qui sera répétée sur un pli cacheté renfermant le nom de l'auteur. Messieurs les candidats sont priés de se conformer le plus possible aux programmes ci-dessous et de n'envoyer que des communications qui, par leur développement, soient en rapport avec l'importance des prix.

1° **Prix de 2 000 francs** *pour un mémoire sur l'industrie de la soie dans la région lyonnaise* (Lyon, Saint-Étienne, Nîmes, etc.), *depuis la Révolution de 1789.*

Les auteurs devront s'attacher principalement à faire connaître l'organisation industrielle et commerciale ainsi que les relations des diverses catégories de personnes employées dans l'industrie. La technique de l'industrie et les débouchés commerciaux ne doivent figurer que dans la mesure nécessaire pour l'intelligence des relations industrielles.

Ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1901.

2° **Prix de 1 500 francs** *pour un Mémoire relatif à l'industrie et au commerce des vélocipèdes.*

La vélocipédie est de date récente, et, déjà, elle crée, dans l'industrie et dans le commerce, un mouvement d'affaires très considérable.

La question mise au concours a pour objet :

1° D'indiquer les conditions dans lesquelles s'est établie tout d'abord et s'exerce actuellement la construction des vélocipèdes, notamment en France, en Angleterre, en Allemagne, en Belgique et aux États-Unis; l'importance approximative des capitaux employés par cette industrie, le nombre des usines, l'effectif des ouvriers, les salaires et autres conditions du travail;

2° De rechercher, d'après les statistiques, le mouvement commercial auquel donnent lieu la vente et l'achat des vélocipèdes dans les principaux pays, l'im-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

portance des capitaux et du personnel employés, les usages actuels et les usages à prévoir du vélocipède, les prix de vente et les causes qui font varier ces prix entre les différents pays, les tarifs de douane, les importations et les exportations, les taxes et impôts intérieurs, les règlements administratifs sur la circulation, en un mot tout ce qui peut, en l'état actuel, aider ou nuire au développement de l'industrie et du commerce vélocipédique.

L'examen et la description des perfectionnements mécaniques ne sont point compris dans cette étude, pour laquelle les concurrents doivent s'attacher principalement à faire ressortir aussi exactement que possible les nouveaux emplois que la vélocipédie procure dès à présent au capital et à la main-d'œuvre.

Ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1901.

3° **Prix de 3000 francs** *pour une étude sur les syndicats industriels de production et de vente* (1).

Après une introduction sur le rôle, la légalité, les effets, et les diverses variétés des syndicats industriels de production et de vente, on s'attachera à l'étude précise des syndicats d'une même industrie dans un pays, ou, mieux encore, à celle d'un syndicat déterminé, dont on présentera l'histoire et l'organisation et dont on fera ressortir l'influence sur la production, la consommation, les débouchés, les salaires et les prix.

Ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1901.

(1) On entend sous ce titre les syndicats (distincts des associations professionnelles de la loi du 21 mars 1884), qui se donnent pour objet de régler la production ou la vente de manière à prévenir les crises que la concurrence ou la reproduction pourraient avoir sur les prix de vente et sur les salaires. Ils portent des noms très variés (*Trust, Pools, Cartels, Rings, Corners...*), suivant leur organisation et leur mode d'action et suivant les pays.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

FONDATIONS ET 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 favoriser les recherches utiles à l'industrie et à aider les inventeurs dans leurs travaux, possède un titre de 3 480 fr. de rente 3 p. 100.

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

Cette fondation possède un revenu annuel de 1 036 francs de rente.

Fondation Fauler (Industrie des cuirs).

Cette fondation a pour but de secourir des ouvriers ou contremaîtres malheureux, ayant rendu des services appréciés dans l'industrie des cuirs.

Son revenu annuel est de 621 fr. 30 de rente.

Fondation Legrand (Industrie de la savonnerie).

Cette fondation est destinée à venir en aide aux ouvriers ou contremaîtres malheureux de l'industrie de la savonnerie, ayant rendu des services appréciés.

Son revenu annuel est actuellement de 892 fr. 80 de rente.

Fondation de Milly (Industrie de la stéarine).

Cette fondation a pour but de venir en aide à des ouvriers et contremaîtres malheureux, ou ayant contracté quelque infirmité dans l'exercice de leur profession.

Son revenu annuel est actuellement de 561 fr. 60 de rente.

Fondation de Baccarat (Industrie de la cristallerie).

Cette fondation, destinée à secourir des ouvriers et contremaîtres malheureux ou infirmes, possède un revenu annuel de 115 fr. 20.

Fondation Ménier (Industrie des arts chimiques).

Cette fondation a pour but de venir en aide à des ouvriers et contremaîtres appartenant à l'industrie des arts chimiques.

La fondation possède un revenu annuel de 177 fr. 60.

Legs Giffard.

Une partie du revenu du capital de 50 000 francs, légué à la Société par Henri Giffard, a été destinée à distribuer des secours dans des conditions qu'il appartient au Conseil d'administration de la Société de fixer. — La somme disponible pour les secours est de 974 fr. 50.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Fondation Christofle et Bouilhet (Artistes industriels).

Cette fondation, destinée à venir en aide à des artistes industriels malheureux, possède un revenu annuel de 417 fr. 60.

MÉDAILLES DUMAS

Ces médailles ont été instituées en 1897 — sur l'initiative de M. Aimé Girard — en faveur des ouvriers qui, sans quitter les ateliers, se sont peu à peu élevés jusqu'au rang de directeur d'usine ou de chef d'un service important dans un grand établissement industriel ou agricole.

Pour concourir à cette récompense, les seules conditions à remplir sont d'appartenir à la nationalité française et d'être présenté à la Société par les personnes auxquelles appartiennent les établissements dont les concurrents font partie.

MÉDAILLES

A DÉCERNER AUX CONTREMAITRES ET AUX OUVRIERS DES ÉTABLISSEMENTS INDUSTRIELS ET DES EXPLOITATIONS AGRICOLES.

La Société d'Encouragement, dans le but d'exciter les contremaîtres et les ouvriers à se distinguer dans leur profession et à encourager ceux qui se font remarquer par leur bonne conduite et les services qu'ils rendent aux chefs qui les emploient, a pensé que le moyen le plus propre à amener ce résultat était d'accorder des récompenses à ceux qu'une longue expérience aurait fait reconnaître comme ayant servi avec zèle, activité et intelligence; en conséquence, elle a pris l'arrêté suivant :

1° Il sera décerné chaque année, dans la séance générale, des médailles de bronze aux contremaîtres et ouvriers des grands établissements industriels et des exploitations agricoles de France.

2° Chaque médaille, à laquelle seront joints des livres pour une valeur de 50 francs, portera gravés le nom du contremaître ou de l'ouvrier et la désignation soit de l'atelier, soit de l'exploitation agricole à laquelle il est attaché.

3° Les contremaîtres ou ouvriers qui voudront obtenir ces médailles devront se munir de certificats dûment légalisés, attestant leur moralité et les services qu'ils ont rendus, depuis cinq ans au moins, à l'établissement auquel ils sont attachés. Ces certificats devront être appuyés tant par le chef de la maison, par le maire et les autorités locales, que par les ingénieurs civils ou militaires, en activité ou en retraite, et par les membres de la Société d'Encouragement qui résident sur les lieux.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

4° Le contremaître ou l'ouvrier ne pourra être ni le parent, ni l'allié, ni l'associé, par acte, des propriétaires de l'établissement. Il devra savoir *lire* et *écrire*, et s'être distingué par son assiduité à ses travaux, son intelligence et les services qu'il aura rendus à l'atelier ou à l'exploitation agricole ; à mérite égal, la préférence sera accordée à celui qui saura dessiner et qui aura fait faire des progrès à la profession qu'il exerce. Enfin, les certificats, en attestant que ces conditions sont remplies, donneront sur le candidat tous les détails propres à faire apprécier ses qualités.

CONDITIONS GÉNÉRALES

A REMPLIR PAR LES CONCURRENTS AUX PRIX ET RÉCOMPENSES DÉCERNÉS PAR LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

1° Les modèles, mémoires, descriptions, renseignements, échantillons et pièces destinés à constater les droits des concurrents seront adressés franco de port au *Secrétariat de la Société d'Encouragement* pour l'industrie nationale, *44, rue de Rennes*. Ils devront être *remis avant le 31 décembre de l'année précédant la distribution des prix :* ce terme est de rigueur.

2° Les procédés ou machines seront examinés par les Comités compétents.

3° Les membres du Conseil d'Administration sont exclus du concours.

4° Les autres membres de la Société sont admis à concourir ainsi que toutes autres personnes de nationalités française ou étrangères. Les mémoires, notes, descriptions et légendes doivent être rédigés en langue française.

5° La Société se réserve le droit de publier en tout ou en partie les documents récompensés.

6° La Société ne rendra pas les mémoires descriptifs, les pièces écrites et les dessins qui n'auront point été récompensés ; mais elle permettra aux auteurs d'en prendre copie, et elle leur rendra les modèles s'il y a lieu.

7° Les concurrents qui auraient traité plusieurs des questions mises au concours sont invités à envoyer des mémoires séparés sur chacune d'elles.

8° La Société remettra le montant des récompenses ou les médailles aux titulaires ou à leurs fondés de pouvoir.

N. B. La communication des mémoires ou procédés soumis aux concours ne saurait engager en aucune façon la responsabilité de la Société quant à l'application des lois et règlements qui régissent les brevets d'invention.

LES PIÈCES DÉPOSÉES RESTENT LA PROPRIÉTÉ DE LA SOCIÉTÉ.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

NOTES DE MÉCANIQUE

RUPTURES DES ARBRES EN ACIER, d'après M. R. SCHANZER

Il arrive souvent que des arbres de machines ou d'autres pièces en acier, bien qu'ayant parfaitement satisfait aux essais habituels de résistance, se brisent tout à coup, sans raison apparente, après quelques années de chocs ou de vibrations répétés.

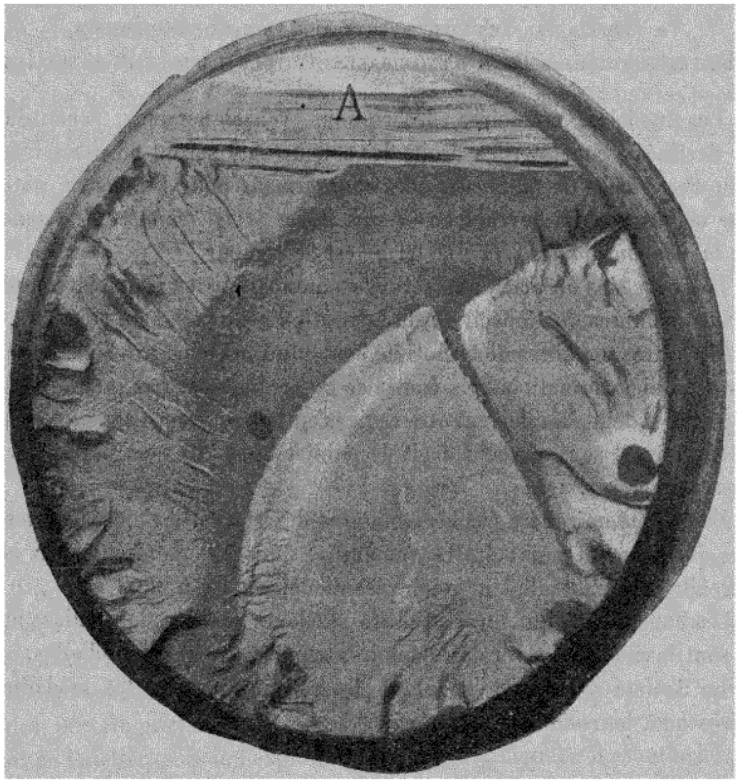


Fig. 1.

On attribue alors ces ruptures à des causes assez vaguement définies : fragilité, fatigue, etc., dont la notion n'est pas bien claire : c'est ainsi, par exemple, que l'on ne sait pas encore si des efforts vibratoires prolongés bien au delà de la limite d'élasticité peuvent ou non modifier la structure microscopique de cet acier. Ce qui paraît certain, c'est l'influence de la structure primitive du métal sur sa fragilité; la gros-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

seur du grain ou des cristaux, leurs clivages, leurs failles déterminées par la présence des lits d'impuretés, les fissures microscopiques, sont autant de défauts provoquant ou facilitant ces ruptures imprévues.

Tel est, par exemple, le cas d'une rupture d'arbre d'hélice étudiée par *M. Arnold* (1) et attribuée par lui aux raisons suivantes : 1° boursouflure considérable du lingot dont

Fig. 2. — Coupe polie perpendiculairement à l'axe. Grossissement, 50.

Fig. 3. — Coupe du même échantillon que figure 2. Grossissement, 50.

on avait forgé cet arbre; 2° liquation considérable dans son métal, démontrée par ce fait que la teneur en carbone était, au centre de l'arbre, de 50 p. 100 plus élevée qu'à la circonférence, ainsi que celles en manganèse, soufre, phosphore; 3° teneur moyenne en carbone trop élevée : 0,4 p. 100 au lieu des 0,25 spécifiés; 4° séparation, au lieu du mélange, des éléments perlite et ferrite, séparées par des failles cassantes; 5° présence de sulfure et de phosphure de fer cassants; 6° présence, à la surface, de petites criques capillaires, origines des ruptures.

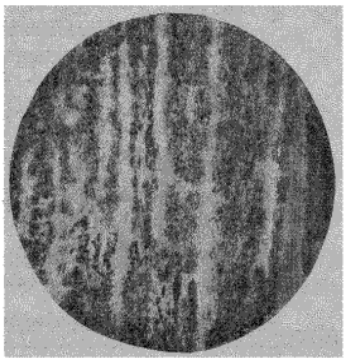


Fig. 4. — Coupe dans A (fig. 1) polie parallèlement à l'axe de l'arbre. Éclairement vertical. Grossissement, 20, en diamètre.

Examen d'un arbre en acier avec volant pour laminoir. — Après huit années de marche, cet arbre présentait aux portées un grand nombre de petites failles longitudinales, et une grande faille transversale qui en provoqua le retrait. La cassure de l'arbre en ce point présentait l'aspect fig. 1. On en détacha un segment A et, dans ce segment, on tailla cinq coupes parallèles à l'axe. Ces coupes présentèrent, sous un grossissement de 20, l'aspect caractéristique fig. 2, avec séparation des éléments ferrite, (raies blanches), et perlite avec ferrite (raies noires), en lits alternés de métal doux (ferrite pure) — et dur, formé d'un mélange de ferrite et de perlite moins dur que la perlite pure. Ces lits étaient allongés tous dans le sens de l'axe de l'arbre qui, sur les coupes polies perpendiculairement à l'axe de l'arbre, présentent l'aspect fig. 3 et 4, avec taches brillantes de ferrite et sombres de perlite. L'arbre en

(1) *Institution of naval Architectes*, 1900.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

question était donc constitué par une série de fibres de ferrite allongées parallèlement à son axe et enveloppées dans une masse plus dure de perlite et de ferrite mélangées.

L'analyse de nombreux échantillons a démontré la parfaite uniformité de la composition chimique ; il ne s'était pas, comme dans l'arbre de M. Arnold, produit de liquation. La composition était, en moyenne, la suivante : carbone 0,160, silicium 0,175, soufre 0,020, phosphore 0,083, manganèse 0,450, à laquelle on ne peut reprocher qu'une teneur trop élevée en phosphore.

La disposition des lits alternés de ferrite et de perlite suffit pour expliquer celle même des failles parallèles à l'axe ; mais on ne connaît pas la cause de cette disposition des lits, bien que l'on puisse admettre que la richesse en phosphore est favorable à la production de cette structure feuilletée ou stratifiée, des plus dangereuses, et que M. Schanzer a remarquée sur plus de 41 ruptures d'arbres.

MACHINES *Musgrave* À BIELLES TRIANGULAIRES

Nous avons déjà signalé, à la page 577 du *Bulletin* de mai 1895, les principaux avantages de ces remarquables machines. Les figures 1 à 6 représentent les nouvelles

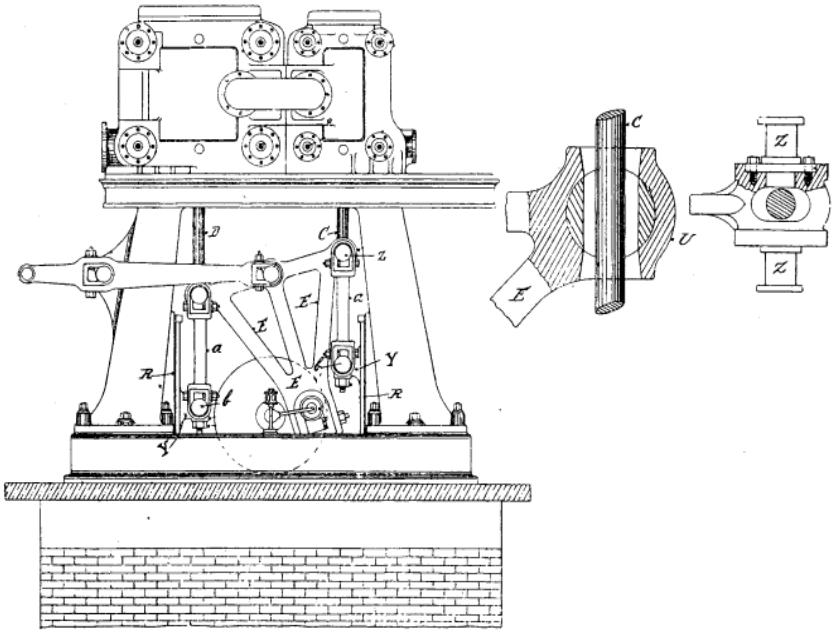


Fig. 1 à 3. — Machine Compound *Musgrave* à bielles triangulaires.

dispositions adoptées par M. Musgrave pour les types à double et triple expansion.

Les tiges des pistons C et D (fig. 1) traversent les extrémités U (fig. 2) de la bielle triangulaire E, et vont s'attacher aux croisillons Y, dont les tourillons *b* portent les bielles *a*, articulées aux tourillons *z z* de la bielle E. On diminue ainsi, grâce à la lon-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gueur des bielles a, la fatigue des glissières R, tout en réduisant considérablement la hauteur de la machine et en rendant les glissières Y plus accessibles.

Dans le type fig. 4 le milieu de la bielle triangulaire est guidé par un parallélo-

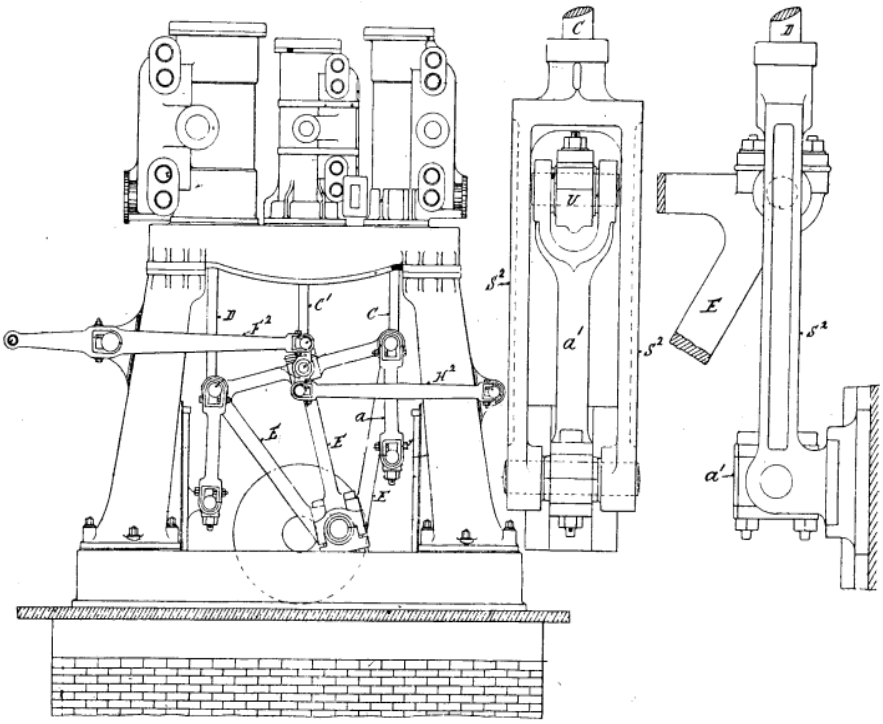


Fig. 4 à 6. — Machine *Musgrave* à triple expansion et bielles triangulaires.]

gramme H_2, auquel est articulée la tige C′ du cylindre de haute pression, et les tiges C et D des pistons de basse et moyenne pression attaquent E soit, comme précédemment, par les bielles pendantes, soit par les renvois $S^2 a'$ (fig. 6).

EMBOUTISSEUSE *Worth.*

La tôle à emboutir est pressée par le piston $C_1 C_2$ (fig. 1) du cylindre hydraulique C, sur le plateau B_3, que l'on fait tourner par le train $b.b'$ B′, et le galet emboutisseur e est (fig. 10) monté dans un châssis E′ (fig. 3) que l'on peut régler par les vis e_2 e' e_2 dans le cylindre E, monté sur le quadrant à denture f et glissière d. La denture f est commandée, du cylindre F_2, par la crémaillère f_3 et le renvoi F. f_1 : un taquet G (fig. 5), réglable par g_1, limite la course de la crémaillère f_3. Le montant D peut s'ajuster sur les glissières A par les vis H (fig. 4) faisant écrou en D_3 sur D, et commandées, de h_2, par le train $h.\ h'\ h$; de même, le train $j\ j'$ (fig. 4) permet, par les vis j, d'écarter ou

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

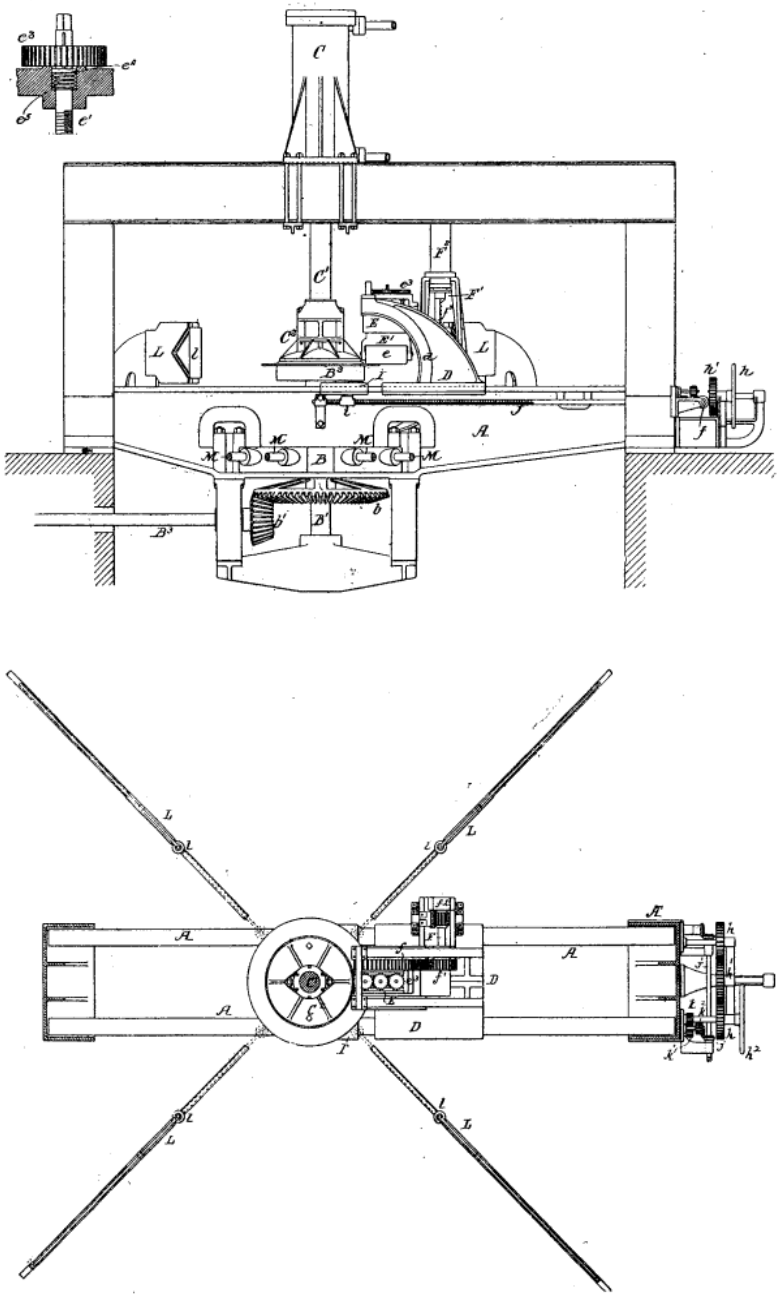


Fig. 1, 2 et 14. — Emboutisseuse *Worth*. Élévation, plan, détail de la vis *e'* (fig. 3).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

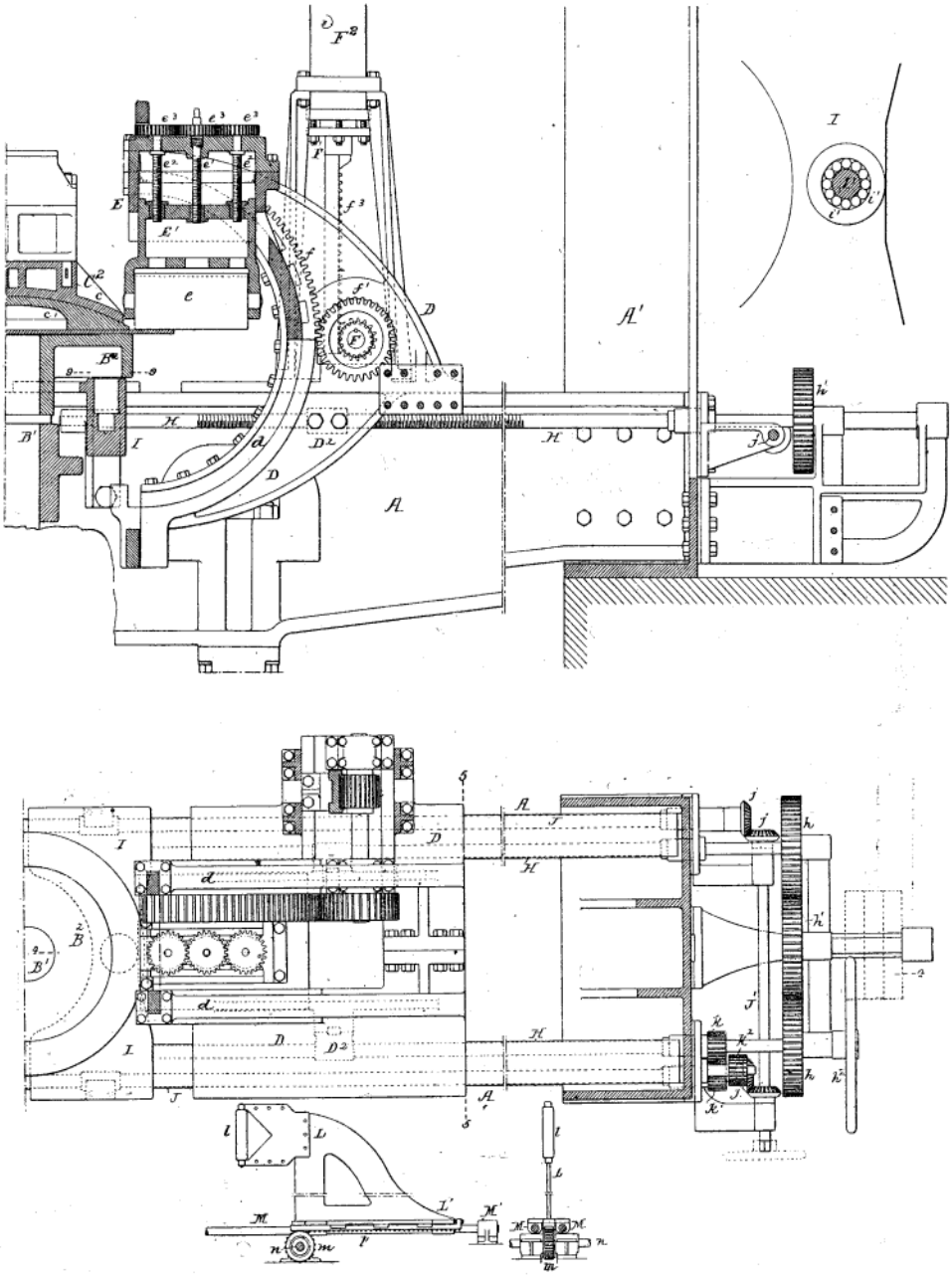


Fig. 3, 4, 7, 8 et 9. — Emboutisseuse *Worth*. Coupe 4-4 et plan. Détail d'un cintreur L (fig. 6 et coupe 9-9 (fig. 3).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de rapprocher de B_2 le châssis I du galet rabatteur I′ (fig. 11) à roulement sur rouleaux i_3, qui sert quand le diamètre de l'emboutissage est (fig. 11) supérieur à celui

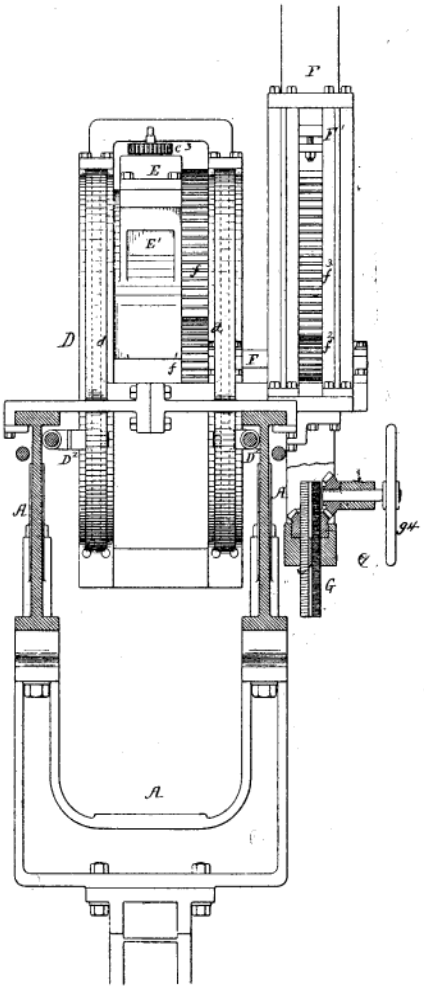


Fig. 5. — Emboutisseuse *Worth*.
Coupe 5-5 (fig. 4).

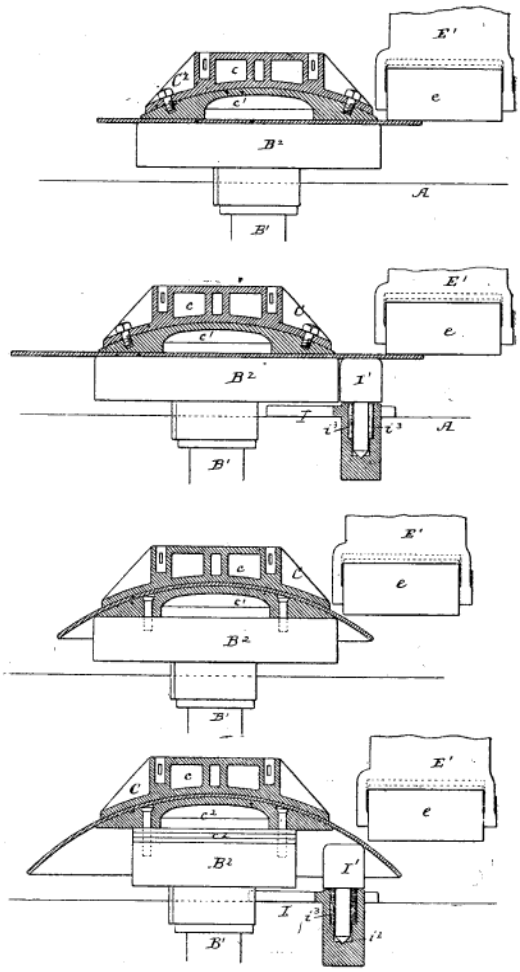


Fig. 10 à 13. — Emboutisseuse *Worth*.
Détail du champignon.

de B_2, et ce galet peut être manœuvré en unisson avec D par le train embrayable $k\,k'\,k_2$ (fig. 3).

Le cintrage de la tôle sur B_2 se fait (fig. 2 et 6) par quatre bras L, à galets l (fig. 1) guidés sur des tiges M M′ (fig. 6 et 7) et commandés simultanément, du cylindre P_3 (fig. 6) par sa crémaillère P′ et les renvois P n m p.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les figures 12 et 13 représentent l'emboutissage d'une tôle bombée, que l'on fixe

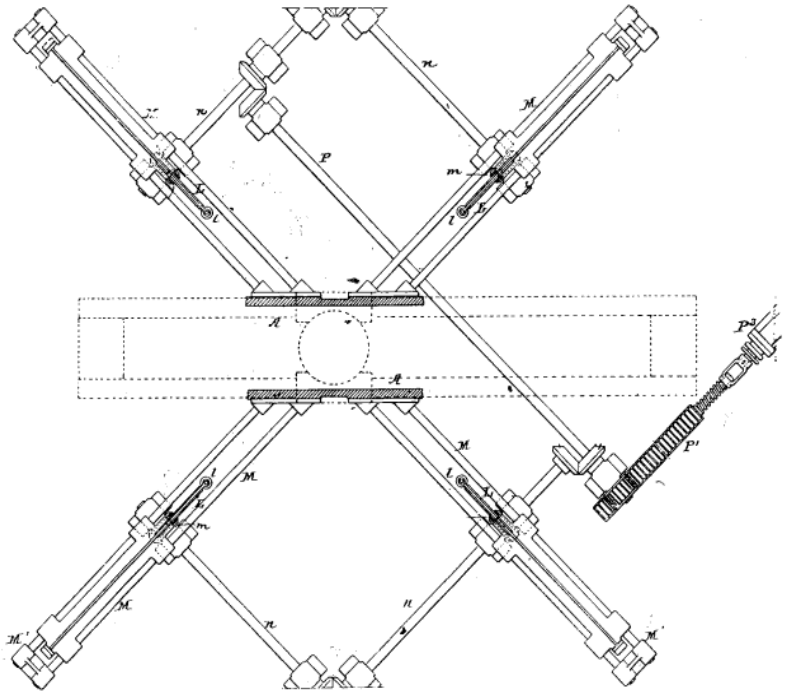


Fig. 6. — Emboutisseuse *Worth*. Détail du cintrage.

entre C et le champignon c', réglable suivant le diamètre de la tôle par l'interposition de rondelles c_2.

AFFUTEUSE *Thorne-Sellers*

On sait que l'on s'attache, très justement d'ailleurs, à donner au tranchant des outils, autant que possible par un affûtage automatique, la forme la plus convenable à leur travail. Parmi les nombreuses machines construites à cet effet, celle de Sellers est considérée comme l'une des meilleures; aussi croyons-nous utile de décrire avec quelque détail l'un des types les plus récents de cette machine (1).

Dans cette machine, l'outil à affûter est porté par un berceau P (fig. 9 et 10), pris en P dans un chuck F (fig. 1), à l'extrémité du bras D d'un levier B, calé sur un axe A′, fou dans ses paliers A_2 (fig. 4), et sur lequel est monté fou un bras O, appuyé (fig. 3), par le galet O′, sur la portée A_4 du bâti A, de sorte qu'il suffit de tourner par O^3 la vis O_2 B_4 pour soulever ou abaisser B et, par O, la vis O_5 O_4, pour déplacer B sur A′ parallèlement à la meule G. Le cylindre C, pivoté (fig. 5) sur les pointes B_5 B_6

(1) G. Richard, *Traité des machines-outils*, vol. II, p. 280 et 320.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de B, porte le bras D D_3, qui s'y fixe, par une vis C′, dans l'orientation donnée par le vernier D′ C^4. Pour l'affûtage des faces courbes, C est rendu solidaire de B par la bielle C_5 (fig. 1). A l'extrémité de D, se trouve un plateau gradué D_3, à chariot E, pivoté sur D_4 (fig. 4), et que l'on peut fixer sur D_3 par le boulon E′, pris dans la coulisse D_5 de D, et ce chariot porte un chuck F, à vis F′ f_2 f_3 f_4 serrant la tige P′. Ce chuck

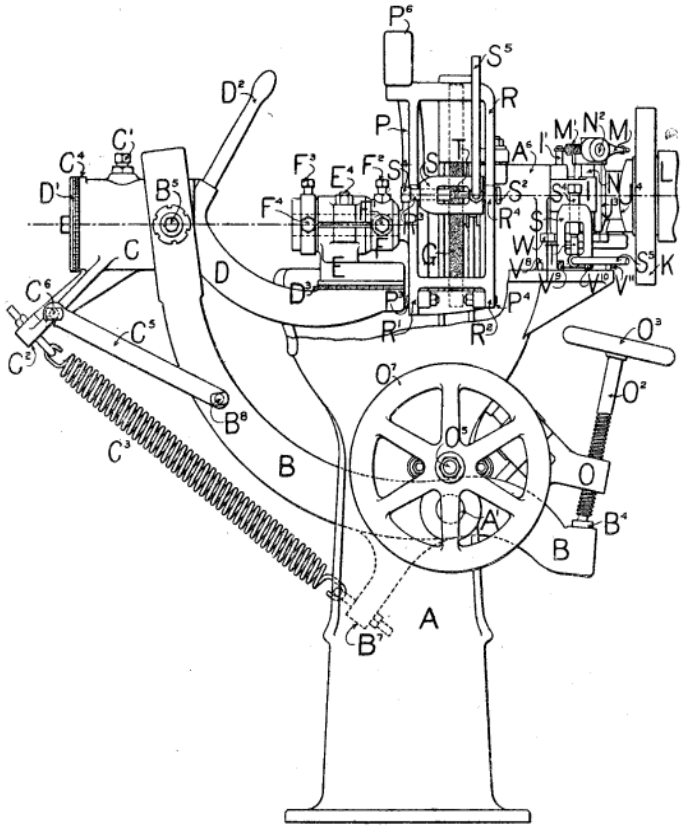


Fig. 1. — Affûteuse *Thorne Sellers*. Élévation.

est serré dans son palier par le chapeau E_3, à vis E_4 E_5, tel qu'il suffise de desserrer E_4 pour l'orienter dans son palier.

Sur le cadre P (fig. 9 et 10) du barreau, se trouve, pivoté en P_3 P_4, un châssis R, appuyé en R_5 vers R par le poids du levier P_6 P_5 P_7, et dont les crochets R_3 R_4 saisissent les tourillons ^{1}S S^2 du porte-outils S, qui reçoit en S_8, serré par S_4, l'outil en affûtage T. Dans cette position, l'extrémité S_3 de S est appuyée sur le profil P_2 de P, en arc de cercle décrit du rayon moyen de la meule G, et lorsqu'on fait, par le bras S_5, osciller S autour de S′ S_2, R oscille autour de P_2 P_4, de sorte que la face de T est affûtée suivant un contour parallèle à celui de S_3, de rayon d'autant plus grand que T se pro-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

jette davantage au delà de S_3, ce qui permet de faire varier avec un même gabarit S_3 la courbure de la coupe. Si l'axe d'oscillation S_9 S_9 de S est incliné sur la meule G, comme en figure 11, la surface affûtée est celle d'un cône dont l'inclinaison donne la dépouille de la coupe. Pour les outils recourbés, il faut incliner d'autant à droite ou à gauche (fig. 13 et 14) le support S.

Pour y bien poser l'outil T, le support S est fixé d'abord sur une glissière V V′

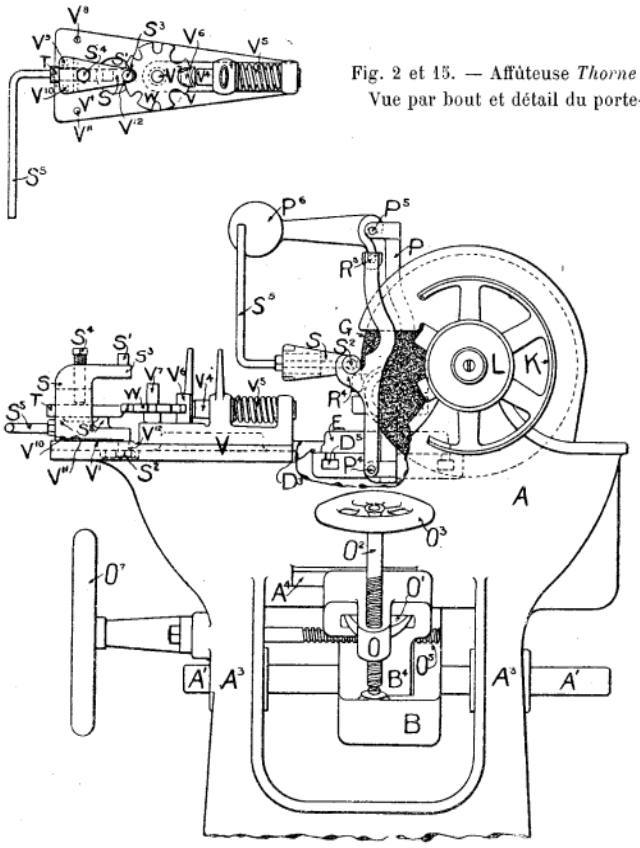


Fig. 2 et 15. — Affûteuse *Thorne Sellers*. Vue par bout et détail du porte-outil.

de A (fig. 1 et 2) par la prise de son bouton S_2 en V″, et par les chevilles V^8 V^9 V^{10} V^{11}, dont V^9 V^{10} pour les outils droits, et V^8 V^{11} pour les recourbées. Une étoile W, pivotée en V_7, porte des encoches correspondant aux profils des différents outils, amenées à l'aplomb de S_3, et fixées par l'enclenchement du verrou V_6, à ressort V_3 dans l'encoche diamétralement opposée. On pousse l'outil T dans l'encoche ainsi avancée, puis on le serre par S_1 ainsi automatiquement dans sa position d'affûtage. Cette opération peut s'effectuer pendant l'affûtage d'un autre outil.

L'arbre H (fig. 5) de la meule G peut tourner et glisser dans le manchon H′, ser-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rable et ajustable dans son palier A_6 par les vis A_7 A_8, et H′ porte un second manchon J, fou sur H′, et que H entraîne longitudinalement par sa virole H_2 et l'écrou J′ vissé sur H′. Une poulie K fait tourner J moins vite que L ne fait tourner H. La gorge J_2 de J est en prise avec une fourche N, pivotée en N′ sur I I′, et dont le bras N^2 porte (fig. 7) un doigt M fou, et que l'on peut amener dans la position pointillée

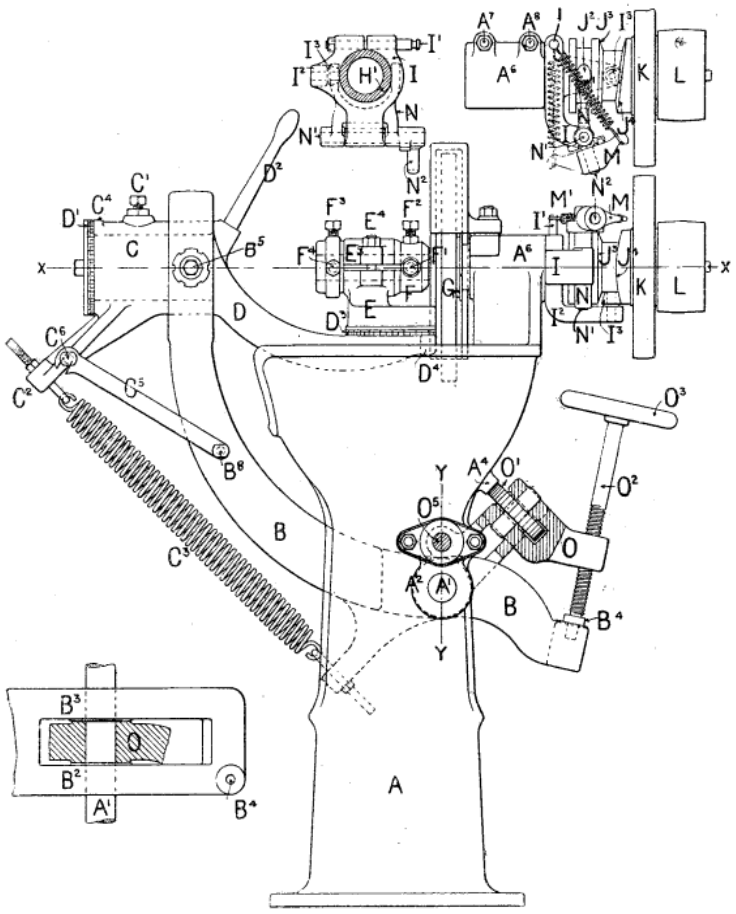


Fig. 3, 6, 7 et 8. — Affûteuse *Thorne Sellers*. Élévation et détail du châssis B_2 B_3.

fig. 6, de sorte que son ressort M′ pousse, par N, le manchon J à droite ou à gauche. Dans ce dernier cas, correspondant à la position de M figurée en traits pleins, c'est la came J_1 de J qui appuie sur le galet fixe I_3 du bras I^2, de sorte que H reçoit de J, à chaque tour de K, un mouvement de va-et-vient ; dans le second cas, correspondant à la position pointillée de M, c'est la surface droite J_3 de J qui appuie sur I_3 et empêche tout déplacement longitudinal de H.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

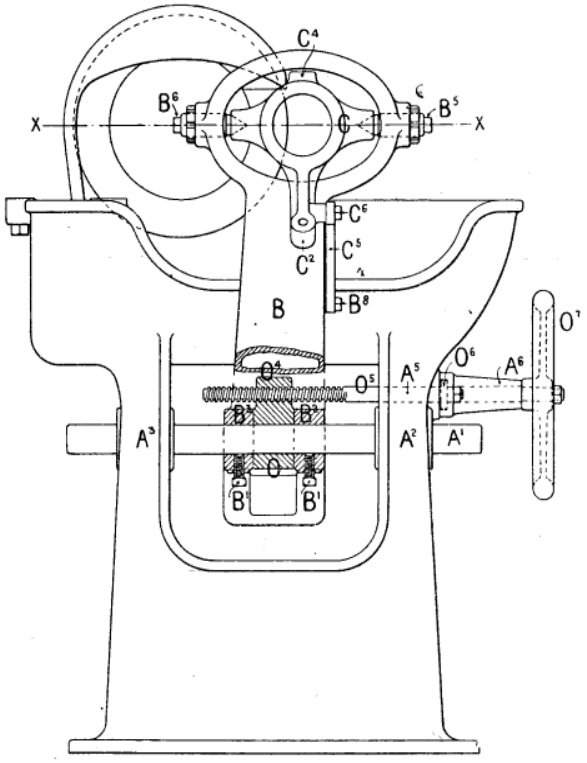


Fig. 4. — Affûteuse *Thorne Sellers*. Vue par bout et coupe *y y* (fig. 3).

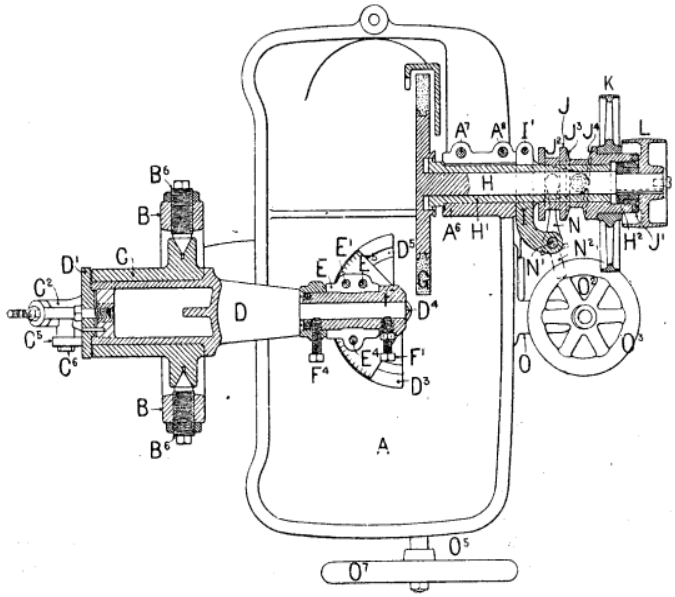


Fig. 5. — Affûteuse *Thorne Sellers*. Coupe *x x* (fig. 3 et 4).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour affûter un outil à faces non pas courbes mais droites, se coupant sur l'arête du tranchant, on place l'outil directement dans le chuck F (fig. 3), et on sépare D de B par le déclenchement de la bielle C^5, après avoir réglé le ressort C_3 à la tension nécessaire pour juste équilibrer le poids de F et de l'outil. S'il s'agit, par exemple, d'un outil à bout carré, on dispose le plateau E de manière à amener la face de l'outil parallèle à la meule, puis on tourne D dans C de la quantité nécessaire pour donner

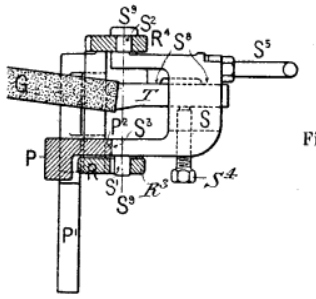
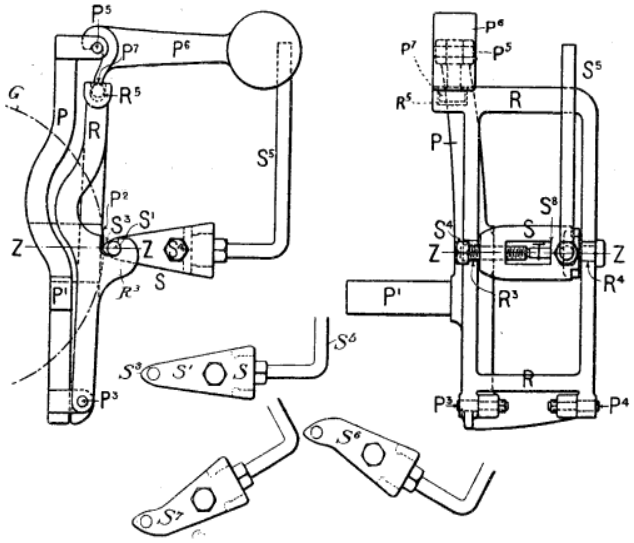


Fig. 9 à 14. — Affûteuse *Thorne Sellers*.
Détail du porte-outil.



au tranchant de l'outil la dépouille indiquée par le vernier D′; on amène, par O^3, l'outil en face de la meule, qu'on lui fait aborder par O_7 (fig. 2). Cette meule recevant du bras M un mouvement de va-et-vient longitudinal, en même temps que les oscillations du levier D sur ses pointes impriment à l'outil un déplacement radial, il en résulte que cet outil aborde successivement tous les points de la meule, qui s'use également, et l'affûte avec une égalité parfaite. Pour affûter l'arête horizontale du tranchant, il suffit de répéter les opérations précédentes après avoir tourné le chuck F de 90°.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

APPAREIL DE M. *Vassioutinsky* POUR ENREGISTRER LES DÉFORMATIONS TEMPORAIRES DES SUPERSTRUCTURES DES VOIES FERRÉES (*Zapisky* 1899, n° 12) (1).

Le meilleur moyen d'apprécier l'état de la superstructure d'une voie ferrée : rails, éclisses, traverses, ballast, etc., consiste à en déterminer les affaissements produits par le passage des trains. Ces affaissements sont rapides et courts, et leur observation présente de grandes difficultés; jusqu'à présent, on s'était borné à les enregistrer au moyen d'enregistreurs mécaniques, dont les diagrammes sont en général faussés par les variations de la température et par la nécessité de fixer l'appareil aux rails mêmes de la voie.

Au Congrès international des chemins de fer de Londres de 1899, M. Ast présenta un nouvel appareil photographique destiné à reproduire l'image même des ondulations temporaires de la voie ferrée. Cet appareil est actuellement employé au chemin de fer du Nord-Autrichien. La plaque sensible, renfermée dans une chambre photographique, est mise en mouvement par un mécanisme d'horlogerie; elle est couverte presque entièrement; la lumière y pénètre par une fente de 0,3 millimètre. Pour l'essai, on fixe au point observé une règle polie, dont le prolongement d'un des bords produit, par son intersection avec la fente verticale, un point sur la plaque sensible. Le déplacement vertical du point soumis à l'observation et le déplacement horizontal de la plaque tracent ainsi sur la plaque le diagramme du mouvement du point observé. Dans la partie supérieure de la paroi antérieure de la boîte, est percé un orifice qui se ferme et s'ouvre tous les 5 dixièmes de seconde, de sorte que, sur le diagramme, on obtient une série de traits clairs et obscurs correspondant aux fermetures et ouvertures de cet orifice, et qui permettent aussi de calculer la vitesse du train.

L'appareil est placé sur un massif presque entièrement isolé du sol environnant. L'appareil très ingénieux de M. Ast présente néanmoins quelques inconvénients : 1° Il doit être posé sur une fondation immobile, de façon que son objectif se trouve à 70 centimètres du point observé. Les difficultés de cette construction au voisinage de la voie ferrée même ont obligé d'éloigner la fondation à $7^{m},50$. Quant à l'appareil lui-même, il était soutenu par de longues poutres, dont l'une des extrémités soutenait l'appareil, tandis que l'autre portait un contrepoids. On pensait que le poids de l'appareil et l'élasticité des poutres supprimeraient les erreurs dues aux trépidations du sol. En réalité, l'éloignement de l'appareil triplait la longueur des diagrammes et la portait à plus de 3 mètres. 2° Ces conditions exigeaient un emplacement invariable ; il en résultait que les observations ne pouvaient se faire que dans une étendue très limitée; 3° Enfin, les observations ne pouvaient se faire que dans les jours de beau temps, car le mouvement accéléré de la plaque et le triple agrandissement du diagramme exigeaient un éclairage intensif, même avec les forts objectifs de Zeitz.

L'appareil de M. Vassioutinsky doit être considéré comme un perfectionnement de l'appareil Ast. Il permet d'éviter les inconvénients précédents et de donner un diagramme exact des ondulations temporaires des superstructions des voies ferrées. M. Vassioutinsky obtient l'image à distance par des télé-objectifs et, pour obtenir les

(1) Traduction de M. *Kouendjy*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

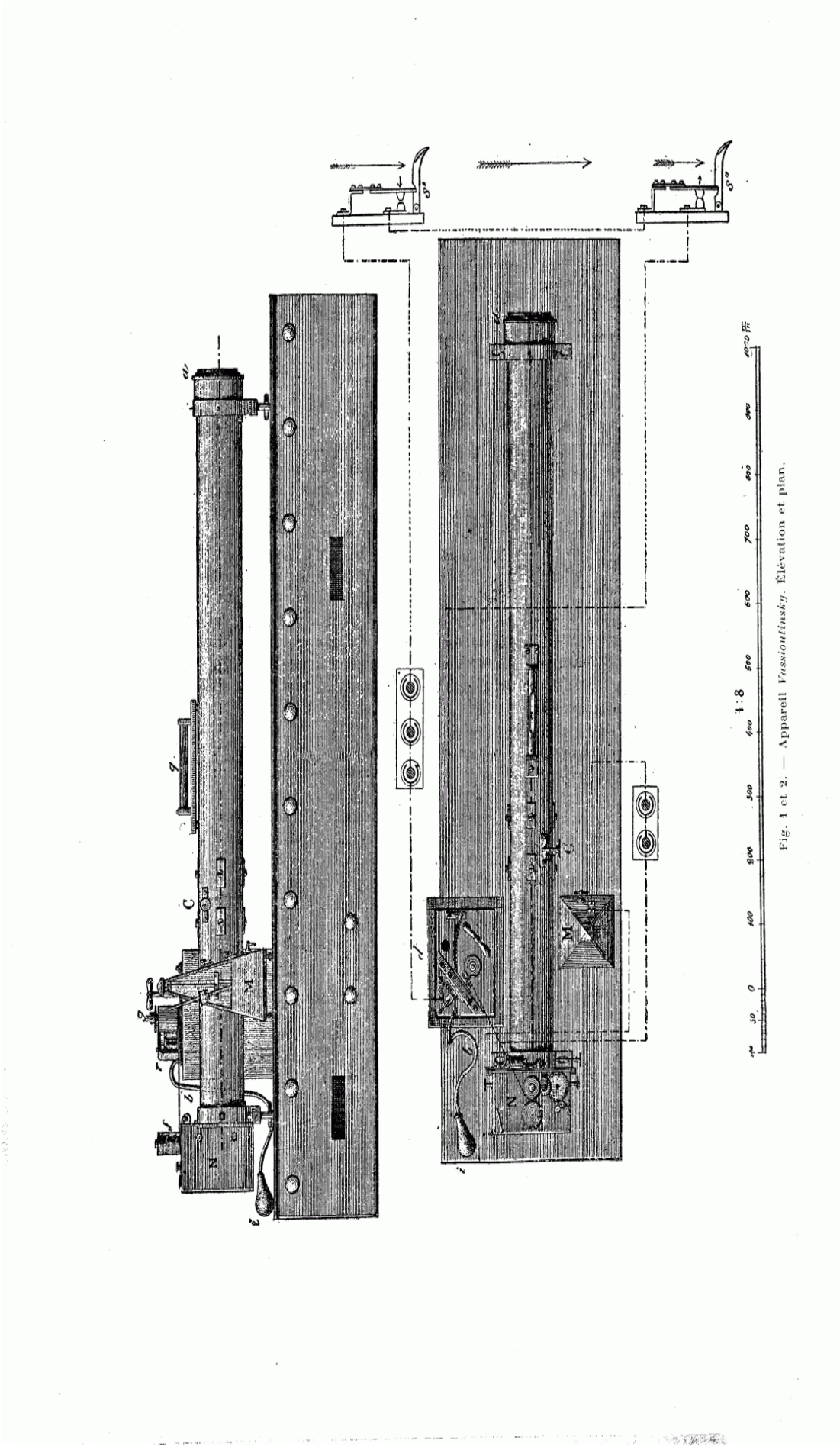


Fig. 1 et 2. — Appareil *Vassioutinsky*. Élévation et plan.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

diagrammes, il emploie des miroirs convexes, éclairés soit par le soleil, soit par l'arc électrique.

Voici en quoi consiste l'appareil de M. Vassioutinsky.

Un long tube en laiton de $1^m,18$ de longueur et de $0^m,09$ de diamètre constitue (fig. 1 et 2) la chambre obscure de l'appareil. L'objectif se trouve en *a*. Au milieu du tube, est placé un microscope, mû par une crémaillère *C*, et destiné à agrandir

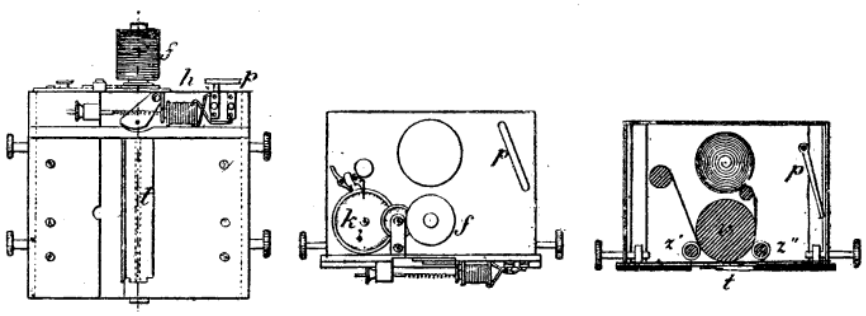


Fig. 3, 4, 5. — Appareil *Vassioutinsky*. Détail de la boite.

l'image obtenue par l'objectif *a*. Dans l'extrémité postérieure du tube, se trouve la boite *N*, dont la paroi antérieure, celle qui regarde le tube, est munie d'une fente *t*, par laquelle pénètrent les rayons lumineux reçus par la pellicule sensible. Cette dernière a la forme d'une bande large de $0^m,12$ et longue de 8 mètres. La bande s'enroule sur un cylindre vertical *V*, placé contre la fente; la pellicule est, en plus, serrée

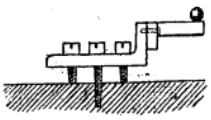


Fig. 6.

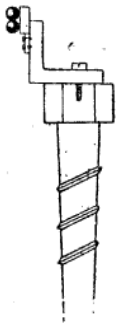


Fig. 7.

entre deux rouleaux *Z'* et *Z''*. Pour que l'image obtenue soit trois fois plus grande, il faut que la distance entre l'objet et l'objectif soit portée à $3^m,45$. Le cylindre vertical, sur lequel est enroulée la pellicule, se met en mouvement par un mécanisme d'horlogerie *d* (fig. 31). Un tambour *f*, avec un filet de vis et pourvu d'une chaîne en aluminium, est fixé sur la partie de l'axe du cylindre précédent qui se trouve en dehors de la boite N. La chaîne en aluminium, fixée d'une part sur le tambour, s'attache par l'autre extrémité sur le tambour *g* du mouvement d'horlogerie. Grâce à cette dispo-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sition, la chaîne peut faire dérouler la pellicule avec une vitesse qui varie entre 5 et 25 centimètres par seconde.

La boîte N renferme en outre un compteur K (fig. 4) du nombre de tours faits par la pellicule, et une languette p, destinée à montrer la fin de chaque image. Dans la paroi antérieure de la boîte, celle qui est tournée vers la chambre noire, un peu au-dessus du tube en laiton, est percé un orifice qui peut se fermer et s'ouvrir par l'armature du petit électro-aimant h. Ce dernier est relié au métronome M, qui bat les demi-secondes. Grâce à cet agencement, on obtient, sur la partie supérieure de la pellicule, des traits noirs et blancs, indiquant la durée de l'observation et la régularité du déplacement de la pellicule. Pour mettre au niveau l'appareil, on se sert du niveau q, dont l'axe est parallèle à l'axe optique du tube.

Pour faire marcher le mouvement d'horlogerie, on se sert d'une poire en caout-

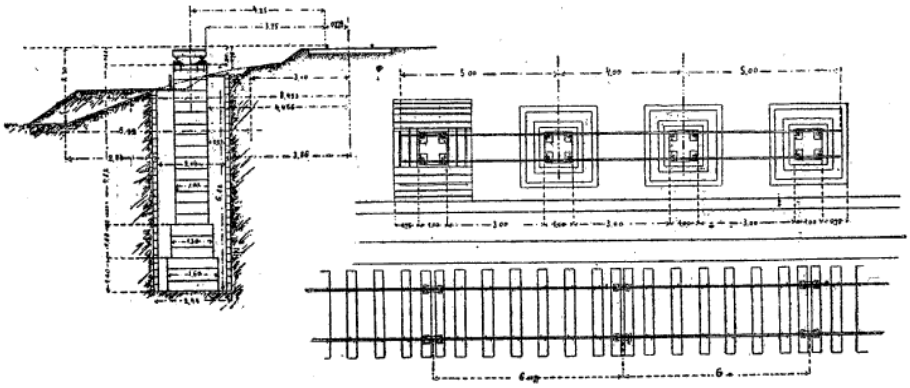


Fig. 8.

chouc i (fig. 1). Le tambour g, placé sans être fixé sur l'axe, ne se met en mouvement que lorsqu'il est en communication avec le mouvement d'horlogerie. Pour ce faire, on emploie un électro-aimant v, qui soulève le tambour, muni à sa partie supérieure d'une dent, et l'accroche à une dent fixée sur l'axe. Ce moyen permet d'éviter le déroulement de la pellicule au commencement de la mise en marche du mouvement d'horlogerie. L'accrochement et le décrochement du tambour d'avec l'axe sur lequel il est placé se produisent d'une manière automatique, et par le premier essieu de la locomotive, grâce aux contacts électriques S' et S'', d'une construction facile à comprendre, et placés de deux côtés de la station des essais. Ainsi, connaissant la distance qui sépare l'appareil des contacts électriques et la durée de l'observation, il est facile de déterminer la vitesse du train et la situation relative de chaque essieu par rapport au point observé et à chaque instant.

Pour faire l'essai, on fixe aux points observés des billes de 3 millimètres de diamètre en acier poli (fig. 6). Ces billes servent de miroirs convexes. Ces miroirs, observés simultanément, sont disposés sur une même verticale, ce qui permet de repérer la position relative des points. Dans ce but, on fixe les miroirs sur de petits triangles à trois vis, dont l'une attache le triangle, et les deux autres, en s'ap-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

puyant sur la face externe du rail, servent à le niveler. Sur un des points observés est fixé un double miroir, formé par deux billes en acier ayant toujours le même écartement (fig. 7). Ce double miroir sert à vérifier l'échelle verticale du diagramme. Pour poser les miroirs dans la verticale, on emploie une équerre, dont un des côtés s'appuie sur le sommet du rail. Les miroirs sont éclairés par les rayons solaires ou par un arc voltaïque. L'auteur préfère l'éclairage électrique aux rayons solaires parce

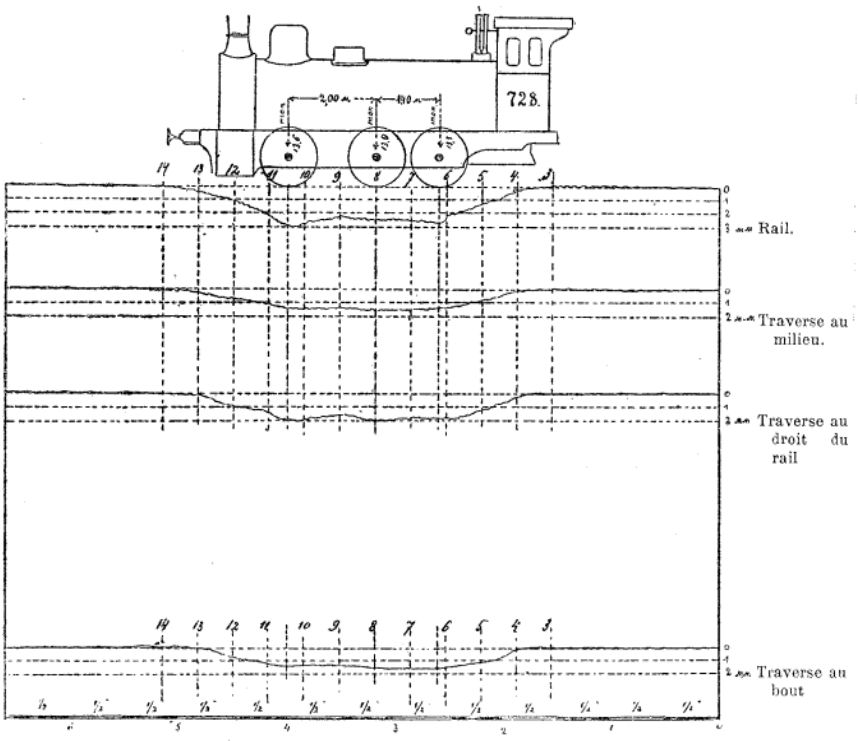


Fig. 9. — Affaissements du rail et de la 8e traverse, au milieu, au droit du rail et aux extrémités. Rail de 32 kil. au mètre; longueur, 12 mètres, sur 16 traverses de 2m,70. Vitesse du train, 8 kilomètres à l'heure.

que ceux-ci manquent parfois, qu'ils changent la direction, et souvent s'effacent par l'ombre de l'appareil même.

Le miroir convexe, fortement éclairé par l'arc voltaïque, forme sur le verre mat de l'appareil un point lumineux, qui seul produit l'image sur la pellicule. Les autres points du miroir et les objets qui l'environnent n'étant pas éclairés, ne peuvent pas impressionner la pellicule sensible. On trouve cependant sur la pellicule leurs traces insignifiantes.

La figure 8 représente l'ensemble de la station du chemin de fer Varsovie-Vienne, où ont été faits les premiers essais avec l'appareil de M. Vassioutinsky. On employait

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

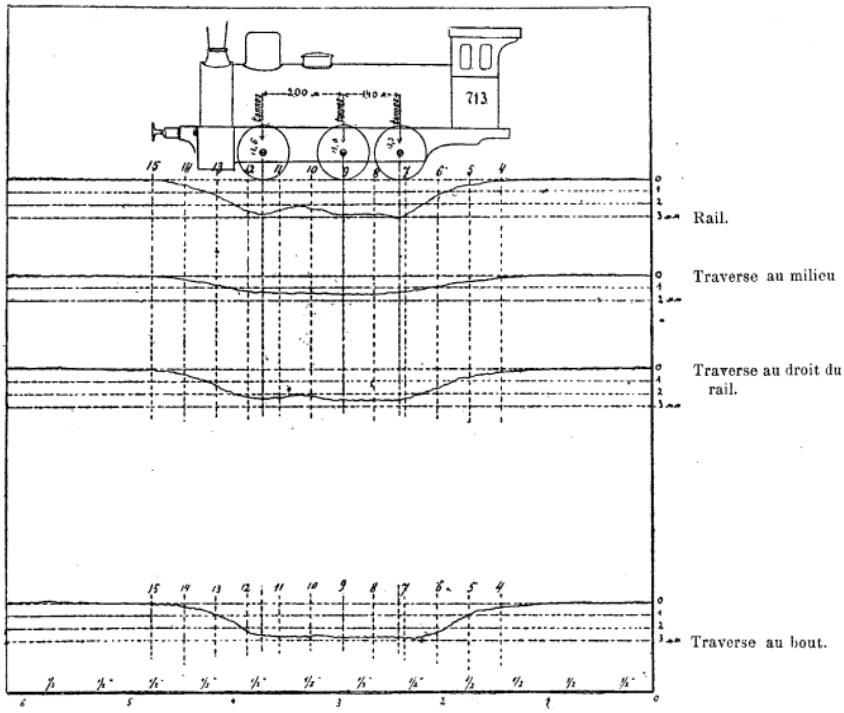


Fig. 10. — Affaissements du rail et de la 8e traverse, au milieu, au droit du rail et aux extrémités. Rail de 38 kil. au mètre; longueur, 12 mètres, sur 16 traverses de 2m,70. Vitesse du train 8 kilomètres à l'heure.

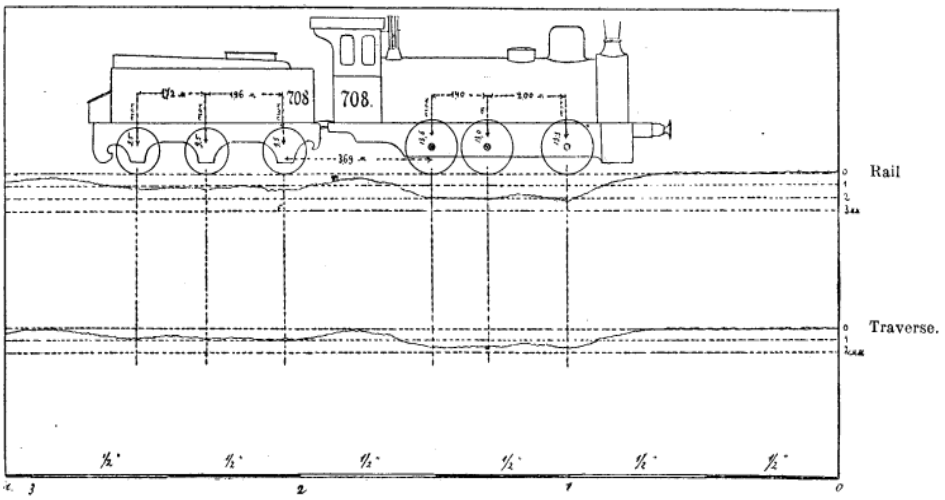


Fig. 11. — Affaissements du rail et de la 8e traverse, au droit du rail. Rail de 38 kil. au mètre; longueur, 12 mètres, sur 16 traverses de 2m,44. Vitesse du train, 16 kilomètres à l'heure.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pour ces essais deux appareils. La fondation qui servait à supporter les deux appareils comprenait quatre puits, à $4^m,25$ du rail extérieur, écartés de 4 mètres d'axe en axe et de $2^m,14 \times 2^m,14$, $7^m,40$ de profondeur. Ces puits contenaient des massifs en briques cimentées, de $1^m,6 \times 1^m,6$ à la base et 1 m. $\times$ 1 m. au sommet. Des couches de feutre isolaient entre elles toutes les cinq rangées de briques. Ces massifs se trouvaient donc isolés des parois des puits par un espace libre, de sorte que les mouvements du sol ne leur étaient transmis que par leurs bases. Leurs sommets étaient surmontés de coussinets en acier qui portaient les rails sur lesquels on pouvait faire glisser à volonté les deux appareils. Ces derniers étaient supportés par trois solives

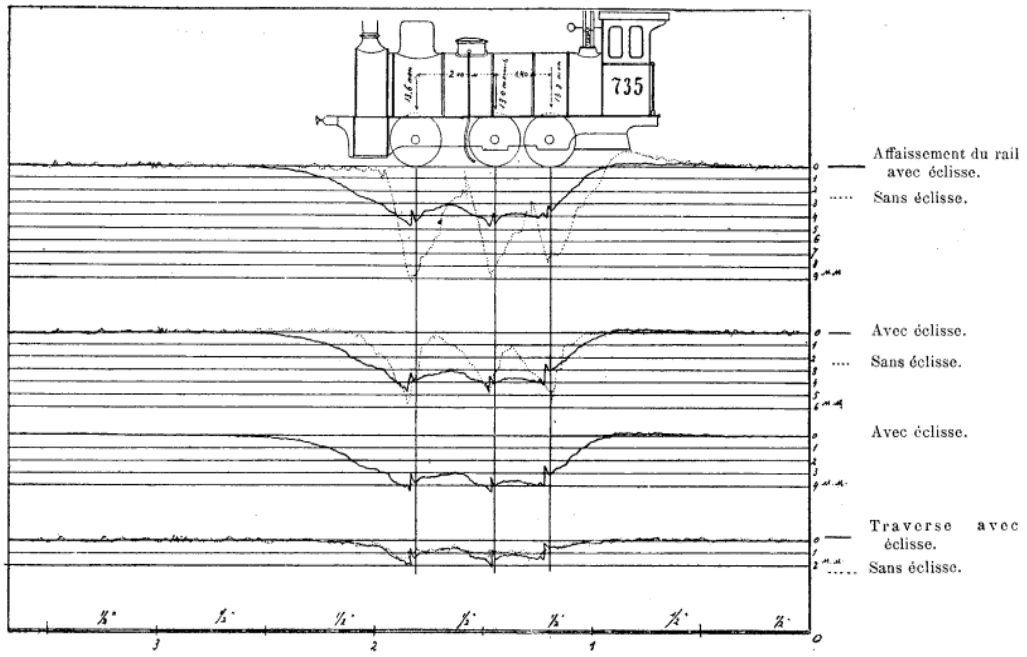


Fig. 12. — Affaissements des rails et des traverses aux joints, avec et sans éclisses. Rails de $31^k,45$ au mètre; longueur, 6 mètres, posés sur 8 traverses de $2^m,44$. Vitesse du train, 21 kilomètres à l'heure.

en fer en U, solidement réunies entre elles et fixée aux rails par des boulons. L'appareil était fixé à sa base par quatre vis et réglé par trois vis micrométriques.

L'observateur n'était en contact ni avec l'appareil, ni avec les fondations. Il se servait de la poire en caoutchouc au moyen de laquelle il mettait en mouvement le mouvement d'horlogerie un peu avant l'observation. Cette disposition permet de faire des essais sur une longueur de 14 mètres, c'est-à-dire sur une longueur d'un rail nouveau type et sur l'aboutement de l'autre. Pendant le fonctionnement, les deux appareils sont mis dans le même circuit, ce qui leur permet d'avoir les mêmes contacts et le même métronome. La durée des essais était identique dans les deux appareils, et les battements des demi-secondes du métronome avaient la même figuration sur les deux diagrammes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les fig. 9 à 13, diagrammes obtenus par les appareils de M. Vassioutinsky, présentent l'image exacte des ondulations de la voie ferrée pendant le passage des loco-

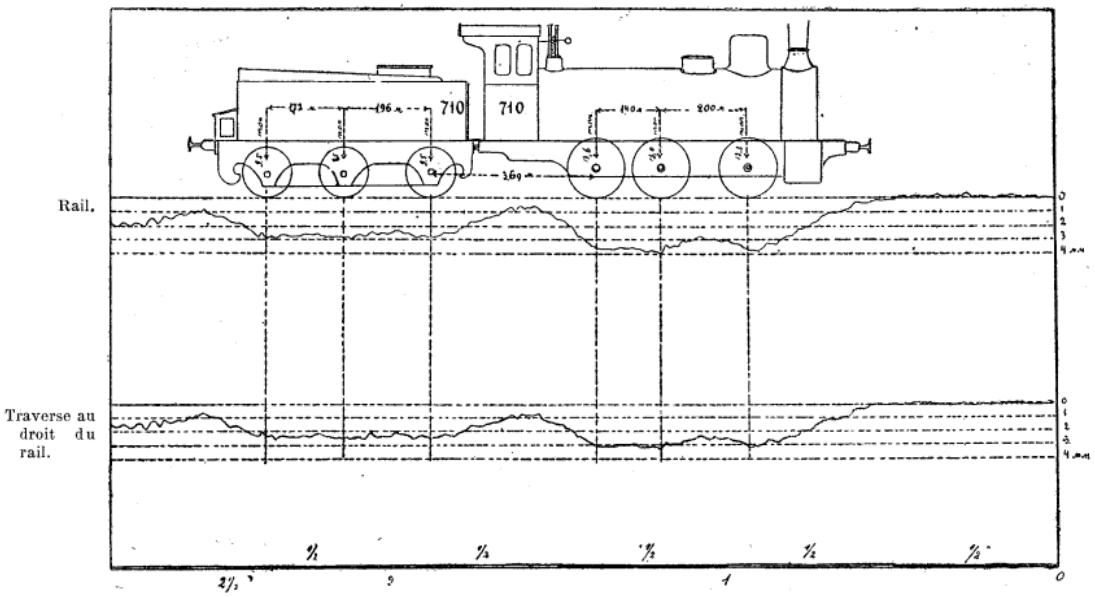


Fig. 13. — Affaissement du rail et de la 8e traverse. Rail de 6 mètres, pesant 38 kil. au mètre, sur 16 traverses de 2m,44.

motives. L'utilité de ces diagrammes est incontestable. Grâce à eux, l'auteur a pu donner des indications précieuses sur la compressibilité du ballast, les déformations des rails, la solidité de la voie, des traverses, des éclisses, etc.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PROCÈS-VERBAUX

Séance du 11 mai 1900.

Présidence de *M. A. Carnot*, président.

MM. Letheule et *Renaud* demandent l'appui de la Société pour le journal *Le Mois scientifique et industriel*. (Commission du Bulletin.)

M. Prichot, directeur de la Société d'Exploitation de l'aliment complet, attire l'attention de la Société sur ses *Études sur le grain de blé*. (Agriculture.)

M. Valdet remercie la Société de l'allocation qui lui a été accordée d'une annuité de brevet pour une *boîte d'allumettes*.

Correspondance imprimée. — *M. Collignon* présente, avec remerciements aux donateurs, les ouvrages mentionnés à la page 838 du présent *Bulletin*.

Nominations de membres du Conseil. — Sont nommés membres du Conseil :

Au *Comité des Arts chimiques*, *M. L. Baclé*, ingénieur civil des mines, en remplacement de *M. S. Jordan* ;

A la *Commission des fonds*, *M. Lavollée*, avocat à la Cour d'appel, en remplacement de *M. Bischoffsheim*.

Nomination de membre de la Société. — Est nommé membre de la Société :

M. Van de Putte, ingénieur civil des mines, présenté par *MM. Livache* et *Richard*.

Rapports des Comités. — Sont lus et approuvés les rapports suivants de :

M. Livache, au nom du Comité des Arts chimiques, sur le travail de *M. G. Halphen*, intitulé : *Recherches sur l'analyse des corps gras* (p. 689 du présent *Bulletin*).

M. Brull, au nom du Comité des Arts mécaniques :

1° Sur la *chaudière mixte de MM. Solignac, Grile et Cie* (p. 712).

2° Sur l'ouvrage de *M. Courtois* intitulé : *Essai sur les pompes centrifuges ; recherches expérimentales* (p. 716).

M. Masson, au nom du Comité des Arts mécaniques, sur une *serrure de sûreté pour voitures de chemin de fer*, de *M. Joly* et sur les *trénailles* de *M. Collet*.

M. Huet, au nom du Comité des Constructions et Beaux-Arts, sur le *Laboratoire portatif de Photographie du commandant Hardy*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

COMMUNICATIONS. — Sont présentées les communications suivantes de MM.
Le commandant Renard, sur l'*Aéronautique à l'Exposition de 1900.*
Bine, sur un *robinet pour incendies.* (Arts mécaniques.)
Garchay, sur le *verre dévitrifié.* (Arts chimiques.)
Paul Renaud, sur les *lampes portatives à acétylène.* (Arts économiques.)

M. le Président remercie les auteurs de ces intéressantes communications, qui sont renvoyées aux comités compétents.

BIBLIOGRAPHIE

La propriété industrielle, artistique et littéraire, par CLAUDE COUHIN, docteur en droit, avocat à la Cour d'appel de Paris, 3 vol. in-8. Paris, L. Larose (1894-1898).

L'invention, dans le domaine de l'industrie et de l'art, constitue une propriété; elle doit être, à ce titre, consacrée et, au besoin, protégée par la loi. Mais ici, le droit commun est-il purement applicable? En présence des intérêts individuels, se rencontre l'intérêt social qui, tout en reconnaissant, avec le mérite de l'invention, le droit de l'inventeur, réclame pour la communauté le bénéfice plus ou moins prompt des progrès réalisés et des œuvres accomplies. De là vient que, dans tous les pays civilisés, la propriété industrielle, littéraire ou artistique est l'objet d'une législation spéciale, pour laquelle on s'applique à concilier les deux intérêts, et il importe de remarquer, disons-le tout de suite, que, pour la propriété industrielle, plus particulièrement sensible aux effets d'une réglementation légale, les nations qui ont concédé à l'intérêt individuel la plus large part de protection sont aussi celles qui ont obtenu du génie humain, par l'invention et le perfectionnement des moyens de production, les plus féconds résultats.

L'ouvrage de M. Claude Couhin, l'un des plus récents écrits qui aient été publiés sur la matière, est à la fois didactique, critique et juridique. Il contient l'exposé et la discussion des principes qui ont inspiré la législation spéciale. Il fournit le texte et le commentaire des lois et décisions en vigueur, notamment pour la France, de la loi de 1844 sur les brevets d'invention; il reproduit les jugements et arrêts qui ont, pour les points les plus importants, essayé de fixer la jurisprudence. L'œuvre est complète; elle fait grand honneur au jurisconsulte à qui les luttes du barreau ont rendu depuis longtemps familières toutes les questions qui se rattachent à la procédure si complexe des brevets et des marques de fabrique.

En commentant la loi française du 5 juillet 1844, M. Couhin n'épargne pas ses critiques à notre législation, qui remonte à plus d'un demi-siècle. A beaucoup d'égards, cette législation, nécessairement arriérée, ne s'accorde plus avec les intérêts

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qu'elle a voulu protéger ; elle est devenue, soit par ses exigences, soit par ses lacunes, inférieure aux législations plus modernes des grandes nations industrielles. C'est ce que M. Couhin s'est attaché à démontrer, apôtre infatigable, dans de nombreuses conférences et dans de pressants appels aux pouvoirs publics. La Société d'Encouragement pour l'industrie a entendu avec un vif intérêt, dans sa séance du 10 mars 1899, la conférence dans laquelle M. Couhin, au nom de l'Association des inventeurs et artistes industriels, a signalé les réformes et les améliorations qu'il conviendrait d'introduire dans le régime actuel, notamment en ce qui concerne la taxe, la communication et la publicité des brevets, ainsi que l'organisation matérielle de cet important service (1).

La Société d'Encouragement pour l'industrie nationale a, de tout temps, manifesté le plus grand intérêt pour la cause des inventeurs; elle accueille et récompense les progrès industriels; grâce aux libéralités de généreux donateurs, parmi lesquels nous aimons à rappeler les noms de Bapst, de Christofle et de Giffard, elle peut, chaque année, accorder des allocations qui facilitent la prise de brevets ; elle s'est empressée d'appuyer, en toute occasion, les propositions et les demandes de réformes. Nous ne faisons donc que suivre nos traditions et servir notre cause, en signalant à nos associés et aux lecteurs de notre *Bulletin* le mérite et l'utilité pratique du livre de M. Couhin. C. L.

Leçons d'électrotechnique générale professées à l'École Supérieure d'Électricité, par P. Janet. In-8°, 610 p. Paris, Gauthier-Villars.

Extrait de la Préface : Les courants alternatifs tiennent une grande place dans cet ouvrage, car c'est surtout dans ce domaine si nouveau que l'étudiant a besoin d'être guidé. Nous avons apporté tous nos soins à l'étude des courants sinusoïdaux ; bien que la plupart des courants industriels ne soient pas harmoniques, nous pensons que rien ne peut remplacer cette étude fondamentale, et que, faute de mieux, c'est encore elle qui donne à l'ingénieur la base la plus solide pour l'aider à démêler au moins les lignes générales des phénomènes si complexes auxquels il a affaire. Nous avons usé à peu près également de la méthode géométrique et de la méthode algébrique ; et, dans cette dernière, l'introduction des quantités imaginaires, si heureusement développée par Steinmetz, nous a été d'une grande utilité. Continuant à suivre la règle que nous nous étions imposée dans nos *Premiers principes d'Électricité industrielle*, auxquels ces *Leçons* forment une suite naturelle, nous avons usé le moins possible des mathématiques; quelques notions très simples de calcul différentiel et intégral suffisent pour lire cet ouvrage depuis la première ligne jusqu'à la dernière ; si l'on ne peut éviter toutes les difficultés dans un domaine aussi neuf que celui de l'Électrotechnique, du moins importe-t-il que celles qu'on rencontre tiennent au fond du sujet et non à la forme sous laquelle on l'exprime.

Enfin, nous avons essayé de joindre à chaque chapitre une bibliographie des sujets correspondants : bibliographie fort modeste, il est vrai, et sans aucune prétention à être complète, mais qui, telle qu'elle est, pourra néanmoins, nous l'espérons, rendre quelques services au lecteur.

Traité élémentaire d'électricité, par M. Colson, Commandant du Génie, Répétiteur à l'École Polytechnique. 3e édition. In-18, vi-272 pages. Paris, Gauthier-Villars.

Ce petit traité est à la portée de tous ceux qui possèdent une instruction élémentaire et leur permet de se mettre au courant de l'état actuel de l'Électricité par des moyens simples et

(1) La conférence de M. Couhin a été publiée dans le *Bulletin* de la Société ; n° de mai 1899, pages 767 à 773.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rapides. Il contient, en effet, les notions fondamentales et les principales applications tenues à jour. Les seize chapitres de cette 3e édition, entièrement refondue, sont consacrés aux questions suivantes : courants, charges, magnétisme, électromagnétisme, induction, unités, méthodes et instruments de mesure, piles et machines, y compris les nouvelles machines à courants polyphasés, moteurs électriques et transport de force, transformateurs et accumulateurs, chaleur et lumière, électrochimie, distribution de l'énergie, télégraphie, y compris le télégraphe sans fil, téléphonie et microphonie, enfin, quelques exemples de calculs usuels. En résumé, c'est un guide sûr et commode pour tous ceux qui commencent l'étude de l'Électricité au point de vue pratique.

Recherche des eaux potables et industrielles. Boursault (Henri), Chimiste à la Compagnie du Chemin de fer du Nord. (*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire.*) Paris, Gauthier-Villars.

La recherche des eaux, telle qu'elle est exposée dans ce manuel, comprend non seulement la découverte de nappes plus ou moins cachées, mais surtout l'étude hydrologique de toutes celles qui doivent être utilisées dans un but déterminé. Après l'examen du débit, qui est pour ainsi dire la base de toute recherche d'eau, l'étude de la qualité présente un intérêt capital.

Pour certaines industries, la présence de sels dissous en quantité notable est un obstacle à leur emploi, et peut même devenir éliminative ou entraîner des dépenses spéciales d'épuration. Quant aux *eaux potables*, elles doivent naturellement répondre à des conditions de pureté qui en rendent la recherche et le choix des plus délicats. La composition chimique absolue n'a ici, dans une certaine mesure, qu'une importance relative. L'analyse chimique, indispensable comme base d'étude, est impuissante à résoudre seule la question; l'examen bactériologique quantitatif et surtout qualitatif complète heureusement cette analyse; mais une eau, excellente au moment où a été prélevé l'échantillon, peut devenir dangereuse si la nappe qui la produit est exposée à des causes diverses de contamination. Ce qu'il faut avant tout demander à une eau potable, c'est qu'elle soit, par ses origines, par son mode de circulation et par la situation du point de captage, à l'abri de toute cause d'altération physique, chimique ou bactériologique. L'étude hydrologique, appuyée sur la connaissance géologique des terrains intéressés, est donc indispensable pour apprécier la valeur d'une eau.

Dans ce volume, l'auteur s'est efforcé de donner à cette partie hydrologique de la question un grand développement, en se basant sur les travaux antérieurs des spécialistes et sur une longue pratique personnelle. Il s'est efforcé de préciser les conditions normales de la circulation superficielle et souterraine, en classant les cas généraux et en éliminant ceux qui, par leurs caractères trop exceptionnels, pourraient conduire à des conclusions erronées.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LIVRES ET OUVRAGES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE

EN MAI 1900

De l'*Institution of Civil Engineers London*, **Proceedings**, vol. CXXXIX. Principaux mémoires ; *Hay et Jenkin*, Le Waterloo and City Ry et son matériel électrique ; *Russell*, Installations combinées de force motrice et de destruction des ordures ménagères ; *Wolff*, Locomotives simples et compound ; *White*, Explosions dans les compresseurs d'air.

Du *Ministère des travaux publics*. **Statistique des Chemins de fer français** au 31 décembre 1898. In-4°, 522 p. Imprimerie nationale.

De la *Société libre d'émulation du commerce et de l'industrie de la Seine-Inférieure*. **Table générale du Bulletin de 1777 à 1899.** In-8, 444 p. Rouen, imprimerie Cagniard.

Inauguration du buste d'*Aimé Girard* au Conservatoire des Arts et Métiers, 20 décembre 1899. **Discours du colonel Laussédat.** Extrait des *Annales du Conservatoire*.

Review of the World's Commerce, publié par le Bureau du Commerce des États-Unis. In-8, 189°.Washington, Government Printing-Office.

Théorie algébrique de la Comptabilité, par M. P. Moutier. In-8, 46 p. Chez l'auteur, Rouen.

La transmutation des métaux, par M. T. Tiffereau. In-8, 23 p. Chez l'auteur, 89, rue Blomet.

L'utilisation des gaz de haut fourneau dans les machines, par M. E. Demenge. Extrait du *Bulletin de la Société industrielle de l'Est*.

La traction mécanique et les voitures automobiles, par MM. G. Leroux et A. Revel. In-18, 394 p., 108 fig. Paris, Baillière et fils.

De la *Chambre de commerce d'Aubenas*. **Les canaux du Rhône en 1900.** In-8, 25 p.

Die Werkszeugmaschinen, par M. H. Fischer. In-4°, 767 p., 1354 fig., 36 pl., Berlin, Julius Springer.

Schiess und Springmittel, par M. O. Guttmann. In-8°, 248 p., 88 fig. Brunswick, Wieweg

Leçons d'Électrotechnique générale, par M. Paul Janet. In-8°, 610 p., 307 fig. Paris. Gauthier-Villars.

Histoire de la Chimie en France. *Essais de tableaux résumés*, par M. J. Garçon. In-8°, 95 p. Paris, chez l'auteur, 40 *bis*, rue Fabert.

De la *Bibliothèque des professions industrielles*. **Les Moteurs modernes à eau, gaz, pétrole ou électriques**, par M. F. Michotte et **Guide-Manuel pratique du motocycliste**, par M. H. de Graffigny. In-8°, 320 et 270 p. Paris, Hetzel.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LITTÉRATURE

DES

PÉRIODIQUES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIÉTÉ

Du 15 Avril au 15 Mai 1900

DÉSIGNATIONS ABRÉGÉES DES PUBLICATIONS CITÉES

Ag. . . . Journal de l'Agriculture.
Ac. . . . Annales de la Construction.
ACP. . . . Annales de Chimie et de Physique.
AM. . . . Annales des Mines.
AMa . . . American Machinist.
Ap. . . . Journal d'Agriculture pratique.
APC. . . . Annales des Ponts et Chaussées.
Bam. . . . Bulletin technologique des anciens élèves des écoles des arts et métiers.
BMA . . . Bull. du ministère de l'Agriculture.
CN. . . . Chimical News (London).
Cs. . . . . Journal of the Society of Chemical Industry (London).
CR. . . . Comptes rendus de l'Académie des Sciences.
DoL. . . . Bulletin of the Department of Labor, des États-Unis.
Dp. . . . Dingler's Polytechnisches Journal.
E. . . . . Engineering.
E'. . . . . The Engineer.
Eam. . . . Engineering and Mining Journal.
EE. . . . Eclairage électrique.
Elé. . . . L'Électricien.
Ef. . . . . Économiste français.
EM. . . . Engineering Magazine.
Es. . . . . Engineers and Shipbuilders in Scotland (Proceedings).
Fi . . . . Journal of the Franklin Institute (Philadelphie).
Gc. . . . . Génie civil.
Gm. . . . Revue du Génie militaire.
IC. . . . . Ingénieurs civils de France (Bull.).
Ie. . . . . Industrie électrique.
Im . . . . Industrie minérale de St-Étienne.
IME. . . . Institution of Mechanical Engineers (Proceedings).
IoB. . . . Institution of Brewing (Journal).
La . . . . La Locomotion automobile.
Ln . . . . La Nature.
Ms. . . . . Moniteur scientifique.
MC. . . . Revue générale des matières colorantes.
N. . . . . Nature (anglais).
Pc. . . . . Journal de Pharmacie et de Chimie.
Pm. . . . Portefeuille économ. des machines.
Rcp . . . Revue générale de chimie pure et appliquée.
Rgc. . . . Revue générale des chemins de fer et tramways.
Rgds. . . . Revue générale des sciences.
Ri . . . . Revue industrielle.
RM. . . . Revue de mécanique.
Rmc. . . . Revue maritime et coloniale.
Rs. . . . . Revue scientifique.
Rso. . . . Réforme sociale.
RSL. . . . RoyalSocietyLondon(Proceedings).
Rt. . . . . Revue technique.
Ru. . . . . Revue universelle des mines et de la métallurgie.
SA. . . . Society of Arts (Journal of the).
SAF . . . Société des Agriculteurs de France (Bulletin).
ScP. . . . Société chimique de Paris (Bull.).
Sie. . . . . Société internationale des Électriciens (Bulletin).
SiM. . . . Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse.
SiN. . . . Société industrielle du Nord de la France (Bulletin).
SL. . . . . Bull. de statistique et de législation.
SNA. . . . Société nationale d'agriculture de France (Bulletin).
SuE. . . . Stahl und Eisen.
USR. . . . Consular Reports to the United States Government.
VDI. . . . Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure.
ZOI. . . . Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieure und Architekten-Vereins.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

Arboriculture fruitière en Bosnie et Herzégovine. *Ag.* 21 *Avril*, 610.
Avoine (Traitement primitif du charbon de l'). *Ap.* 3 *Mai*, 634.
Bétail. Répartition des races bovines en France. *Ag.* 12 *Mai*, 731.
Bréhat agricole (Le). *Ag.* 12 *Mai*, 746.
Châtaigniers (Maladie des) (Crié). *BMA. Avril*, 120.
Défoncements par treuils à vapeur (Ringelmann). *Ap.* 26 *Avril*, 608 ; 10 *Mai*, 673.
Engrais. Nitrate de soude (Grandeau). *Ap.* 19 *Avril*, 562.
— Acide phosphorique (Richesse en) d'une bonne terre (Garola). *Ap.* 26 *Avril*, 600 ; 5 *Mai*, 695.
— Nouvel engrais phosphatique Zuchini. *CN.* 4 *Mai*, 210.
— Transformation des phosphates et sels phosphatiques dans le sol (Grandeau). *Ap.* 3 *Mai*, 633.
— Rôle des vers de terre dans la formation de la terre végétale (Grandeau). *Ap.* 10 *Mai*, 670.
Faucheuse Brantford. *Ag.* 28 *Avril*, 661.
Forêts de pins maritimes (Incendies dans les). *Ap.* 26 *Avril*, 598.
Fraisier (Culture du). *Ap.* 29 *Avril*, 565.
Lait. Dosage de la matière grasse dans les produits de la laiterie (Lindet). *Pc.* 15 *Avril*, 368.
Maïs fourrage. Culture dans la région du centre. *Ag.* 28 *Avril*, 654.
Métayage dans le Bourbonnais. *INA. Mars*, 230.
Moissonneuse-lieuse. Plano. *Ap.* 3 *Mai*, 650.
Nicotine. Emploi comme insecticide (Laurent). *INA. Mars*, 223.
Petite culture en Autriche. *Ap.* 10 *Mai*, 678.
Pommes de terre. Culture industrielle (Lavallée) *IAF. Avril*, 461 ; *Mai*, 435.
— Expérience en 1899. *Ag.* 14, 28 *Avril*, 578, 649.
Pruniers (Maladie des) (Prillieux et Delacroix). *BMA. Avril*, 67.
Ricin (Le). *Ap.* 3 *Mai*, 635.
Sériciculture en Turquie. *Ag.* 21 *Avril*, 664.
Tabac (Maladie du). *Ap.* 19 *Avril*, 569.
Topinambour (Le). *Ap.* 19 *Avril*, 573.
Tubercule alimentaire nouveau du Soudan (Cornu). *CR.* 12 *Mai*, 1268.
Vignes. Bouillie de silicate de soude (Emploi de la). *Ag.* 21 *Avril*, 616.
— Culture dans les pays intertropicaux. *Ap.* 10 *Mai*, 680.
— Soufreuse à dos d'homme. *Ag.* 5 *Mai*, 702.
— Vins des terrains salés d'Algérie (Roos, Rousseau et Dugast). *BMA. Avril*, 76.
— Désinfection antiphylloxérique des plants de vigne (Michon et Salomon). *BMA. Avril*, 135.

CHEMINS DE FER

Attelages automatiques. *E.* 27 *Avril*, 556 ; Westinghouse. *RM. Avril*, 477.
Accidents au personnel en Angleterre. *Rgc. Avril*, 398.
Chemins de fer de Paris-Exposition. *E.* 27 *Avril*, 546 ; 4 *Mai*, 577.
— et tramways à l'Exposition. *Rgc. Mai*, 423.
— Pan américain. *Rgc. Avril*, 409.
— Russes depuis l'origine. *Rgc. Avril*, 237.
— Chinois (Bouillard). *Rgc. Mai*, 430.
— d'intérêt local en France. *E'. Mai*, 476.
— — et tramways. Construction et exploitation économiques (Doniol). *IC. Avril*, 442.
— Électriques Monorail Langen. *E.* 20 *Avril* 501 ; Métropolitain de Londres et de Berlin. *Rgc. Mai*, 463.
— — souterrain de New-York *E'*. 27 *Avril*, 429.
— — servo-moteur Auvert (Baudry). *IC. Avril*, 429.
— — Binghorf-Thun. *EE.* 12 *Mai*, 210.
Bandages (Calibres pour). *RM. Avril*, 477.
Boîtes à graisse (Coussinets des) (Grossmann). *ZOI*, 23 *Mars*, 185.
Éclairage électrique Vicarino. *Ic.* 25 *Avril*, 159.
Freins continus Corrington, Fitzgerald, Hibbard, Christiensen, Chapsal (Seguela). *RM. Avril*, 442.
Locomotives Express de l'État français. *Rgc. Avril* 297.
— à trois essieux couplés du Burlington-Quercy. *RM. Avril*, 473.
— Indicateur de vitesse Desdouits. *AM. Fév.*, 283.
— Chaudière à tubes d'eau du London and South Western. *E'. Mai*, 464.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Locomotives Compound Mallet. *Rgc. Mai*, 439.

Signaux électriques automatiques Timmis-Lavezzari. *Ic. Avril*, 436.

Trains de marchandises de fort tonnage en Amérique. *Rgc. Mai*, 485; *Express* chemin de fer du Nord. *E'.* 11 *Mai*, 478.

Voies anglaises et américaines. *Rgc. Avril*, 411.

— Traverses métalliques. *Ru. Mars*, 265.

— Manœuvres électriques des aiguilles. *Rgc. Avril*, 413.

— Reconnaissance graphique du tracé des voies (Desdouits). *APc.* (n° 52).

TRANSPORTS DIVERS

Automobiles. Concours des fiacres de l'Automobile Club (Forestier). *Gc.* 14 *Avril*, 380.

— Hele Shaw (Les). *E.* 4, 11 *Mai*, 597, 631; *E'. Mai*, 494.

— Essieux, roues, châssis. *Ri.* 14 *Avril*, 148; freins, *id.* 21 *Avril*, 155.

— Direction Griffish. *La.* 4 *Mai*, 279; à l'arrière. *AMa.* 3 *Mai*, 424.

— *électriques. Dp.* 14, 21 *Avril*, 230, 253.

— *à pétrole* Darracq. *La.* 12 *Avril*, 225; Carcano. *La.* 4 *Mai*, 271; Daimler-Mees. *Rm. Avril*, 479.

— — Moteurs divers. *VDI.* 28 *Avril*, 526; 5 *Mai*, 564.

— — et à électricité. *Ri.* 28 *Avril*, 165.

Locomotives routières (Les). *E.* 4 *Mai*, 592.

Omnibus de Paris. Voiture d'attelage (Mauclère. *Rgc. Mai*, 454.

Tramways *électriques* américains. *APC.* (n° 50).

— à contacts superficiels Paul. *EE.* 14 *Avril*, 53; Westinghouse. *E'.* 27 *Avril*, 430;

— mixte du bois de Boulogne (Gosselin). *Sie. Mars*, 138.

— (Consommation de charbon dans les stations de) (Della Riccia). *EE.* 28 *Avril*, 121.

— Abaques pour le montage d'une ligne aérienne. *Gc.* 12 *Mai*, 25.

CHIMIE ET PHYSIQUE

Acétylène. Gazogènes divers. *Dp.* 28 *Avril*, 269. Épuration Ulmann et Goldbey. *Ms. Mai*, 334. Vitesse de détonation (Berthelot et Le Chaselier). *ACP. Mai*, 15. Revue de l'industrie de (l'). *Rep.* 20 *Avril*, 286; *ZOI.* 13 *Avril*, 241. Usines modèles (Stern). *Id.*, 291.

Acides. Nouvel acidimètre Wolff. *CR.* 23 *Avril*, 1128.

— Azotique. Procédé Lyte et Lunge. *Eam.* 7 *Avril*, 408.

— Phosphorique soluble. Rétrogression dans les superphosphates (Schucht). *CN.* 27 *Avril*, 196.

— Sulfureux liquide, action sur le fer (Lunge). *CN.* 4 *Mai*, 212.

— Sulfurique, détermination en présence du fer (Richards). *CN.* 20 *Avril*, 185.

— *Analcite* et *Leucite.* Action du chlorure d'ammonium. *CN.* 20 *Mai*, 187.

Alcaloïdes (Dosage des). *Ms. Mai*, 296.

— Divers. *Ms. Mai*, 288.

Antimoine. Dosage dans ses minerais (Brown). *CN.* 20 *Avril*, 184.

Acoustique. Photographie des ondes sonores et cinématographie de leur réflexion (Wood). *RSL.* 12 *Mai*, 283.

Alcools régénérés. Recherche de la benzine (Halphen). *Pc.* 15 *Avril*, 373.

Brasserie. Machines à broyer le malt. *IoB. Avril*, 149.

— Résidus non fermentescibles des bières (Valeur des) (Evans). *Id.*, 182.

— Acides et agents convertisseurs d'amidon dans la brasserie (Van Laer). *IoB. Avril*, 162.

Bromuration par le bromure d'aluminium. *CR.* 30 *Avril*, 1191.

Bismuth (Production des sels cristallisés de). (Schulten). *CN.* 27 *Avril*, 295.

Carbure de calcium. Action réductrice (Geelmuyden). *CR.* 9 *Avril*, 1020.

Caoutchouc (Substituts du). *E'.* 4 *Mai*, 462.

Chaleur spécifique et *poids atomiques* des métaux (Tilden). *RSL.* 14 *Avril*, 244.

— de combustion de quelques liquides très volatils (Berthelot et Delépine) *CR.* 17 *Avril*, 1045.

Chaux et Ciments. Mélanges rationnels pour mortiers. *Ms. Mai*, 281.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Chaux et Ciments. Mesure de la variation du volume des liants hydrauliques. *Ms. Mai*, 280.

Chrome. Sulfates doubles (Pagel). *CR.* 9 *Avril*, 1030.

— et manganèse, production à de très hautes températures (Goldsmidt). *Pm. Avril*, 62.

Ciment. Industrie en 1899. *Le Ciment. Avril*, 113.

Cryoscopie et ébullioscopie Recherches de Baltelli et Stefanini. *AcP. Mai*, 64.

Eau oxygénée. Chaleur de neutralisation par la chaux (Forcrand). *CR.* 7 *Mai*, 1230.

Ébullition (Courbes des points d') (Speyers). *American Journal of Science. Mai*, 341.

Exposition de 1900 (La chimie à l') (Joubert). *Rcp.* 5 *Mai*, 322.

Explosifs modernes (Recherches sur les), Mac Nab et Ristori). *RSL.* 14 *Août*, 221.

— (Théorie des) (Sarrau). *Rcp.* 20 *Avril*, 284.

— Nouveaux (Alvisi). *Ms. Mai*, 318.

— de sûreté (Guttmann). *Id.*, 319.

— Essai de stabilité applicable au fulmicoton et aux poudres sans fumée (Spica). *Ms. Mai*, 213.

— Décomposition des explosifs nitrés, essai de stabilité (Spica). *Ms. Mai*, 315.

Eaux. Épuration par les halogènes (Malmejac). *Pc.* 15 *Avril*, 364.

Fluorure magnésien (Moissan et Venturi). *CR.* 30 *Avril*, 1158.

Gaz d'éclairage. Dérivés du goudron de houille, fabrication. *Rt.* 25 *Avril*, 175.

— Becs à incandescence nouveaux. *Gc.* 20 *Avril*, 409.

— Gaz aérogène de Perrodil et Morisier. *IC. Avril*, 404.

— à l'eau Dellwick-Fleischer. *Ms. Mai*, 331.

Industrie chimique. Progrès dans le nord de la France (Guillet). *Gc.* 21, 28 *Avril*, 406, 421.

Institut chimique de l'Université de Lyon. *MC.* 1er *Mai*, 145.

— École municipale de chimie et de physique de la ville de Paris. *Id.*, 151.

Iode. Chaleur de composition et de formation des composés iodés (Berthelot). *CR.* 23 *Avril*, 1094.

— Iodures métalliques, combinaisons avec l'anhydride sulfureux (Péchard). *CR* 30 *Avril*, 1188.

Krypton (Le) (Ladenburg et Kruegel). *CN.* 4 *Mai*, 205.

Laboratoire. Analyse des cuivres industriels (Hollande). *ScP.* 20 *Avril*, 292.

— Dosage de l'arsenic dans les métaux et alliage (Hollard et Bertiaux). *ScP.* 20 *Avril*, 300.

— Appareil pour mesurer les dégagements gazeux à volume constant (Job). *ScP.* 20 *Avril*, 288.

— Dosage rapide de l'acide carbonique dans divers gaz (Vignon et Meunior). *ScP.* 20 *Avril*, 286, — électrolytique du plomb dans le sulfate et le chromate. Analyse des verres plombeux (Marie). *CR.* 9 *Avril*, 1032, de la silice dans le chalumeau oxy-hydrique. *N.* 3 *Mai*, 24.

— Four à températures fixes régables à volonté (Gautier). *ScP.* 5 *Mai*, 326.

— Séparation du fer et du nickel par l'ammoniaque (Uldson et Brearley). *CN.* 27 *Avril*, 193.

— Séparation commerciale du platine et de l'or (Pziwornic). *CN.* 27 *Avril*, 195.

— Méthode générale pour le dosage des corps dans les composés organiques (Berthelot). *ACP. Mai*, 5.

— Baryum, strontium et calcium, recherches qualitatives (Dumesnil). *ACP. Mai*, 125.

Liquéfaction réversible des substances albuminoïdes (Tsvelt). *ScP.* 20 *Avril*, 329.

Métaux et lustres métalliques. Ms. Mai, 273.

Oliban (l') Halbeg. *Ms. Mai*, 288.

Optique. Microscope solaire et télémicroscope (Deschamps). *CR.* 30 *Avril*, 1175.

— Lampes et lunettes stéréoscopiques Berger. *Ln.* 12 *Mai*, 387.

Oxydes métalliques, réduction par l'aluminium (Kuppelwaiser) *CN.* 11 *Mai*, 219.

Ozoniseur. Lampry. *EE.* 12 *Mai*, 226.

Palladium, réaction microchimique (Pozzi-Escot et Conquet). *CR.* 17 *Avril*, 1073.

— Radiations thermiques (Mesure absolue des) (Bottomley et Beattie). *RsL.* 12 *Mai*, 269.

Racémisme (Le), Bradbury. *Fi. Mai*, 369.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Radium Rayons (du) (Dorn). *CR.* 23 *Avril*, 1126 (Villard). *Id.*, 9, 30 *Avril*, 1178, 1010 (Becquerel). *Id.*, 979.
— Uranium et leurs radiations (Le Bon). *Rs.* 5 *Mai*, 549.
— Transparence de l'aluminium (Becquerel). *CR.* 30 *Avril*, 1154.
Séléniure et chlorosélénure de plomb (Fonzer Diacon). *CR.* 23 *Avril*, 1131.
— Sélénio-antimonites alcalins (Pouget). *CR.* 23 *Avril*, 1133.
Teinturerie. Revue des matières colorantes (Reverdin). *Ms. Mai*, 283.
— Progrès en 1899. *Mc. Mai*, 460.
— Samarium (Le) Demarcey. *CR.* 30 *Avril*, 1185.
— Indigo et ses homologues. Nouvelle synthèse (Koctschek). *MC.* 1er *Mai*, 158.
Tôle émaillée (fabrication de la). *Ms. Mai*, 278.
Terres rares (les) (Verneuil et Wyrouboff). *Rs.* 28 *Avril*, 513.
— Recherches des minerais (Nordjenskiold). *CN.* 11 *Mai*, 217.
— Recherches microchimiques sur l'ytrium, l'erbium et le didyme (Pozzi-Escot et Conquet). *CR.* 23 *Avril*, 1136.
— (Fractionnement des) (Demarcey). *CR.* 9 *Avril*, 1019.
— Séparation de la gadolinite, préparation de l'ytria pure (Muthman et Bohn). *CN.* 21 *Avril*, 181.
Thermocalorimètre à déversement (Massol). *CR.* 23 *Avril*, 1126.
Triméthylène (Le) (Berthelot). *ACP. Mai*, 27.
Verres. Introduction de l'anhydride phosphorique. *Ms. Mai*, 276.
Vernis et siccatif pour carrosserie. État de l'industrie (Coffignier). *RcP.* 20 *Avril*, 281.

COMMERCE ET ÉCONOMIE POLITIQUE

Accidents du travail. Loi Norvégienne. *Ef.* 14 *Avril*, 486.
Associations ouvrières de production. Chambre consultative. *Ef.* 14 *Avril*, 483.
— Projets de loi sur les (de Crisenay). *Rso.* 1er *Mai*, 661.
Bazars projet de loi prussienne imposant les grands bazars. *Ef.* 5 *Mai*, 595.
Bosnie-Herzégovine (La). *Rgds.* 31 *Mars*, 15 *Avril*.
Colonies françaises. Mise en valeur. Vignon (*Rs.* 14 *Avril*, 463).
Concurrence américaine (Trassenter). *Ru. Mars*, 257. *E'.* 27 *Avril*, 435.
Enseignement (Liberté d'). A. Leroy-Beaulieu. *Rso.* 16 *Avril*, 584.
France. Éléments de sa population au XIXe siècle. *Ef.* 28 *Avril*, 559.
Petite propriété. Origines (Toureau). *Rso.* 1er *Mai*, 710.
Patrons et ouvrières au XVIIIe siècle. *Rso.* 16 *Avril*, 599.
Pensions civiles (Les). *Ef.* 21 *Avril*, 517.
Placement des ouvriers. *Ef.* 28 *Avril*, 557.
— Secours à domicile. *Ef.* 5 *Mai*, 597.
Transformation des villes et des campagnes. Moyens de transport nouveaux. *Ef.* 28 *Avril*, 553.
Transports (Industries des) à la fin du XIXe siècle. *Ef. Fi.* 12 *Mai*, 635.
Travail à la main et à la machine (Levasseur). *Ef.* 14 *Avril*, 405.
— (Question du) en Amérique et en Angleterre (Going). *EM. Mai*, 165.
— Travail aux primes. *AMa.* 3 *Mai*, 418.
Vagabonds et sans travail. *Ef.* 12 *Mai*, 640.

CONSTRUCTIONS ET TRAVAUX PUBLICS

Ciment armé. Ateliers Sauter Harlé. *Le Ciment. Avril*, 49.
— Passerelle du pavillon de Madagascar. *Gc.* 12 *Mai*, 27.
— Système Degon. *Le Ciment. Avril*, 47.
Cintre dépressible Robert. *Ri.* 21 *Avril*, 154.
Hippodrome nouveau à Montmartre. *Rt.* 25 *Avril*, 170.
Maçonnerie avec joints métalliques coulés. *Rt.* 25 *Avril*, 183.
Passerelle du globe terrestre. Effondrement. *Gc.* 5 *Mai*, 11.
Pont suspendu rigide. Nouveau type (Gisclard). *APC.* (N° 51). *Gc.* 5 *Mai*, 5.
— à Budapesth. *VDI*, 5 *Mai*, 558.
— à bascule du Cuyahoga. *Gc.* 15 *Mai*, 29.
— Sur l'Aire. *E'.* 20, 27 *Avril*, 403, 438.
— Allemands au XIXe siècle (Mehrtens). *VDI.* 28 *Avril*, 5 *Mai*, 531, 570.
— En arc sur le Rhin. *E.* 27 *Avril*, 544.
— Viaduc du Viaur (Théry). *APC.* (49).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Tunnels. Ventilation, système Saccoordo. (Champy). *AM. Fév.*, 167.
Ventilation des grands édifices. *E'*. 4 *Mai*, 470.
Voûte en maçonnerie avec ponts métalliques. *E'*. 11 *Mai*, 477.

ÉLECTRICITÉ

Accumulateurs au plomb, théorie (Mudgan). *EE*. 28 *Avril*, 149
— Indicateur de charge Bellatin. *Élé*. 12 *Mai*, 292.
Appareillage pour hautes tensions Zetter. *Sie*. *Mars*, 132.
Coupe-circuit Taylor. *EE*. 14 *Avril*, 70.
Courants alternatifs (Résistance des conducteurs aux) (Lohmann). *EE*. 12 *Mai*, 304.
— Compensation de la chute de tension dans les (Berg). *Id.*, 205.
Distribution (Décharge dans les câbles de). *Élé*. 21 *Avril*, 245.
— Commande électrique des petites usines en Angleterre. *Élé*. 21 *Avril*, 248.
— Détermination et suppression des différences de phases entre deux circuits alternatifs (Ritter). *EE*. 14 *Avril*, 64.
Dynamos unipolaires (de Puydt). *EE*. 14 *Avril*, 62.
— à courants ondulés. *EE*. 12 *Mai*, 203.
— Calculs des alternateurs (Behrend). *EE*. 28 *Avril*, 140.
— perte de frottement des moteurs. *Élé*. 12 *Mai*, 295.
— Moteurs à courants continus (Houel). *Élé*. 14, 28 *Avril*, 227, 266.
Éclairage. *Incandescence*. Lampe Nerst. *Ri*. 5 *Mai*, 176.
— Durée des lampes (Wilson). *Fi*. *Mai*, 353.
Exploseur rotatif pour la production de courants puissants à haute fréquence (d'Arsonval), *CR*. 17 *Avril*, 1049.
Exposition de 1900. Groupes électrogènes. *Gc*. 21 *Avril*, 397.
— Éclairage des palais et jardins. *Gc*. 5 *Mai*, 1.
Électro-chimie. Séparations et déterminations électro-chimiques (Kollock). *CN*. 11 *Mai*, 220.
Électro-chimie. Électrolyseur Darlong et Harrison. *EE*. 12 *Mai*, 226.
— Préparation électrolytique des chlorates, bromates et iodates. *CN*. 20 *Avril*, 182.
Magnétisme. Essais magnétiques du fer (Armagnat). *Ie*. 25 *Avril*, 155.
Mesures des fréquences des courants alternatifs. *EE*. 14 *Avril*, 73.
— Capacités électrostatiques par la méthode du pont téléphonique de Pupin *Élé*. 12 *Mai*, 289.
— Ponts à téléphone. Hanchett et Sage. *EE*. *Mai*, 227.
— Indication de pertes de courant (Kruger). *EE*. 14 *Avril*, 72.
— Appareils divers (Armagnat). *EE*. 28 *Avril*, 130.
— Oscillographe Duddell. *E*. 4 *Mai*, 583.
— Photographie des courbes d'intensité des courants alternatifs au moyen du tube de Braun. *EE*. 12 *Mai*, 228.
Radium (Rayons du) (Dorn). *CR*. 23 *Avril*, 1126.
Stations centrales (Statistique des) (Dawson). *E*. 27 *Avril*, 539; à Paris, au 1er janvier 1900. *Ie*. 10 *Mai*, 178.
— de Wallesden. *E'*. 4 *Mai*, 451.
Télégraphie sous-marine (Casewitz). *IC*. *Avril*, 365. Grappin Rouillard. *Élé*. 14 *Avril*, 225.
— Stabilité des fils au point de vue du givre. *Élé*. 14 *Avril*, 232.
— sans fils. Sensibilité maxima des cohéreurs (Blondel et Dobkéwitch). *CR*. 23 *Avril*, 1123.
— (Accroissement de résistance des) (Branly). *CR*. 17 *Avril*, 1068.
Transformateurs tournants (Les) (Parshall et Hobart). *E*. 20-27 *Avril*, 499, 535.
— (Influence des fuites sur la régularisation des) (Baum). *EÉ*. 14 *Avril*, 66.

HYDRAULIQUE

Irrigations du Nil. *E'*. 11 *Mai*, 480.
Pompes pour moulins à vent Blanchard. *AMa*. 5 *Avril*, 324.
— directes diverses. *Dp*. 12 *Mai*, 297.
— centrifuges Marchand. *RM*. *Avril*, 483.
— rotatives Johnson. *Id*. 482.
— à moteur d'eau Rhodes. *AMa*. 20 *Avril*, 396.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Turbines (Réglage des), Rateau. *RM. Avril*, 394.
— Fanning. *RM. Avril*, 482.

MARINE, NAVIGATION

Accidents divers et avaries. *SuE.* 1er *Mai*, 457.
— dans l'ancienne navigation. *E'.* 4 *Mai*, 449.
Bateaux à faible tirant d'eau (Facwett). *EM. Mai*, 186.
— Brise-glaces Haidemak. *VDI.* 12 *Mai*, 589.
Canal de Panama (Nouveau). *Gc.* 14-21-28 *Avril*, 389, 401, 416.
— de la Marne à la Saône (Cadart). *APC.* (48).
— écluse à siphon Hotopp, canal de l'Elbe-Trave. *E.* 4 *Mai*, 571.
Constructions navales. Influence de la profondeur de l'eau sur la résistance des navires (Rota). *E.* 20 *Avril*, 529.
— Résistance des coques (Chaigneau). *Bam. Avril*, 263.
Gouvernail (Équilibre du) (Heli Shaw). *E'.* 20 *Avril*, 413.
Machines marines. Uniformité du couple de rotation (Lorenz). *E.* 20 *Avril*, 529.
— dans la marine de guerre anglaise. *E'.* 4 *Mai*, 454.
— Corrosion des arbres d'hélices (Scott). *E'.* 20 *Avril*, 4 *Mai*, 415, 459. *E.* 27 *Avril*, 536.
— du croiseur hollandais *Nord-Brabant. Gc.* 4, 12 *Mai*, 17.
Marines de guerre. Nos bâtiments de guerre et leur direction (Delpeuch). *Rmc. Mars*, 433.
— anglaises. (Manœuvres navales.) *Rmc. Mars*, 509, 596. Contre-torpilleur *Viper*, *E.* 11 *Mai*, 625. *DP.* 21-28 *Avril*, 345, 261.
— américaine. *Rmc. Mars*, 602.
— italienne. *Rmc. Mars*, 603.
— japonaise. *Rm. Mars*, 606. Croiseur *Jakumo. E'.* 4 *Mai*, 460.
— Outillage électrique des vaisseaux de guerre. *E.* 11 *Mai*, 619.
— Sous-marins. *E.* 27 *Avril*, 553.
Pilotage à vapeur. Cf. 21 *Avril*, 52.
Ports. Bassins de radoub. Étude du matériel en usage. *Rmc. Mars*, 590.

MÉCANIQUE GÉNÉRALE

Accouplement Jeger. *RM. Avril*, 500.
Arbres. Couverture-fourreau. *Dp.* 12 *Mai*, 307.
Bascule pour locomotives Avery. *E'.* 4 *Mai*, 456.
Broyeurs Hadfield et Jack. *RM. Avril*, 499.
— Baxter. *E. Mai*, 618.
Chaudières à l'Exposition de 1900. *E.* 11 *Mai*, 605.
— *à tubes d'eau*, à la mer. *AMa.* 5 *Avril*, 318.
— — Morrin. *Ri.* 14 *Avril*, 141.
— — Cowan, Schutte, Niclausse, Hallet. *RM. Avril*, 469.
— — Borrot. *Ri.* 12 *Mai*, 181.
— Foyers à pétrole. *Gc.* 12 *Mai*, 22.
— Grilles (Barreaux de), Deny. *Bam. Avril*, 334.
— — Daley. *RM. Avril*, 470.
— Réchauffeurs Stilwell-Bierce. *Eam.* 7 *Avril*, 42.
— Soupapes de sûreté Hermann. *RM. Avril*, 471.
— — de réglage Schaffer, Budenberg. *RM. Avril*, 471.
— Vent forcé. *Rmc. Mars*, 594.
— Surchauffeurs Pokziwnicki. *RM. Avril*, 471.
Compresseur Brooks. *RM. Avril*, 501.
Distributeurs de timbres-poste Janish. *Lu.* 26 *Avril*, 349.
Drague Bucyrus. *E.* 4 *Mai*, 586.
Essoreuse Freytag. *RM. Avril*, 501.
Filetage international. AMa. 3 *Mai*, 423.
Graisseurs Freemann et Armstrong. Friedmann. *RM. Avril*, 500.
Hélice Davies. *RM. Avril*, 498.
Horlogerie. Pendule à restitution électrique constante (Fery). *CR.* 7 *Mai*, 1248.
Levage. Convoyeurs pour minerais Buhle. *VDI.* 21 *Avril*, 509.
— Grue Schultz. *RM. Avril*, 483.
— Crochet à air comprimé Evans. *Id.*, 484.
— — Automobile. *AMa.* 26 *Avril*, 397.
— Cabestan Humpage. *RM. Avril*, 503.
— Ponts électriques Carl Flohr de l'Exposition. *VDI.* 14 *Avril*, 468. *Gc.* 28 *Avril*, 413.
— — roulant Humpage. *Avril*, 502.
— Transporteur Temperley au port de Sfax. *E.* 11 *Mai*, 6111.
— Tapis élévateur Cance. *EE.* 12 *Mai*, 197.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Machines-outils allemandes à l'Exposition. *VDI.* 14 *Avril*, 476.
— américaines. *E'.* 20 *Avril*, 400.
— Coupe-tubes Fletcher. *Ln.* 14 *Avril*, 323.
— Avanceuse Lucas et Swasey. *RM. Avril*, 485.
— Ateliers de fusils à Springfield. *AMa.* 5-26 *Avril*, 311, 387, de Gisholt. *Id.* 12 *Avril*, 257, de Wells, à Greenfield. *Id.* 3 *Mai*, 416.
— — d'Hellèmes. Chemin de fer du Nord. *Rgc. Avril*, 333. Lodje et Shiply. *AMa.* 19 *Avril*, 363.
— — (Administration des) (Cowan). *Es. Avril*, 21 (Lewis). *EM. Mai*, 211.
— *Perceuses* Baker. *AMa.* 5 *Avril*, 319.
— — polygonale Roe. *AMa.* 3 *Mai*, 413. Tynan, Melhuish. *RM. Avril*, 495. Warren. *Ri.* 21 *Avril*, 153.
— Poinçonneuse Sellers. *Ri.* 14 *Avril*, 143.
— Cisaille Hille et Jones. *AMa.* 19 *Avril*, 374. Rothe Ras. Avril, 485.
— Coupe-tubes pneumatique. *AMa.* 19 *Avril*, 370.
— Fraises ajustables Ganard. *E'.* 4 *Mai*, 466.
— Machine à mesurer la distorsion des pièces trempées. *AMa.* 29 *Avril*, 369.
— Raboteuse Grimshaw. *Ri.* 12 *Mai*, 182.
— Courbeuse Smith. *RM. Avril*, 486.
— *Fraiseuse* Brown et Sharpe. *RM. Avril*, 464. Longodon. *Id.* 493. Becker. *AMa.* 3 *Mai*, 420.
— Aléseuse Bement Miles. *E'.* 11 *Mai*, 484.
— — à tailler les pignons Rice. *RM. Avril*, 461.
— *Tours* à revolver Pratt Whitney. *E.* 27 *Avril*, 537.
— — à charioter Sharp Stewart. *E'.* 27 *Avril*, 426.
— — à lunettes des ateliers de Haumont.
— à fileter Norton. *E.* 11 *Mai*, 607. *RM. Avril*, 497.
— Dresseuse Honeywood. *RM. Avril*, 487.
— Calibre pour pignons Boulet. *RM. Avril*, 493.
— Lodge. *RM. Avril*, 495.
— Outils pour le tournage des pistons. *RM. Avril*, 497.

Machines à vapeur Borsig, de 2 500 chevaux à l'Exposition. *VDI.* 14 *Avril*, 471, *Ri.* 5 *Mai*, 173.
Machines à vapeur Willans, de 2 400 chevaux. *E.* 27 *Avril*, 532.
— Distributions Rittenhouse, Ziégler, Rees, Moore. *RM. Avril*, 509.
— Arbres de couche (Les) (Brady). *E'.* 4 *Mai*, 466.
— Rupture des arbres (Schanzer). *E.* 27 *Avril*, 563.
— Régulateurs Aubrat. *RM. Avril*, 458.
— Stuffing-box Brown. *RM. Avril*, 510.
— Pistons Hargreaves et Hudson. *RM. Avril*, 509.
— **à gaz**. Cycle théorique (Witz). *CR.* 23 *Avril*, 1118.
— — Thomson, Watchel et Stoltz. *RM. Avril*, 511.
— — Von Oechelhauser. *RM. Avril*, 511. (Greiner). *Ln. Mai*, 625.
— — Kitto Bickerton, de Bouteville, Daimler. *PLM. Avril*, 512.
— — Piston Bickerton. *RM. Avril*, 512.
— — Régulateur Crossley et Hutley. *Id.* 513.
— — de la Gasmotorenfabrik. *Id.* 515.
— — de hauts fourneaux. Otto. *SuE.* 15 *Avril*, 413.
— — Allumage De Dion. *Ln.* 21 *Avril*, 340.
— — Passé et avenir (Enslen). *Dp.* 14 *Avril*, 234.
— *à pétrole*, de Bouilhac. *Ln.* 19 *Avril*, 244. L'Aigle. *Ru. Avril*, 515.
— — turbine Irgens. *Ln.* 28 *Avril*, 348.
— — Diesel et Mewer. *Dp.* 28 *Avril*, 267.
— — Campbell pour projecteurs. *E'.* 27 *Avril*, 426.

Mécanismes de mouvements en ligne droite. *RM. Avril*, 456.
Palier Temperley. *RM. Avril*, 502.
— (Graissage des) (Snook). *EM. Mai*, 221.
Poulies folles. Graissage. *AMa.* 26 *Avril*, 404.
Transmission. Humpage. *RM. Avril*, 503.

MÉTALLURGIE

Électro-métallurgie en 1899 (Chalon). *RM. Mars*. 213.
— Fabrication du fer et de l'acier. Scassano. *Gc.* 20 *Avril*, 409.
Exposition de 1900 (Mines et métallurgie à l'). Minet. *Rcp.* 5 *Mai*, 327.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Fer et acier. Pailles dans le fer et l'acier. (Krentzpomtner). *Fi. Mai*, 322.
— Four au réverbère, emploi du métal fondu (Reley). *E.* 11 *Mai*, 612.
— — à pétrole en Russie. *JuE.* 15 *Avril*, 425.
— Dosage du nickel dans l'acier au nickel (Sargent). *CN.* 4 *Mai*, 209.
Zinc. Influence du degré de désulfuration des blendes sur le rendement en zinc à la réduction (Prost). *RM. Mars*, 247.

MINES

Colombie britannique (Jordan). *AM. Fév.*, 216. *Eam.* 21 *Avril*, 465.
Cuivre. Mines Lewis au Yuccon. *Eam.* 31 *Mars*, 377.
Fer. Mines du Labrador (Low). *EM. Mai*, 205.
Électricité à la mine de fer de Vulcan. *Eam.* 31 *Mars*, 378.
Extraction. Machine Wood. *RM. Avril*, 507.
Filons. Variations des filons métallifères en profondeur (de Launay). *Rgds.* 30 *Avril*, 569.
Fonçage. Procédé nouveau. *Eam.* 7 *Avril*, 411.
— des puits 27 et 28 du charbonnage des produits à Jemmapes. *RM. Mars*, 229.
Houille. Micro-organismes des combustibles fossiles (Renault). *Im.* (XIV), 5.
Or. Australie occidentale (Coignet) *Im.* (XIV), 191.
— Lexiviation des dépôts d'or par la végétation. *Eam.* 28 *Avril*, 501.
Perforatrice Ambrose. *RM. Avril*, 507.
— électrique Dulait-Forget (Cuvelette). *Im.* (XIV), 161.
Plomb. Traitement des résidus des fours à plomb. *Gc.* 5 *Mai*, 8.
Préparation mécanique. Concentrateur Puk, Montana. *Eam.* 31 *Mars*, 375.
Transvaal. Industrie minière en 1899. *Eam.* 31 *Mars*, 28 *Avril*, 377, 496.

Le Gérant : Gustave Richard.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

99e ANNÉE. Cinquième Série, Tome V. JUIN 1900.

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 les travaux de M. ALBERT COLLET, relatifs à la *consolidation des attaches des rails*.

M. Albert Collet a présenté à la Société un système de consolidation de l'attache des rails sur les traverses au moyen de douilles en bois, dites *trénails* (1), et un ensemble d'appareils pour le montage de ces trénails et pour la vérification des attaches. Ce système, déjà largement employé, est intéressant, ainsi que l'outillage auquel il a donné naissance ; certaines parties de cet outillage, notamment les petites machines portatives produisant l'électricité, pourraient d'ailleurs recevoir des applications variées.

Les rails sont généralement fixés sur les traverses en bois au moyen de tirefonds ou grosses vis à bois. La tête du tirefond appuie sur le bord du patin, qui repose sur la traverse directement ou par l'intermédiaire d'une selle ou plaque métallique ; cette selle est percée de trous pour le passage des tirefonds, qu'elle relie solidement entre eux. Dans la voie à double champignon, c'est le coussinet qui est rattaché par des tirefonds à la traverse.

Il arrive souvent, surtout avec les traverses en bois tendre, tel que le pin

(1) Le mot anglais *treenail* désigne une cheville en bois parfois employée pour la fixation des coussinets sur les traverses.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et le sapin, que, le bois s'altérant autour des tirefonds, l'attache cesse d'être solide. On peut alors, en déplaçant légèrement la traverse, visser les tirefonds dans de nouveaux trous, en bouchant les anciens avec des chevilles en bois, pour qu'ils ne deviennent pas l'origine d'une zone de pourriture. On peut aussi visser le tirefond dans la cheville enfoncée dans l'ancien trou.

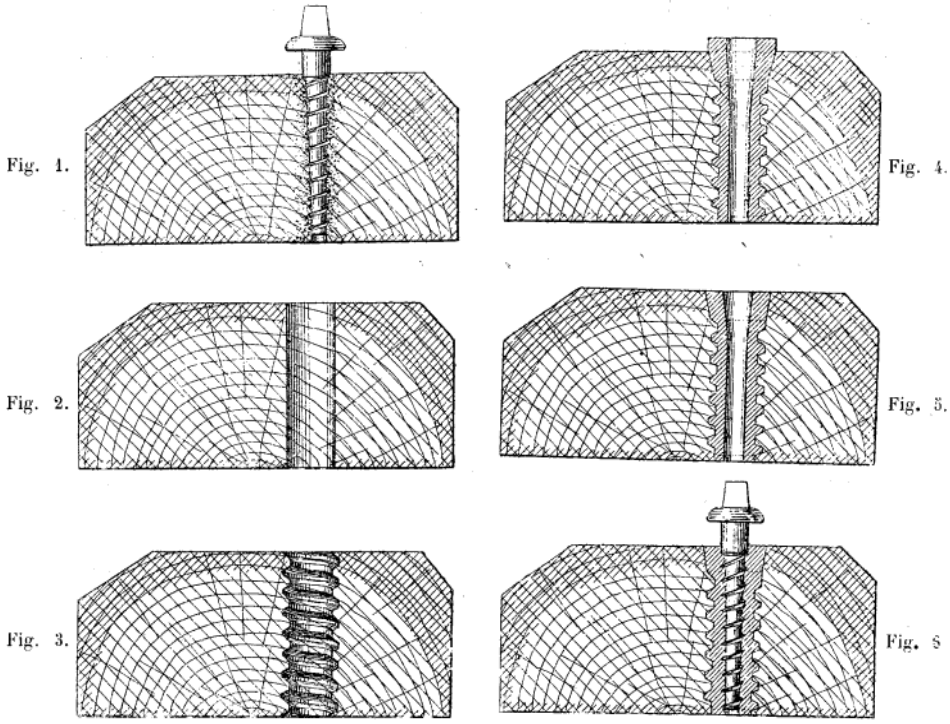


Fig. 1. Attache avariée. — Fig. 2. Perçage enlevant le bois altéré. — Fig. 3. Taraudage. Fig. 4. Trénail vissé. — Fig. 5. Trénail arasé. — Fig. 6. Attache réparée.

Fig. 1 à 6. — Coupes transversales d'une traverse montrant les opérations successives de pose d'un trénail.

Le procédé de M. A. Collet est plus satisfaisant: lorsque le bois est altéré autour d'une attache (fig. 1), on perce un trou de diamètre assez grand pour enlever toute la partie altérée (fig. 2), et on le taraude (fig. 3), de manière à pouvoir y visser la douille en bois, ou trénail (fig. 4); la tête de ce trénail est ensuite arasée (fig. 5); enfin on y visse le tirefond (fig. 6). Les dimensions des pièces sont telles que ce trénail est solidement vissé

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans le bois ; il offre une bonne prise au tirefond ; en outre, il ne laisse aucune ouverture par laquelle l'eau puisse s'infiltrer. La traverse est préservée de la pourriture surtout par les parties fortement créosotées voisines de la surface ; ces parties sont représentées par des hachures serrées sur les figures 1 à 6.

Le trénail (fig. 7) est découpé dans un brin de charme, l'axe longitudinal de la pièce étant parallèle aux fibres.

On applique aussi les trénails dans les traverses neuves en bois tendre. L'attache des tirefonds dans ces bois tendres est relativement peu solide, et c'est surtout pour augmenter cette solidité qu'on emploie les bois durs plus coûteux, tels que le chêne et le hêtre. L'emploi du trénail fait disparaître l'infériorité du bois tendre sous ce rapport, ainsi que le montrent les expériences relatées plus loin.

En outre, les trénails augmentent la solidité de la base d'appui des selles ou des coussinets sur les traverses en bois tendre et limitent l'incrustation de ces supports dans le bois. Enfin, suivant une remarque de M. Cartault, ingénieur en chef de la Compagnie des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, si l'on revenait à l'emploi du sulfate de cuivre pour la préparation des traverses, à cause de l'élévation du prix de la créosote actuellement employée, le trénail aurait l'avantage de soustraire le tirefond d'acier au contact destructeur du bois sulfaté.

Si l'on songe à l'énorme consommation des traverses des chemins de fer (1), on se rendra compte de l'intérêt que présente une disposition qui permet d'en prolonger la durée et d'employer, plus fréquemment qu'on ne peut le faire aujourd'hui, des bois tendres à la place de bois durs plus coûteux. La dépense d'application des trénails n'est pas très grande ; dans

(1) Comme exemple de cette consommation, voici quelques renseignements extraits de l'*Aperçu des chemins de fer russes depuis l'origine jusqu'en 1892*, publié en 1897 par MM. A. de Gortschakov, V. Herzenstein et L. Weissenbruch (une analyse de cet ouvrage se trouve dans la *Revue générale des chemins de fer et des tramways*, avril 1900, p. 367) : « La durée du service des traverses sur les voies principales est très courte en Russie. Celle des traverses en chêne varie de six à sept ans et atteint rarement huit ans ; les traverses en pin durent de quatre à cinq ans, parfois même trois ans et demi ; le sapin ne résiste que deux ans et demi à trois ans et rarement quatre. Or, comme les voies principales du réseau russe ont une longueur totale de 35 000 verstes (37 345 km.) avec 50 millions de traverses, on est obligé d'employer annuellement, rien que pour l'entretien de ces voies, environ 13 millions de traverses, ce qui représente une coupe de 25 000 déciatines (26 300 hectares) de bon bois de construction. Il faut remarquer que ce calcul ne comprend ni les traverses des voies de garage, ni celles des lignes nouvelles ; leur nombre peut être évalué à environ 4 millions, ce qui représenterait encore 8 000 déciatines de bois, soit en tout l'immense superficie de 33 000 déciatines (35 000 ha.). »

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le cas de traverses neuves, elle est généralement inférieure à la différence de prix entre la traverse en bois dur et la traverse en bois tendre.

Les trénails sont fabriqués à l'aide d'un outillage spécial créé par M. Collet. Ils sont pris dans des rondins en charme de petit diamètre ayant deux ans de coupe. Ces rondins sont d'abord tronçonnés, à la scie à ruban, en bouts de longueur convenable, la longueur du trénail fini variant de 120 à 150 millimètres. Les tronçons sont percés sur une machine à deux forets horizontaux, agissant chacun par un bout; on

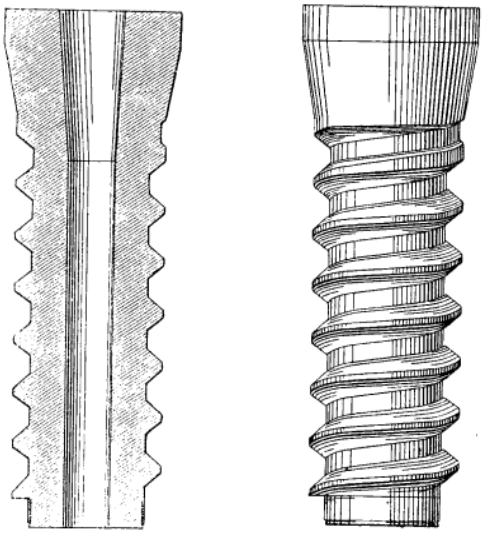


Fig. 7. — Trénail. Échelle : 1/2.

voit sur la figure 7 que le trou est conique à une extrémité, pour se prêter à la forme du tirefond. La même machine arase les deux bases planes, et, sur la base inférieure, prépare le logement d'une petite frette. La pièce est ensuite tournée en deux passes, sur un tour spécial à profiler, l'outil, en forme de gouge, faisant une excursion aller et retour parallèlement à l'axe de la pièce. L'opération suivante est celle du filetage, qui se fait en une seule passe; la pièce se déplace devant l'outil ; pour éviter la perte de temps que causerait le retour du support de cette pièce, une seconde pièce à fileter est substituée à la première pendant ce retour.

Fig. 8. — Tarière. Échelle : 1/2.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La partie inférieure du trénail est consolidée par une petite frette; cette frette, fabriquée par emboutissage d'une rondelle découpée dans une tôle d'acier, est emmanchée à force sous une presse.

En dernier lieu les trénails sont préparés par immersion, pendant une douzaine d'heures, dans un bain de créosote chauffée à 50°.

L'outillage pour la pose du trénail comprend une *tarière à centre* (fig. 8), dont la partie centrale s'engage dans le trou ancien ou dans un trou percé

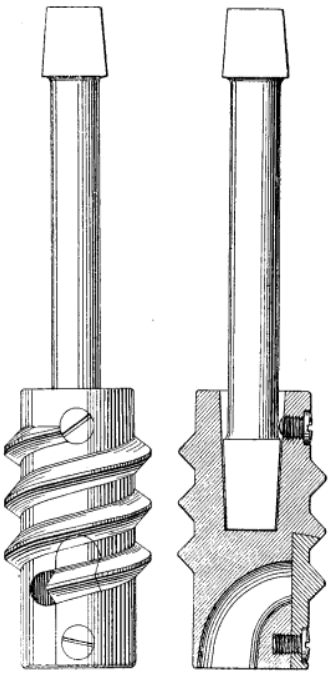


Fig. 9. — Taraud.

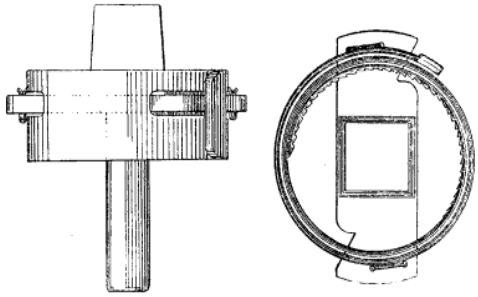


Fig. 10. — Araseur. Échelle : 1/2.

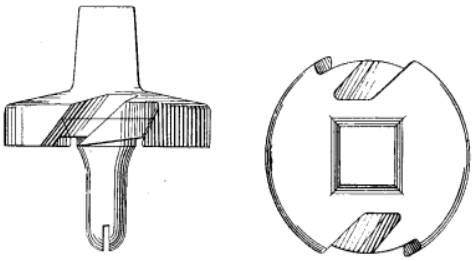


Fig. 11. — Vissoir. Échelle : 1/2.

d'avance dans les traverses neuves; ce trou est utile pour faire pénétrer la créosote dans la traverse; un *taraud* (fig. 9), un *vissoir* (fig. 10), dont les griffes entraînent la tête du trénail, enfin un *araseur* (fig. 11), qui affleure la tête au niveau de la traverse. Les tranchants de ces outils sont de petites pièces d'acier faciles à remplacer; les outils, avec les lames de rechange, sont contenus dans une boîte aisément transportable.

Les outils sont commandés par la clé à tirefond en usage sur la voie engagée sur la tête carrée. Mais la manœuvre exige des efforts assez grands. La commande mécanique permet un travail plus rapide. Cette

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

commande est donnée par un petit moteur électrique, qui fait tourner un arbre flexible venant entraîner, par roues d'angle, une clef à douille qu'on pose sur la tête carrée des différents outils. La même clef sert à visser rapidement les tirefonds. Un changement de marche permet la rotation en sens inverse pour retirer le taraud et dévisser les tirefonds. Toutefois, lorsque le travail se fait dans un chantier de traverses et non sur une voie posée, on

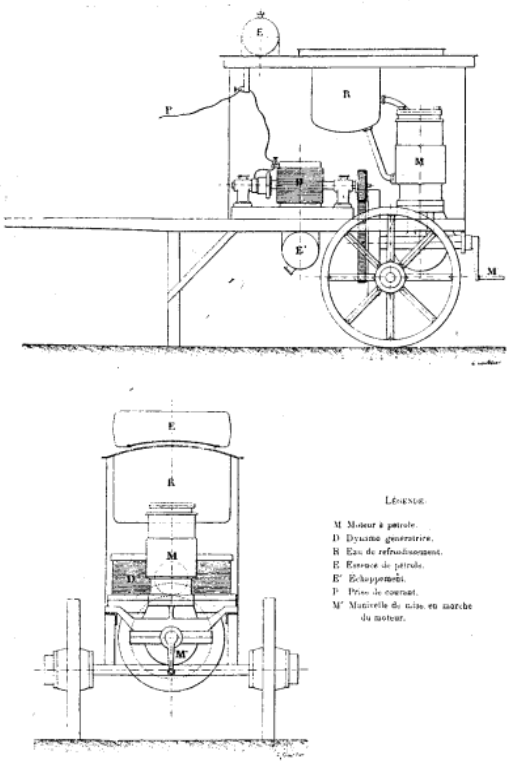


Fig. 12 et 13. — Groupe électrique mobile de *M. A. Collet.*

rend détachable la queue du taraud, et on le fait passer de part en part : une fois le trou taraudé, on ramasse le taraud sous la traverse, posée sur des cales.

Pour opérer dans les chantiers, le moteur électrique est fixé sur un petit wagonnet qui roule sur une voie Decauville; pour le travail sur les voies, il repose sur deux petites roues roulant sur un seul rail, de sorte qu'il peut être retiré en un instant.

Ce moteur électrique est relié, par un câble à deux conducteurs, à un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

appareil producteur d'électricité installé dans le voisinage (fig. 12, 13), composé d'un moteur léger à pétrole (moteur Brillié) de 4 chevaux, d'un type usité pour les automobiles, actionnant une dynamo. Les deux machines sont portées sur un chariot facile à déplacer. Pour le transport par voie ferrée, ce chariot est placé sur un lorry. Le poids total du chariot est d'environ 500 kilogrammes. Ce groupe électrogène mobile peut servir aussi à

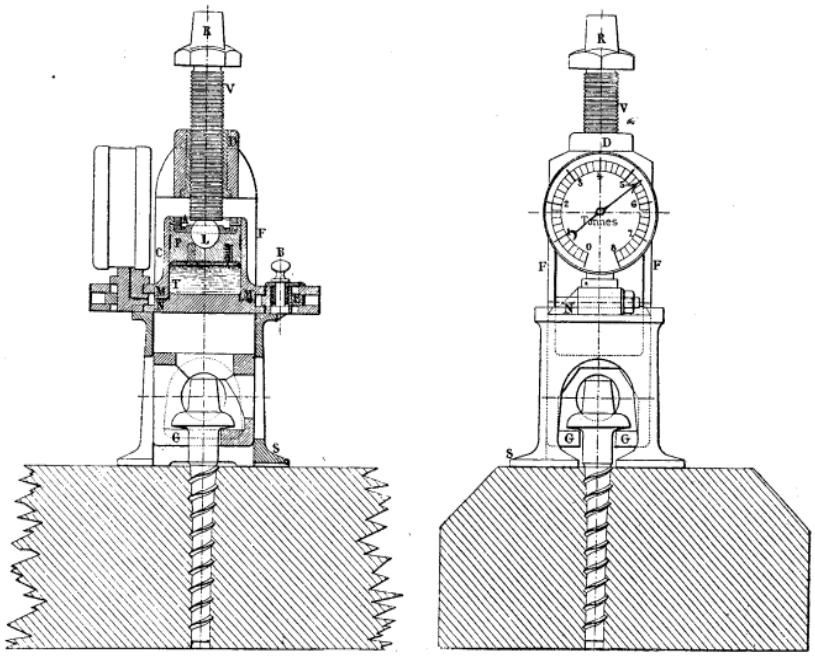


Fig. 14. — Coupe verticale. Fig. 15. — Vue de face.

Fig. 14 et 15. — Dynamomètre hydraulique (système *Albert Collet*) pour mesurer la résistance des tirefonds à l'arrachement. Échelle : 1/3.

l'éclairage des chantiers, en actionnant 4 à 6 lampes à arc, ou 30 à 40 lampes à incandescence.

Pour faciliter le déplacement de ce groupe électrogène, M. Collet le modifie, en le composant de deux chariots portant l'un le moteur à pétrole, l'autre la dynamo ; ces deux parties s'assemblent l'une contre l'autre, et une courroie relie le moteur et la dynamo. Le poids de chaque chariot ne dépasse pas 250 kilogrammes.

Pour connaître la résistance à l'arrachement des tirefonds montés dans des traverses de diverses essences, et pour savoir de combien l'altération du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bois diminue cette résistance, des expériences avec mesures dynamométriques sont nécessaires. Il importe que ces mesures puissent être exécutées rapidement, et en un point quelconque des voies, pour apprécier l'effet de la vétusté des traverses. Il ne s'agit pas, en effet, d'expériences de labo-

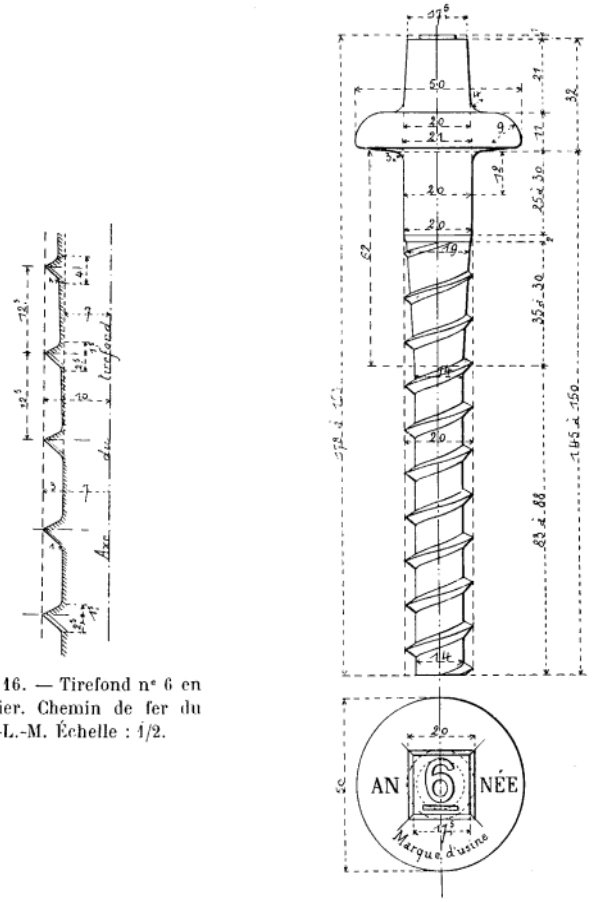


Fig. 16. — Tirefond n° 6 en acier. Chemin de fer du P.-L.-M. Échelle : 1/2.

ratoire, mais d'essais pratiques, où la multiplicité est plus importante que l'extrême précision de chaque mesure.

M. A. Collet a imaginé pour ces essais un petit dynamomètre capable d'exercer un effort de 8 tonnes, et dont le poids est de 6 kilogrammes seulement. Dans cet appareil (fig. 14 et 15), l'effort de traction est produit par une vis qui s'appuie sur un support reposant sur la traverse ; en faisant tourner cette vis à l'aide d'une clef à tirefonds, on soulève un écrou qui entraîne,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

par l'intermédiaire de deux flasques, un pied de biche engagé sous la tête du tirefond. Sur les figures, S est le support, V la vis, D, F et G l'écrou, les flasques et le pied de biche, qui forment un tout rigide.

L'appui de la vis sur le support se fait par un piston portant sur la glycérine contenue dans un cylindre : un manomètre métallique indique à chaque instant la pression de la glycérine, et, par suite, la force exercée par la vis. La portée de la vis sur le piston se fait par l'intermédiaire d'une bille d'acier (L).

La course du pied de biche est de 4 centimètres.

Un raccord spécial (en B) est disposé pour recevoir un manomètre étalon.

Le même appareil pourrait servir pour l'étude de la résistance des tirefonds, suivant le diamètre, le pas et la forme du filet ; mais cette étude peut être faite au laboratoire, et les recherches déjà faites paraissent avoir conduit à des proportions bien déterminées.

D'après une note de M. Cartault, ingénieur en chef du matériel fixe de la Compagnie P.-L.-M., des traverses neuves de pin et de sapin ont donné, avec le tirefond normal de la Compagnie P.-L.-M. (fig. 16), les résultats suivants :

Effort, en kilogrammes, nécessaire pour arracher un tirefond.

(Type P.-L.-M)

	PIN DES LANDES. (55 EXPÉRIENCES.)			SAPIN DE LA BALTIQUE. (25 EXPÉRIENCES.)		
	Moyenne.	Maximum.	Minimum.	Moyenne.	Maximum.	Minimum.
	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.
Sans trénail.	3 587	4 800	2 400	3 200	4 400	2 050
Avec trénail.	4 625	6 450	3 300	4 446	5 400	3 275
Augmentation.	1 038	»	»	1 246	»	»
Augmentation p. 100. .	29	—	—	39	—	—

Dans le chêne neuf, sans trénail, 25 expériences ont donné, pour l'effort d'arrachement, une moyenne de 6 140 kilogrammes, avec minimum de 5 100 kilogrammes, et maximum de 7 200 kilogrammes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans des traverses vieilles (8 ans de service) de trois essences différentes, on a obtenu les valeurs suivantes :

	PIN.	HÊTRE.	CHÊNE.
	kilog.	kilog.	kilog.
Sans trénail	3 000	4 500	3 400
Avec trénail	5 400	6 000	5 500
Augmentation	2 400	1 500	2 100
Augmentation p. 100	80	33	62

Il convient de remarquer que, dans les expériences d'arrachement de tirefonds vissés dans le trénail, c'est souvent le trénail qui se soulève; quand l'effort cesse après un déplacement de 1 ou 2 centimètres, il revient vers sa position primitive, par suite de l'élasticité des bois, et offre encore quelque résistance. Au contraire, un tirefond arraché reste en saillie, sans rentrer

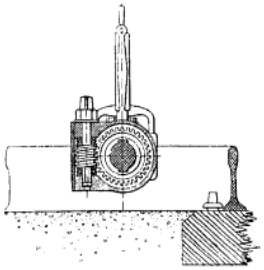


Fig. 19. — Coupe A B.

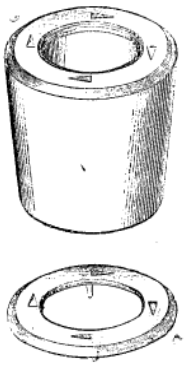


Fig. 21. — Bague conique en bois, avec sa rondelle. — Fig. 22. — Rondelle.

dans son trou, quand la force cesse. On en conclut que si des chocs anormaux viennent, en service, à produire des efforts d'arrachement, le trénail offre un certain avantage, parce que la voie est moins détériorée.

Un dynamomètre, fondé sur le même principe, a été imaginé par M. A. Collet, pour mesurer la résistance des rails au déplacement transversal. Ce dynamomètre (fig. 17, 18 et 19) est une sorte de vérin, qu'on engage entre les deux rails d'une voie ; la rotation de la vis de ce vérin est produite

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

par une vis sans fin qu'on fait tourner à l'aide d'une clef à tirefonds, et qui engrène avec une roue hélicoïdale. L'effort du vérin est transmis par l'intermédiaire d'un piston appuyant sur de la glycérine dont un manomètre indique la pression. L'appareil mesure des efforts de 25 tonnes.

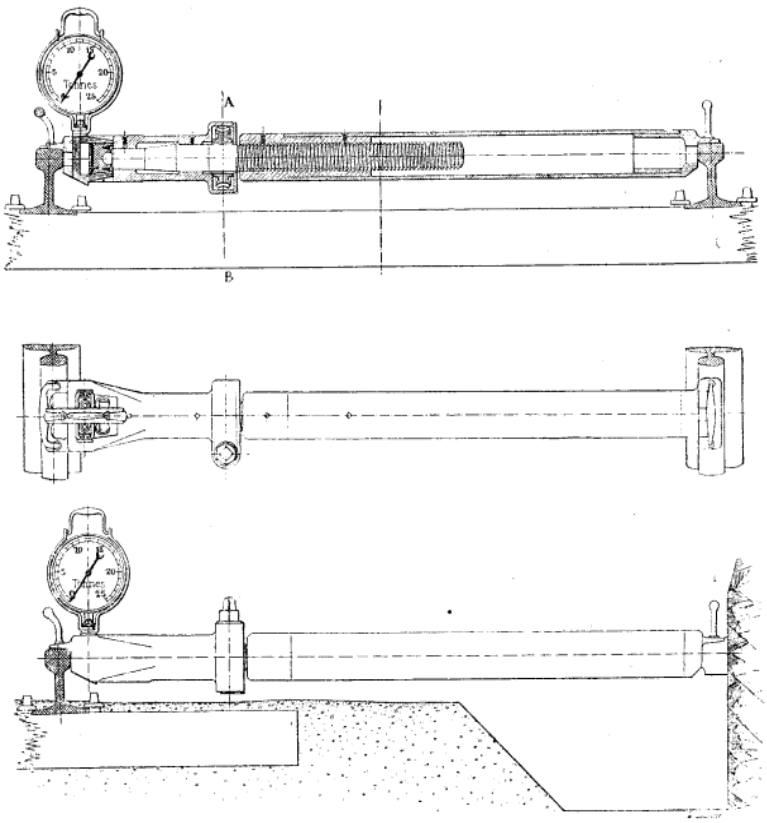


Fig. 17. Coupe longitudinale. — Fig. 18. Plan. — Fig. 20. Élévation.

Fig. 17, 18, 19 et 20. — Dynamomètre hydraulique (système *Albert Collet*) pour mesurer la résistance de la voie dans le sens transversal. Échelle 1/10.

En l'appuyant contre une butée fixe (fig. 20), on peut agir sur un seul rail.

Le poids de cet appareil est inférieur à 100 kilogrammes.

Outre les trénails, M. Collet exécute dans ses ateliers certains accessoires de la pose des voies, notamment des bagues en bois (fig. 21), qui sont parfois employées pour garnir les trous des coussinets, afin d'éviter l'usure de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la fonte et du tirefond (voir fig. 27). Un petit perfectionnement, apporté par M. Collet, consiste à munir la base supérieure de ces bagues d'une rondelle emboutie et munie d'ardillons (fig. 22) qui la fixent sur le bois.

Un *extracteur* (fig. 23, 24, 25 et 26) permet l'enlèvement de ces bagues; cet extracteur est muni de griffes (*c*) qui peuvent pénétrer dans le trou de

Fig. 23 à 25.

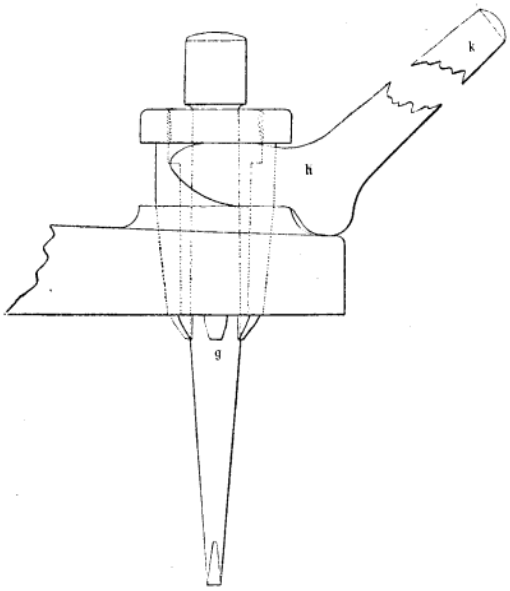


Fig. 26. — Ensemble de l'extracteur.

la bague (*x*), et qu'on écarte avec une broche conique; un levier à fourche, agissant sous le collet (*a*), produit l'arrachement.

Un centreur (fig. 27 à 29) permet le perçage précis des trous avec les coussinets munis de bagues en bois; ce centreur se fixe solidement à la place de la bague, et guide la mèche de perçage.

Les ateliers de M. Collet sont installés dans un chantier de traverses dépendant de la station de Maisons-Alfort du P.-L.-M. Les bâtiments sont légers, et ont un caractère provisoire; néanmoins, ces ateliers présentent certaines particularités intéressantes.

C'est d'abord l'application de la transmission électrique à la commande des diverses machines-outils. Ce mode de commande paraît particulièrement

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

convenir pour des installations sommaires, où les arbres de transmission ne peuvent guère être bien montés ; en outre, en cas de déplacement, les dépenses de réinstallation seraient évidemment moindres avec la commande électrique qu'avec des arbres de transmission.

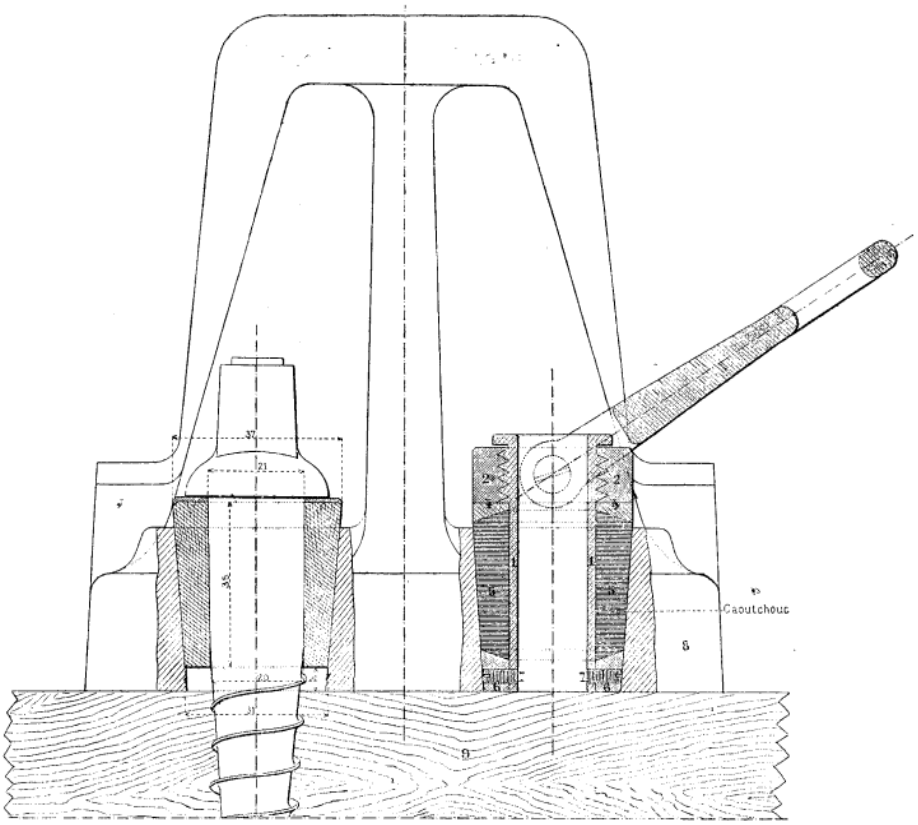


Fig. 27. — Section transversale de la bague. Section transversale de l'appareil centreur.

Fig. 27 et 28. — Appareil centreur pour le perçage des trous dans les traverses.

Le montage des dynamos actionnant les machines-outils est fait d'une manière spéciale qui présente quelque intérêt. Les machines-outils sont installées le long d'une cloison, et les dynamos de l'autre côté de cette cloison, traversée seulement par les courroies de commande. Les dynamos sont ainsi dans une pièce spéciale, non chauffée en hiver, à l'abri des poussières produites par les machines, et faciles à surveiller.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le problème de l'évacuation des copeaux, produits en abondance, est résolu simplement : les outils de tournage sont disposés de manière que le copeau soit naturellement projeté dans une ouverture du bâti du tour, d'où il tombe dans une galerie souterraine.

En résumé, d'une part, le système du trénail appliqué soit pour consolider d'anciennes attaches, soit dans des traverses neuves de bois tendre, présente un sérieux intérêt : la Compagnie P.-L.-M. a déjà commandé plus de trois millions de ces trénails. D'autre part, M. Collet a imaginé une série d'appareils et de dispositions se rattachant à la question de la fixation des rails, remarquables par leur ingéniosité et leur simplicité. Aussi votre Comité vous propose-t-il de remercier M. A. Collet de sa très intéressante communication, et d'insérer au *Bulletin* le présent rapport, avec les figures qui l'accompagnent.

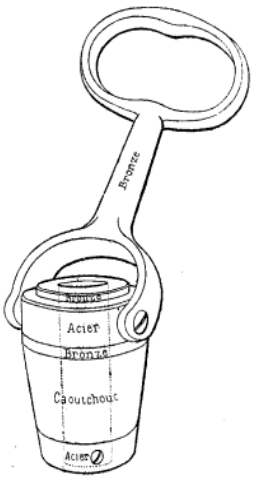


Fig. 28. — Vue du centreur.

NOTA. — La plupart des inventions de M. A. Collet ont été décrites dans la *Revue générale des chemins de fer et des tramways*, savoir :

Note sur la consolidation des attaches dans les traverses de chemins de fer au moyen de trénails (système A. Collet), par M. Cartault (février 1900) ;

Appareils pour mesurer la résistance des tirefonds à l'arrachement, et la résistance de la voie dans le sens transversal, de M. A. Collet (septembre 1899) ;

Groupe électrogène mobile de M. A. Collet (mai 1899) ;

Bagues coniques en bois à rondelle de métal adhérente, pour coussinets de rails (novembre 1892) ;

Appareil extracteur des bagues en bois pour coussinets (janvier 1893) ;

Centreur destiné au sabotage des traverses munies de coussinets à bagues en bois (novembre 1894) ;

Les chevilles en bois de chêne ou de sapin créosoté servant à reboucher les trous de tirefonds, crampons, etc., dans les traverses en service (août 1893).

Signé : E. SAUVAGE, *Rapporteur.*

Lu et approuvé en séance le 9 mai 1900.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS MÉCANIQUES

RAPPORT fait au nom du *Comité des Arts mécaniques* sur les *pompes centrifuges de* **M. F. I. Schabaver**, *pour l'élévation des liquides à de grandes hauteurs.*

L'un des anciens préparateurs du Cours de mécanique du Conservatoire des Arts et Métiers, M. F^is I^ce Schabaver, administrateur délégué de la Société anonyme des ateliers de construction et fonderie de Castres (Tarn), a communiqué à la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale, dont il est lauréat depuis quelques années pour l'ensemble de ses travaux d'hydraulique, une série de documents relatifs aux pompes centrifuges spécialement établies par ses soins et susceptibles de rendements dynamiques satisfaisants pour l'élévation directe des liquides à de grandes hauteurs.

Au nombre de ces documents, figuraient une suite de diagrammes et de tableaux d'expériences tracés ou publiés à diverses époques par la Société castraise, et dont nous reproduisons ci-après quelques chiffres caractéristiques, ainsi qu'une étude descriptive et critique de M. l'ingénieur Gérard Lavergne, dont il nous paraît intéressant de donner aussi quelques extraits :

A. — RÉSUMÉ DE DIAGRAMMES PRODUITS PAR M. SCHABAVER EN CE QUI CONCERNE L'ESSAI DYNAMOMÉTRIQUE DE DIVERS NUMÉROS DE SES POMPES CENTRIFUGES A DE GRANDES HAUTEURS (1).

Type de la pompe.	0 A	1 A	3 A	4 A
Diamètre de son appareil tournant	0^{m},164	0^{m},285	0^{m},415	0^{m},195
Hauteur de refoulement expérimentée	11-38 mèt.	14^{m},5-120 mèt.	32-49 mèt.	21-65 mèt.
Débit en litres par seconde.	1,2-7,8	0,25-31	12-43,5	6,6-31,3
Puissance motrice fournie à la pompe (ch. vap.). . .	1,33-4,66	1,66-37,5	22,25-42	18,2-38,5
Rendement dynamique. . .	20-43 0/0	4-63 0/0	29-53 0/0	30-52 0/0
Débit par seconde et hauteur de refoulement correspondant :				
1° au rendement maximum.	4 lit. à 38 m.	20 lit. à 92 m.	36^{lit},3 à 46 m.	15^{lit},25 à 65 m.
2° au rendement minimum.	1^{lit},2 à 35 m.	0^{lit},20 à 40 m.	12^{lit},5 à 48 m.	31^{lit},3 à 21 m.

(1) Indépendamment de ces diagrammes, M. Schabaver nous a communiqué des tableaux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

B. — Extraits de la notice de M. Gérard Lavergne

« La pompe Schabaver, dite à grandes hauteurs, fonctionne comme une essoreuse à axe horizontal, se vidant sous l'action de la force centrifuge, et

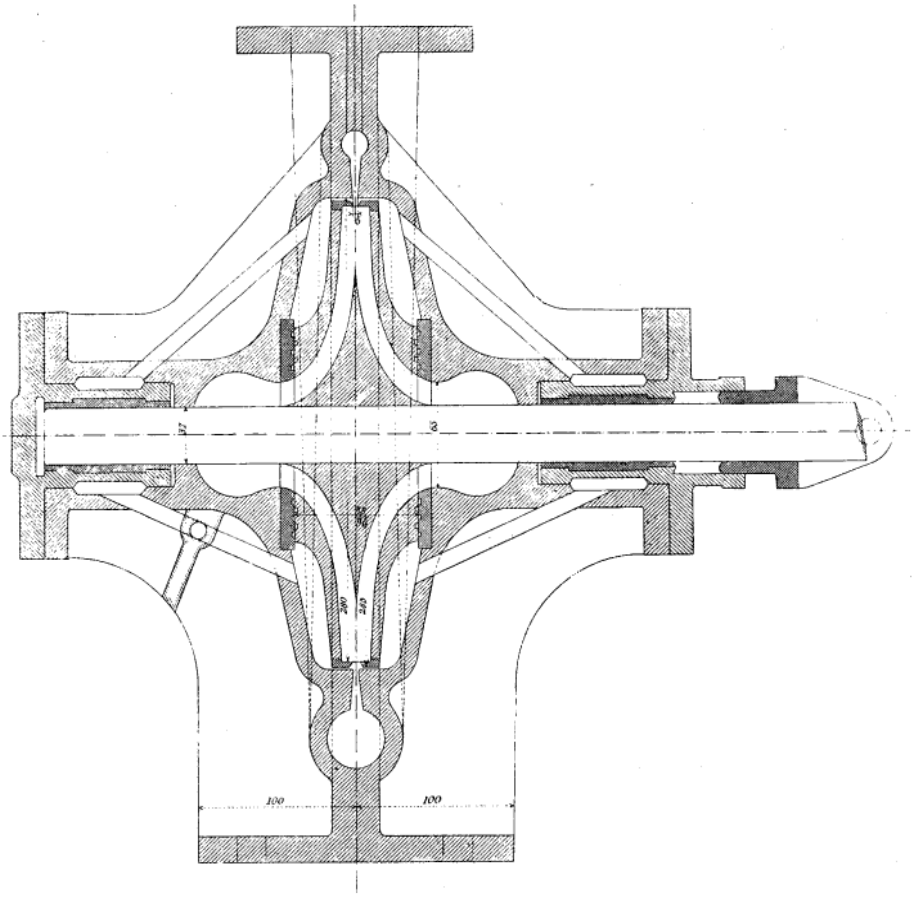


Fig. 1. — Pompe centrifuge *Schabaver* de 285 millimètres de diamètre à l'appareil tournant. Coupe verticale par l'axe de l'arbre.

dont la vitesse tangentielle fait acquérir au liquide la force vive nécessaire à sa transformation en pression suffisante.

détaillés d'expériences, desquels il résulte que la vitesse de rotation des pompes 1 A est d'environ 1 000 et 3000 tours par minute pour des refoulements de 15 et de 120 mètres de hauteur, et que celle des pompes 3 A atteint à peu près 1 300 tours par minute pour l'élévation à 50 mètres de hauteur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« Les parois de l'appareil tournant y sont écartées (voir fig. 1 et 2) de façon convenable pour que, avec le débit prévu, la vitesse de circulation de l'eau ne dépasse guère 1 mètre par seconde, et les aubes qui leur sont

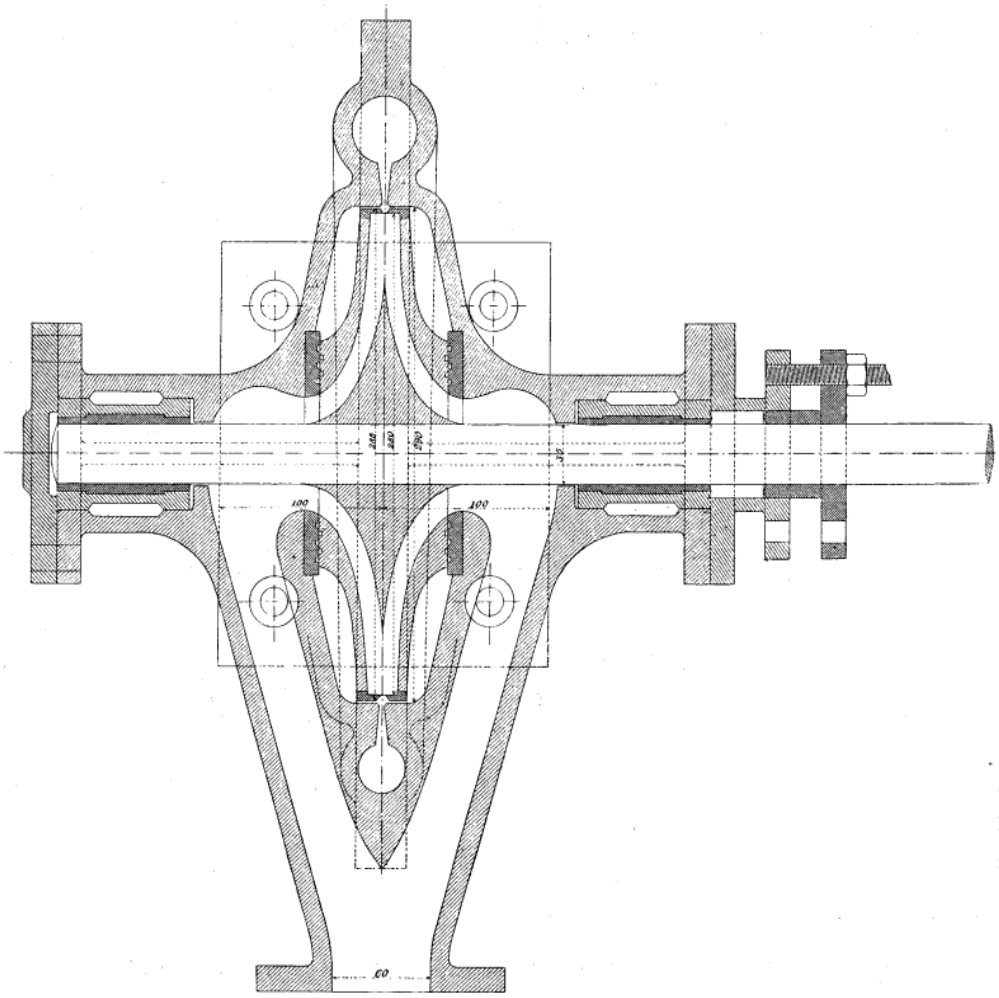


Fig. 2. — Pompe centrifuge *Schabaver* de 285 millimètres de diamètre à l'appareil tournant. Coupe horizontale par l'axe de l'arbre.

perpendiculaires (voir fig. 3) sont d'ailleurs incurvées, le premier élément de leur section, près du noyau, faisant un angle de 45° avec le rayon, tandis que le dernier est normal à la circonférence extérieure.

« L'eau sort de cet appareil par une frette dans laquelle on a ménagé

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

une fente en mince paroi (voir fig. 1 et 2). D'une façon générale, en effet, les divers ajutages plus ou moins longs, plus ou moins coniques, qu'on aurait pu employer, auraient fait subir aux filets liquides des frottements proportionnels à leur longueur même; or, c'est avec l'orifice en mince paroi que cette longueur est réduite à son minimum. D'un autre côté,

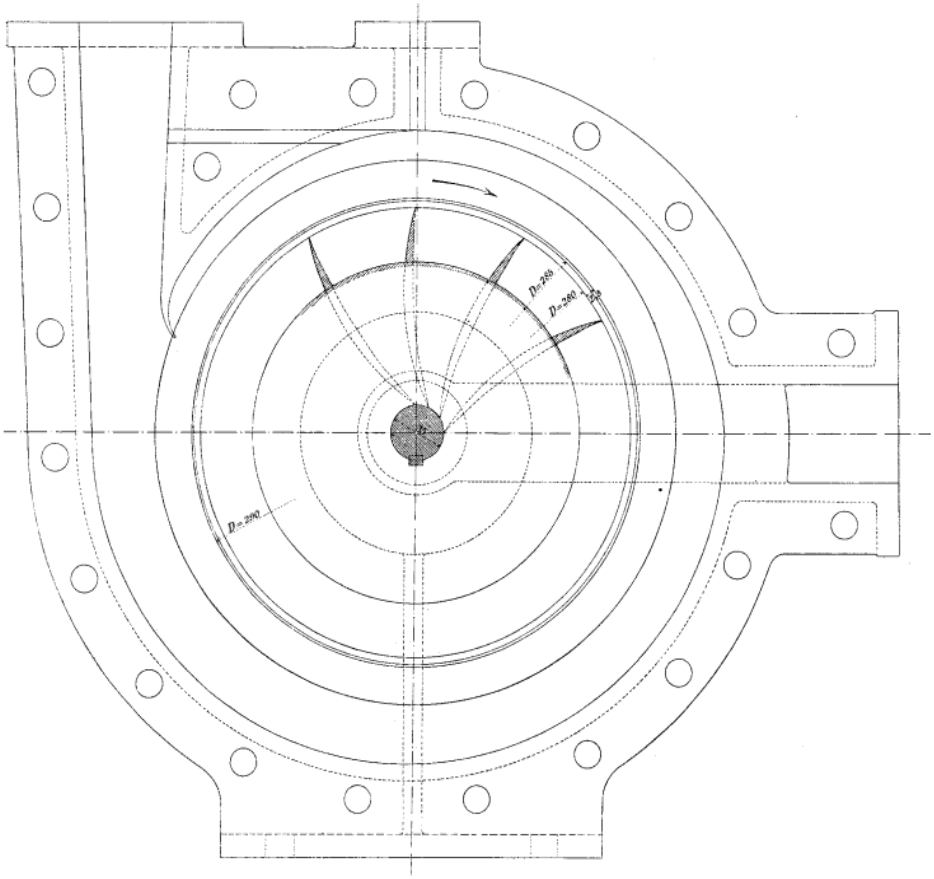


Fig. 3. — Pompe centrifuge *Schabaver* de 285 millimètres à l'appareil tournant. Vue par le joint.

l'orifice en mince paroi est de construction facile, de dimensions toujours comparables d'un cas à un autre, de sorte qu'il suffit, dans le calcul des éléments de la pompe, de prévoir pour cet orifice une section égale à celle qui est théoriquement nécessaire pour assurer le débit (à la vitesse correspondant à la hauteur d'élévation de l'eau) multipliée par $\frac{1}{0,65}$ (0,65 étant la valeur admise pour le coefficient de contraction).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« A leur sortie de la roue, les filets liquides arrivent dans un éjecteur circulaire, dont les parois, inclinés à 6°, se raccordent (voir fig. 1 et 2) avec le conduit spiriforme (voir fig. 3) qui entoure l'appareil tournant. Ce conduit a, du reste, une section progressivement croissante, depuis le point où il naît jusqu'à celui où son rôle de collecteur est achevé : il a, alors, fait le tour de la pompe (voir fig. 3), et il s'en détache tangentiellement pour devenir tuyau d'élévation.

« M. Schabaver avait un moment pensé à garnir l'éjecteur d'aubages, pour diminuer les chocs entre l'eau arrivant de la roue et celle qui est déjà dans le collecteur; mais il y a renoncé, parce que l'inclinaison de ces aubages aurait dû, pour bien remplir le but cherché, varier avec chaque vitesse de la pompe.

« En revanche, il a parfois disposé à l'entrée de la roue un distributeur destiné à assurer aux filets liquides la direction la plus convenable pour leur éviter les chocs et les pertes de force vive, comme on le fait toujours avec la turbine.

« Quatre des numéros de la série que fabriquent, d'après le système spécial de M. Schabaver, les ateliers de construction et fonderie de Castres, numéros différenciés par le diamètre de l'appareil tournant et par celui de l'orifice (c'est-à-dire des tuyaux d'aspiration et de refoulement) ont été expérimentés, savoir :

Numéros.	Diamètre de l'appareil tournant.	Diamètre de l'orifice.
0 A.	0,164	0,040
1 A.	0,285	0,060
3 A.	0,415	0,100
4 A.	0,195	0,125

« Les résultats trouvés ont été consignés sur les graphiques (fig. 4 à 7) donnant les courbes des rendements en fonction des débits et en fonction des travaux en eau montée. Les cotes placées près de certains points de ces graphiques sont celles des hauteurs d'élévation.

« L'examen de ces courbes montre que le rendement augmente avec le débit jusqu'au moment où il passe par un maximum devant naturellement correspondre au débit pour lequel la pompe a été calculée. A partir de ce débit, le rendement diminue; mais, au voisinage du maximum, la courbe est très voisine de sa tangente horizontale, sur une grande longueur, de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

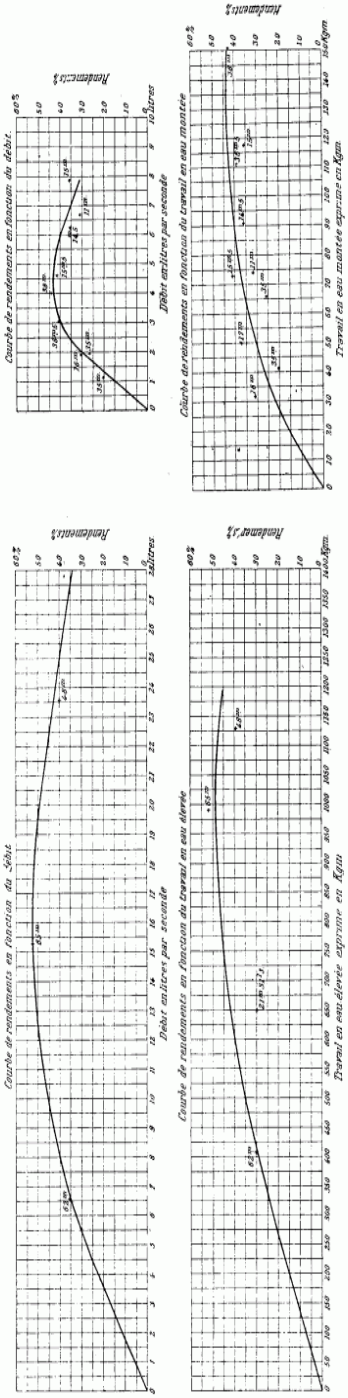


Fig. 4. — Pompe n° 1 A. Diamètre de l'appareil tournant, 0m,195.

Fig. 5. — Pompe n° 0 A.
Diamètre de l'appareil tournant, 0m,464.

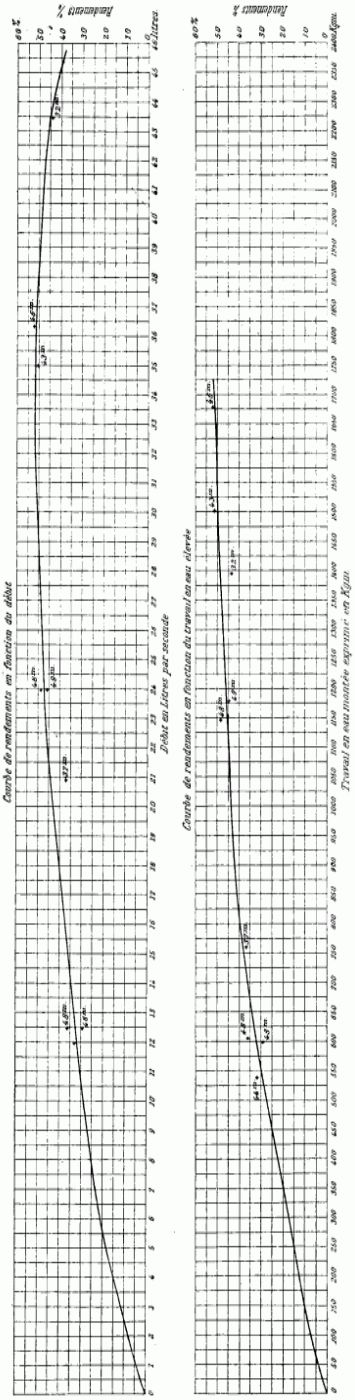


Fig. 6. — Pompe n° 3 A. Diamètre de l'appareil tournant, 0m,415.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sorte que le débit peut varier dans d'assez larges proportions, de part et d'autre de sa valeur normale, sans que le rendement en soit sérieusement affecté.

« Le rendement n'est pas lié non plus à la hauteur d'élévation de façon aussi étroite qu'on le pensait jusqu'ici, où on le regardait comme devant décroître fort vite dès que cette hauteur dépassait 15 ou 20 mètres. Le graphique de la pompe OA nous montre, en effet, que le rendement est le même (42 p. 100 environ) quand cette pompe élève 4 litres à 38 mètres ou $4^{lit},50$ à $15^{m},50$, et cela malgré plusieurs causes de perte de force dont l'influence croît évidemment avec la hauteur d'élévation, notamment le frottement

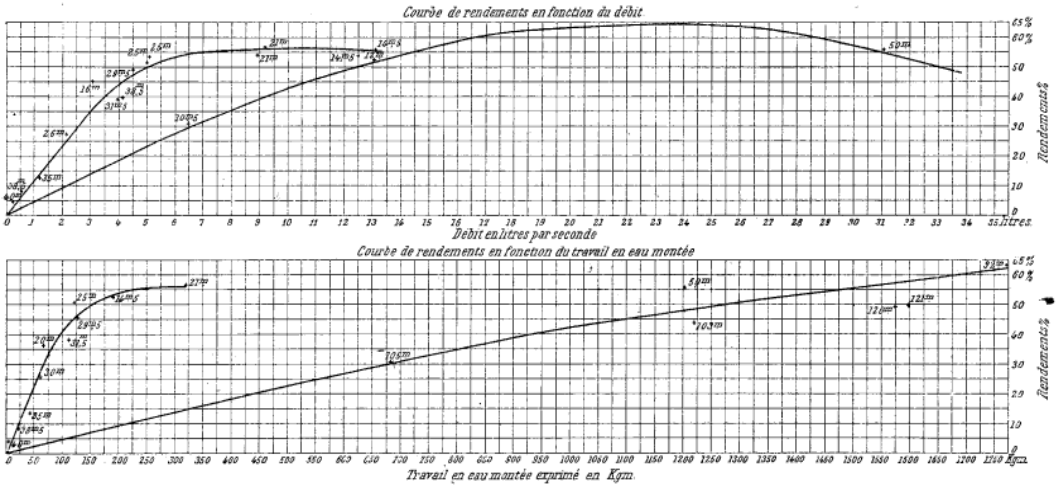


Fig. 7. — Pompe n° 1 A. Diamètre de l'appareil tournant, 285 millimètres.

des tourillons dans leurs paliers, qui augmente avec la vitesse de rotation de la pompe; le glissement des courroies sur leurs poulies, qui augmente avec leur vitesse linéaire; les chocs du liquide sortant de la roue contre celui qui est déjà dans le collecteur, puisque, le débit restant à peu près le même dans les deux cas, l'eau conserve la même vitesse dans ce conduit, tandis que la résultante des vitesses radiale et tangentielle croît avec la hauteur d'élévation.

« Les expériences montrent, en outre, que le rendement de ces pompes est très élevé. Il le serait davantage si ces appareils étaient actionnés directement par des dynamos, comme cela est possible par suite de leurs grandes vitesses de rotation : la suppression ainsi obtenue du travail absorbé par les transmissions a donné une plus-value de 7 à 8 p. 100.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« Avec des rendements aussi élevés, même aux grandes hauteurs, la conjugaison des pompes devient inutile.

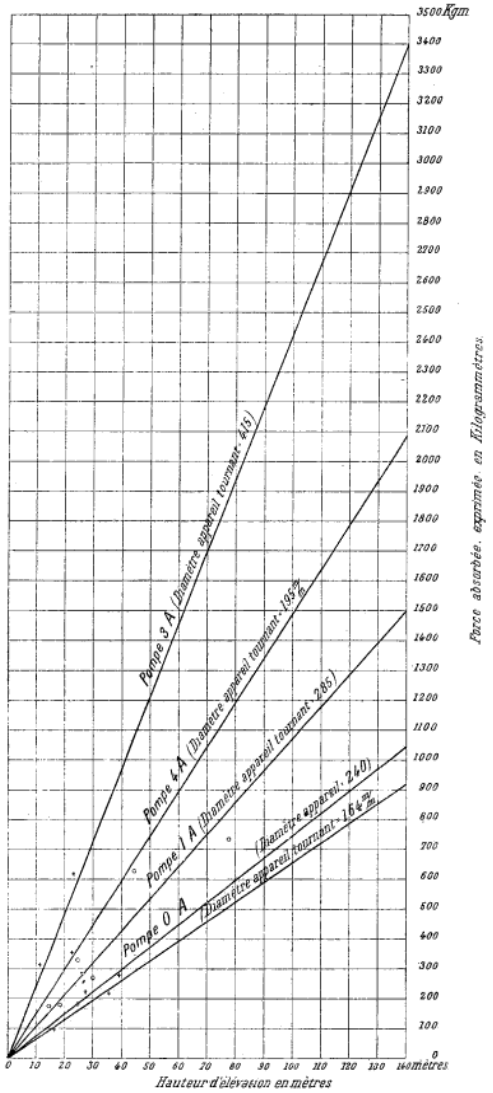


Fig. 8. — Travail des différentes pompes sans débit (disque plein) et à différentes hauteurs manométriques.

« Du reste, M. Schabaver ne voit d'autre limite à la hauteur d'élévation que la résistance de l'appareil tournant à la vitesse tangentielle de marche : une pompe tournant à 5 000 tours par minute refoulerait l'eau à 300 mètres. »

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En présence de cet ensemble d'indications, votre Comité des Arts mécaniques estima qu'il y avait lieu de procéder en son nom à l'examen comme à l'essai dynamométrique de l'un des appareils en cause et me fit l'honneur de m'en confier la mission.

C'est ainsi que j'eus à me rendre il y a quelques mois à Castres, où j'adoptai pour la seconde de ces opérations, après entente avec M. Schabaver et avec le plus empressé concours de ses collaborateurs et de son personnel très exercé, un mode expérimental basé d'une part (voir fig. 9 et 10) sur l'emploi de tarages au frein et de diagrammes d'indicateur pour la détermination de la force motrice, et, d'autre part (voir fig. 11 et 12), sur celui de jaugeages directs à la bascule pour la mesure du poids de l'eau montée dans les divers essais, dont nous donnons ci-après le tableau récapitulatif :

RÉSUMÉ DES DONNÉES EXPÉRIMENTALES DE FONCTIONNEMENT D'UNE POMPE CENTRIFUGE SCHABAVER DU TYPE 1A POUR L'ÉLÉVATION DE L'EAU A GRANDES HAUTEURS.

Essais des 4 et 5 septembre 1899.

Nombre de tours de la pompe par minute et débit en litres par seconde.		Débit par tour de pompe.	Hauteur d'élévation y compris l'aspiration a :		Puissance motrice nécessaire sur le renvoi de mise en marche.	Travail en eau montée.	Rendement dynamique de la pompe.
tours.	litres.	litres.	mètres.	mètres.	chev. v.	chev. v.	p. 100.
1 290	14,63	0,69	22	$a = 0,30$	8,6	4,2	49,0
1 250	12,46	0,59	20	4,30	6,9	3,3	48,0
1 878	8,16	0,26	42	0,30	12,7	4,5	35,7
1 886	23,60	0,75	50	1,50	26,2	15,8	60,4
1 912	22,04	0,69	49	4,10	26,0	14,4	55,1
2 468	18,36	0,45	80	0,75	41,0	19,7	47,9
2 479	17,36	0,42	83	4,10	43,0	19,2	44,6
2 700	12,20	0,27	95	0	40,75	15,5	38,0
2 822	12,15	0,26	103	4,10	48,5	16,6	34,2
			Essais-limites.				
1 312	6,31	0,29	12	$a = 8,10$	6,3	1,0	15,8
2 012	8,08	0,23	15	8,16	13,9	1,6	11,4
2 560	6,9	0,16	21	8,16	27,3	1,9	6,9
2 710	6,38	0,14	43	8,16	45,5	3,7	8,1

Ainsi qu'on le remarquera, les hauteurs de refoulement pour lesquelles nous avons opéré sont approximativement comprises entre 20 et 100 mètres, et l'évaluation nous en a été rendue facile pour chaque essai en substituant à l'élévation directe et complète du liquide une compression appropriée

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dont un manomètre métallique fournissait la mesure (voir fig. 11 et 12).

Les hauteurs d'aspiration, déterminées par étranglement de la conduite alimentaire et appréciées (voir fig. 11) à l'aide d'un indicateur du vide, ont elles-mêmes généralement varié entre 0 mètre et 4 mètres environ.

La puissance motrice correspondante fournie à la pompe a été de 7 à 49 chevaux-vapeur suivant les cas, — dans les limites mêmes de l'énergie

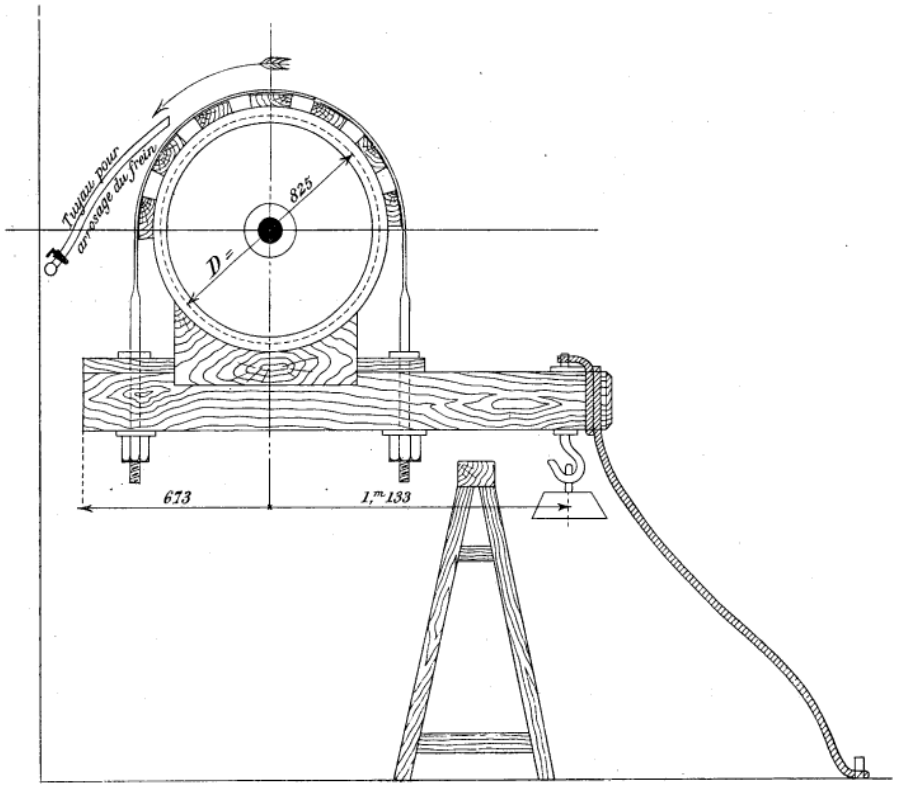


Fig. 9. — Essai d'une pompe centrifuge *Schabaver*. Installation du frein de *Prony*. (Élévation.)

à notre disposition, et le débit de l'appareil a varié de 500 à 1 400 litres par minute, soit d'à peu près 8 litres à 24 litres par seconde.

Comme il était facile de le présumer, la vitesse de rotation de la pompe a dû être d'autant plus grande que la hauteur de refoulement à vaincre était plus considérable : ses minimum et maximum au cours des essais ont respectivement été de 1 250 et 2 800 tours par minute.

Quant au rendement dynamique de l'engin, — calculé par la compa-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

raison du travail en eau montée et de la puissance motrice mesurée sur le renvoi de mise en marche, — on voit qu'il s'est placé entre 34 et 60 et demi pour cent, avec maximum pour le débit par seconde en vue duquel l'appareil avait été spécialement construit, et ses variations, dans toute leur étendue, se sont trouvées suivre les variations mêmes de la quantité

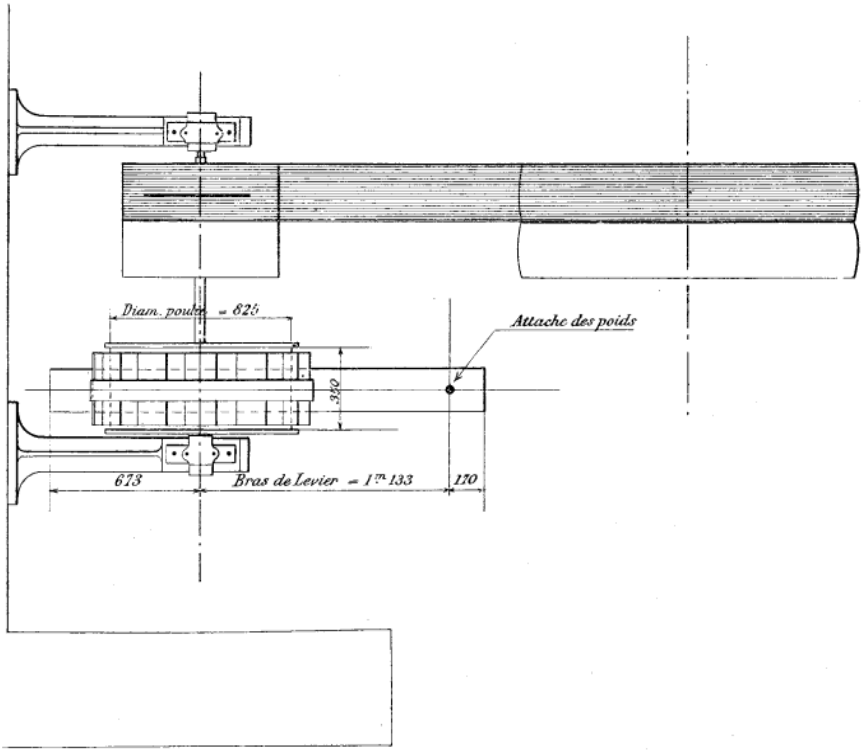


Fig. 10. — Essai d'une pompe centrifuge *Schabaver*. Installation du frein de *Prony*. Plan.

d'eau élevée par tour de pompe. Toutes autres choses égales, ce rendement a été un peu plus considérable pour les faibles hauteurs d'aspiration.

Quelques-unes des expériences ont porté sur des aspirations de 8 mètres avec refoulement à 4, 7, 13 et 35 mètres environ au-dessus du sol, et, dans ces essais-limites, les rendements ont varié de 7 à 16 p. 100, donnant lieu très sensiblement du reste aux mêmes observations que ci-dessus en ce qui concerne la correspondance des vitesses de l'appareil et des hauteurs de refoulement, ainsi que la corrélation du rendement dynamique et du débit par tour de pompe.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans deux épreuves enfin que nous ne mentionnons ici qu'à titre qualitatif, nous avons constaté l'annulation du débit pour des hauteurs d'environ

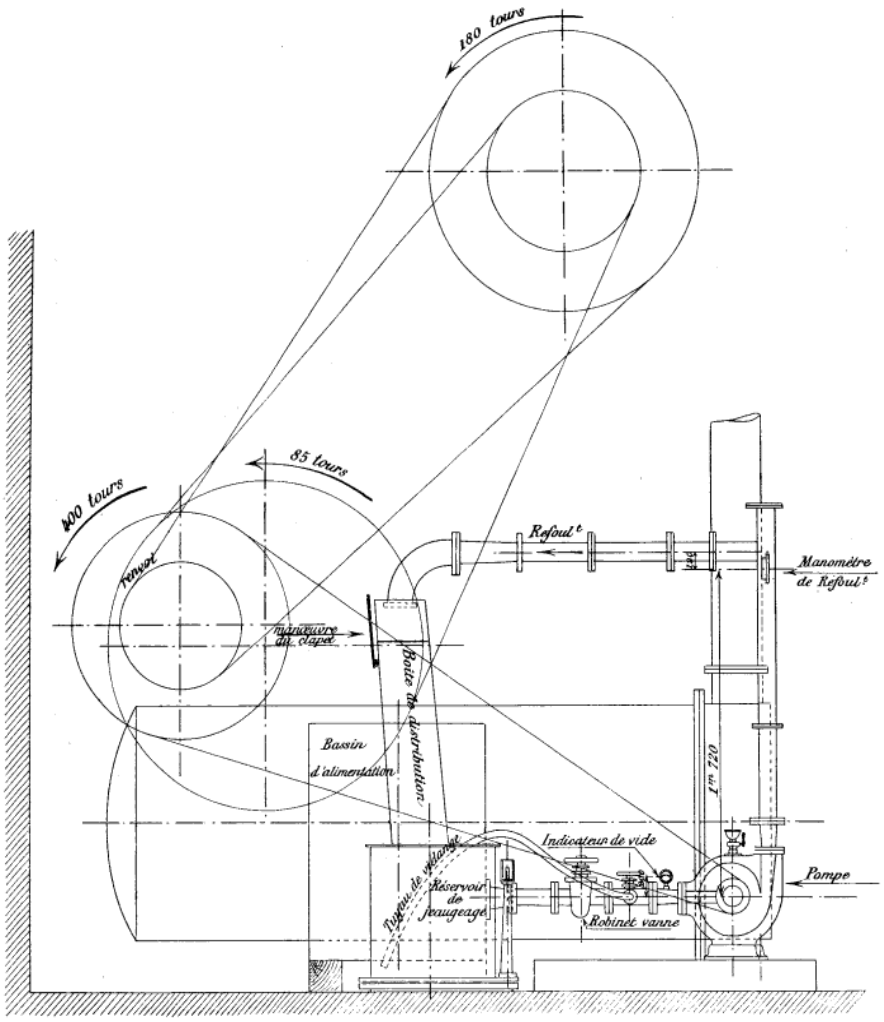


Fig. 11. — Essai d'une pompe centrifuge *Schabaver*. Schéma de l'installation. (Élévation.)

9 mètres et $8^{m},20$ d'aspiration : il s'était produit, croyons-nous, une légère rentrée d'air lors du dernier de ces essais.

Ces diverses considérations, jointes à celles que nous avons reproduites

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plus haut en les extrayant de l'étude très documentée de M. Gérard Lavergne,

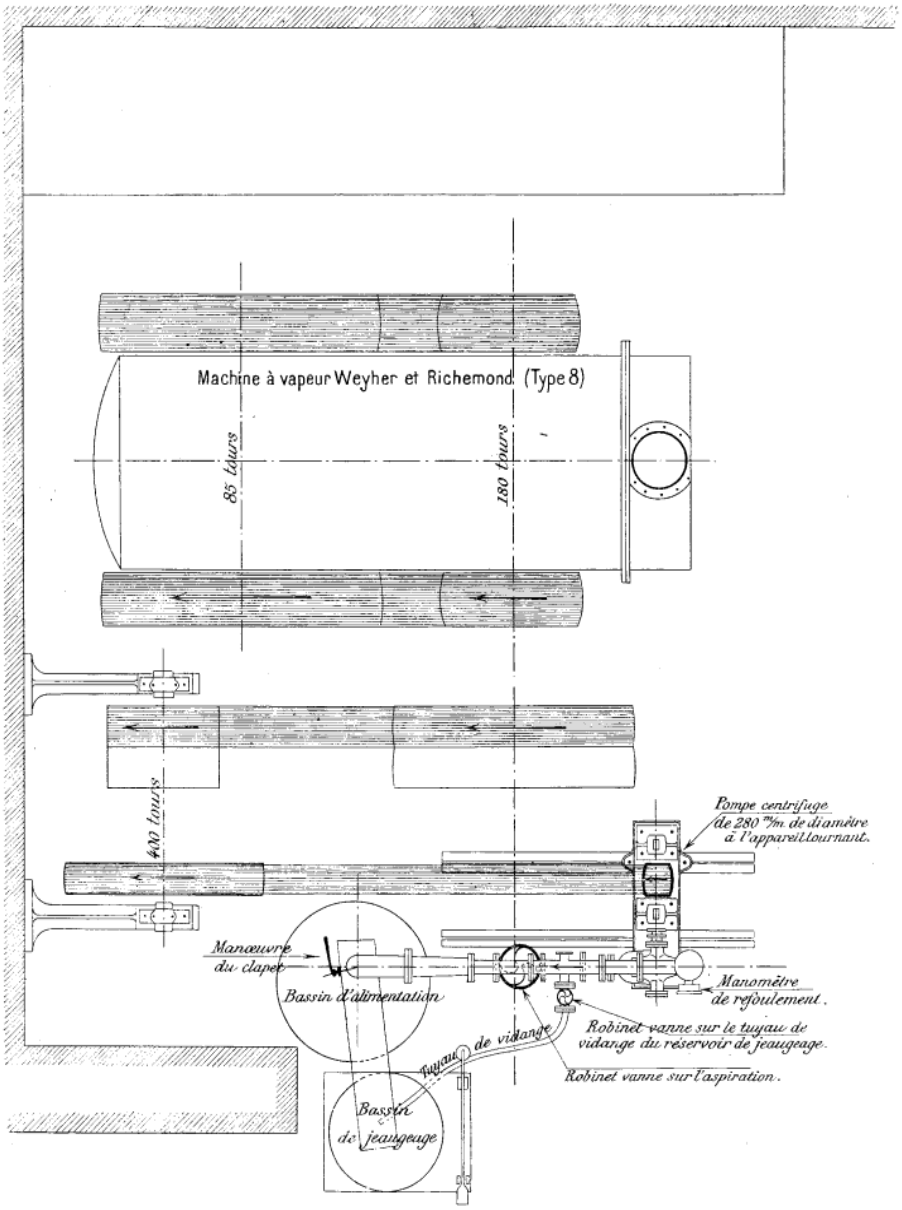


Fig. 12. — Essai d'une pompe centrifuge *Schabaver*. Schéma de l'installation. (Plan.)

nous paraissent permettre de conclure que les pompes centrifuges système

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Schabaver pour l'élévation directe des liquides à de grandes hauteurs se prêtent à un rendement dynamique relativement élevé.

Adoptés déjà en nombre assez notable dans le midi de la France et dans la région de Paris, ces appareils se recommandent par leur faible volume et leur facilité d'installation comme par la régularité de leur marche et la modération de leur prix, eu égard au travail qu'ils produisent. Leur inventeur enfin, après nous avoir mis à même de constater ces diverses qualités de ses pompes, nous a donné communication d'une série de certificats élogieux de leur sûreté de fonctionnement.

La Société d'Encouragement se trouve donc, à notre avis, en présence de l'œuvre d'un mécanicien distingué et d'un hydraulicien de grand mérite, et nous avons l'honneur de vous proposer, en conséquence, de voter l'insertion du présent Rapport au *Bulletin* avec les figures et légendes qui l'accompagnent, et de remercier M. Schabaver de son intéressante communication, tout en le félicitant de sa persévérante étude des progrès de l'une des branches les plus importantes de la mécanique industrielle.

Signé : Léon Masson, *Rapporteur.*

Lu et approuvé en séance, le 9 mai 1900.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MÉTALLURGIE

SUR LA STRUCTURE CRISTALLINE DES MÉTAUX, par **J. A. Ewing** et **W. Rosenhain**.

Le professeur Ewing a publié récemment un important travail de métallographie microscopique. Bien qu'il en ait déjà été fait mention dans le *Bulletin* de la Société d'Encouragement (1), nous croyons devoir revenir sur ce mémoire en raison de la nouveauté et de l'intérêt pratique de quelques-uns des résultats obtenus. Le mécanisme intime de la déformation des métaux y est étudié dans tous ses détails; la technique de la métallographie est, par la même occasion, enrichie de quelques méthodes nouvelles qui trouveront dans l'avenir fréquemment leur emploi. Enfin, la cristallisation des métaux est mise en évidence par des caractères d'un réel intérêt théorique.

Technique de la métallographie. — L'examen microscopique des métaux exige l'obtention préalable d'une surface parfaitement polie. Dans le cas des métaux durs il n'y a là aucune difficulté, il suffit d'un peu de soin. Il en va tout autrement des métaux mous; l'étain, le plomb sont presque impossibles à polir. Pour ces métaux les auteurs emploient l'artifice suivant, excellent, si l'on en juge par la perfection des photographies jointes au mémoire.

Les métaux mous comme le plomb, le zinc, l'étain, sont coulés sur une surface unie : une glace, de l'acier poli, où on les laisse se solidifier. Le plus souvent, c'est le verre qui a été employé; malgré des ruptures fréquentes on arrive sans trop de difficulté à obtenir de très bonnes préparations. Cette méthode ne convient que pour les métaux qui ne s'oxydent pas encore notablement à leur point de fusion. Aux trois métaux cités plus haut on peut ajouter le bismuth, le cadmium, les alliages fusibles et, en employant une surface d'acier poli, l'or, l'argent.

Dans le cas du plomb, une autre méthode peut encore être employée. Une section fraîchement faite dans le métal est appliquée sur une glace et fortement pressée; on obtient ainsi de très belles surfaces.

Les surfaces obtenues par fusion montrent généralement d'une façon très nette les contours des grains sans l'intervention d'aucune attaque chimique; c'est le cas par exemple du cadmium (fig. 1), du plomb, de l'étain et du zinc.

(1) *Bulletin de la Société d'Encouragement.* Juin 1899, p. 893.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans quelques circonstances, les contours sont accentués de façon à constituer de véritables canaux; il semble que le gaz pris entre le métal et le verre, ou se dégageant du métal fondu pendant sa solidification tendent à s'accumuler vers ces contours, où la solidification s'achève en dernier. La figure (2) montre l'aspect d'une surface de cadmium coulé sur du verre, dans les conditions de température les plus favorables à la production de ces canaux.

Il arrive quelquefois, surtout avec le cadmium, de rencontrer des systèmes de contours polygonaux, de forme et dimension comparable, mais d'aspect très

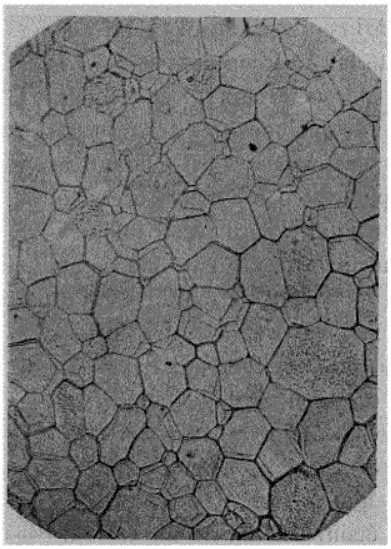


Fig. 1. — Cadmium grossissement 100.

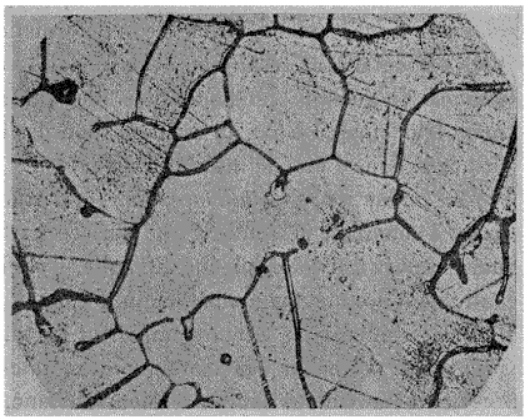


Fig. 2. — Cadmium × 100.

nettement différent et ne semblant présenter aucune relation entre eux. L'aspect est semblable à celui que donnerait un corps transparent dans lequel on verrait simultanément, mais d'une façon un peu vague, des contours intérieurs. En réalité, ces contours supplémentaires sont en relief, au lieu d'être légèrement creusés comme les autres. En attaquant la surface par un réactif approprié, on reconnaît facilement que l'aspect des grains en lumière oblique ne change qu'en traversant les contours en creux; ce sont donc eux seuls qui délimitent les individus cristallins constituant chaque grain. On peut donner, de ce phénomène, une explication semblable à celle des miroirs magiques japonais. La solidification des couches successives parallèles à la surface se fait avec des vitesses inégales; il peut en résulter des tensions internes capables de refouler des lignes parallèles aux arêtes internes des grains superposés à ces premiers.

Cristallisation des métaux. — M. Osmond et M. Stead ont montré que, dans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

un métal fondu, tous les points d'un même grain, d'une même cellule ont la même orientation, c'est-à-dire constituent un même individu cristallin. L'examen des surfaces obtenues par coulage sur verre donne une preuve absolument décisive de cette cristallisation identiquement orientée dans toute l'étendue d'un même grain. Souvent la surface en contact avec le verre est criblée de petits trous dont la nature réelle ne se reconnaît qu'avec de très forts grossissements : 1 000 diamètres et plus. Ils sont limités par des surfaces géométriques polyèdres leur donnant l'apparence de moules de cristaux à facettes planes; ce sont des cristaux négatifs. Ils résultent sans doute de la présence de petites bulles d'air

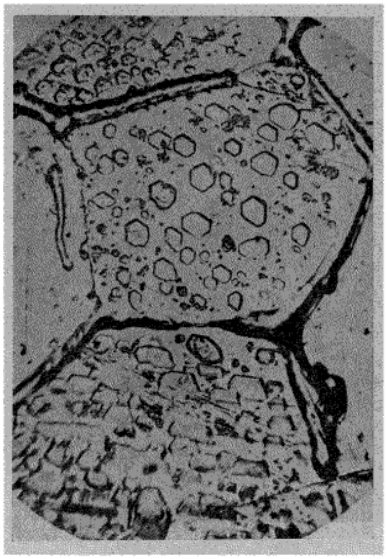


Fig. 3. — Cadmium × 1 000.

Fig. 4. — Cadmium × 4 200.

qui, au moment de la solidification, ont pris une forme géométrique. Ces figures sont semblables entre elles et semblablement orientées dans toute l'étendue d'un même grain. Dans le cas du cadmium (fig. 3 et fig. 4) les contours présentent des sections d'un prisme hexagonal à bases parallèles. Dans le cas fréquent où l'axe du prisme est perpendiculaire à la surface de refroidissement, ce sont des hexagones. Ces cavités présentent les plus grandes analogies avec les figures de corrosion que l'on obtient en traitant par des acides faibles les faces, ou les plans de clivage, de certains minéraux cristallisés, par exemple de la calcite.

On peut, mais plus difficilement, dans le cas des métaux produire artificiellement par les acides des figures de corrosion semblables. La figure 11 montre des cubes creusés dans le fer doux.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Déformation des métaux. — Quand on déforme un métal par un effort mécanique quelconque, après avoir poli une de ses surfaces terminales on observe que les grains sont striés de fines lignes noires. Elles n'apparaissent pas, aussi longtemps que la limite élastique n'a pas été dépassée, et elles augmentent en nombre à mesure que la déformation devient plus considérable. Ces lignes sont sensiblement rectilignes et parallèles à un certain nombre de directions qui restent les mêmes dans toute l'étendue d'un grain, mais varient d'un grain à l'autre. Voir les figures 5, 6, 7, 8.

Les lignes qui apparaissent au début de la déformation sont parallèles à une

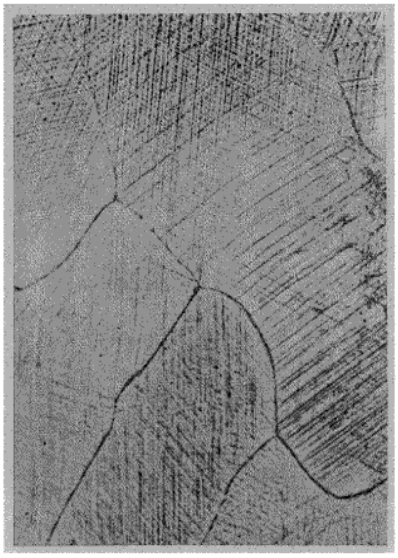


Fig. 5. — Plomb, 100.

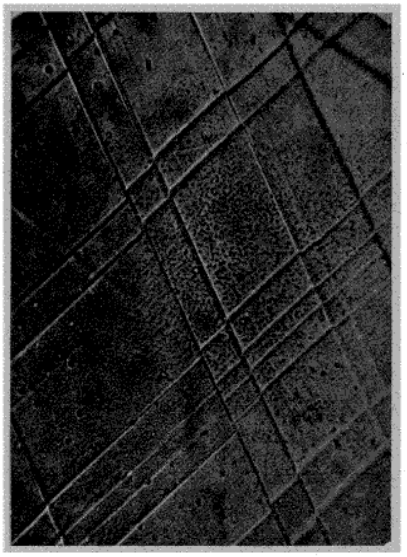


Fig. 6. — Plomb, 1 000.

seule direction approximativement perpendiculaire à celle de l'effort; la déformation continuant, on aperçoit dans d'autres grains des lignes inclinées sur les précédentes; enfin, pour une déformation plus grande encore, on voit sur un même grain des lignes se croisant dans deux, trois, et même quatre directions différentes. La figure 12 donne un exemple caractéristique de croisements semblables sur un échantillon de fer de Suède.

Ces lignes ne correspondent à aucune modification dans la nature du métal, car elles ne reparaissent pas quand, après les avoir fait disparaître par le polissage, on attaque le métal par un réactif chimique. Elles résultent seulement de dénivellations dans la surface du métal.

On reconnaît l'existence de ces dénivellations en éclairant la surface obliquement, un certain nombre de grains seulement renvoient la lumière suivant

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'axe du microscope, et paraissent éclairés. Il faut, pour cela, que la source lumineuse soit contenue dans le plan passant par l'axe du microscope perpendiculairement à la direction de ces stries. Les apparences sont exactement les mêmes que lorsque l'on attaque un peu profondément le métal par un acide. Dans les deux cas, on met en évidence les surfaces de clivage du métal orientées parallèlement dans un même grain; le mécanisme seul qui les met en évidence n'est pas le même. Avec l'acide, ces surfaces apparaissent par dénudation; sous l'action d'une déformation, elles apparaissent par dénivellation, en s'élevant au-dessus de la surface polie comme des cartes que l'on ferait glisser dans un jeu.

Si cette interprétation de la formation des stries est exacte, leur direction doit être en relation avec celle des éléments cristallins des grains, c'est-à-dire

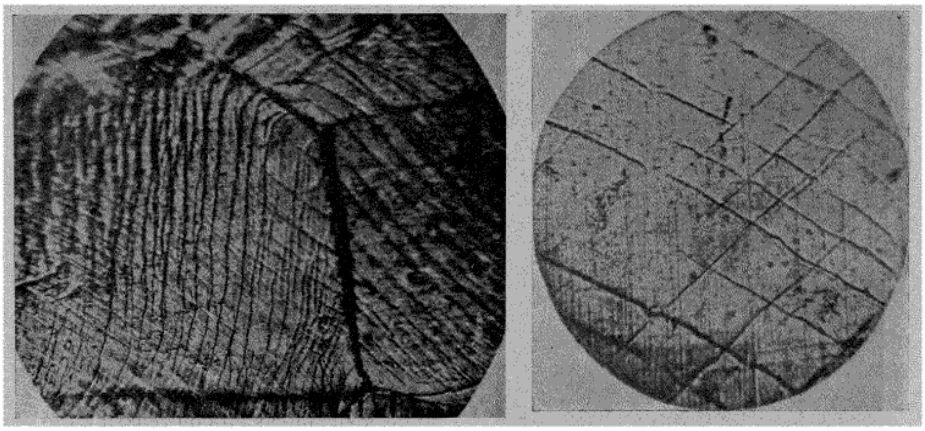


Fig. 7. — Fer 400.

Fig. 8. — Argent 750.

avec les cavités à contours géométriques que l'on y rencontre parfois. Cela est très net dans le cas du calcium, comme le montre la figure 9. Les stries de déformation sont parallèles à l'un des côtés des hexagones.

Une autre conséquence plus importante encore de ce mode de déformation est qu'il n'amène pas de changement dans l'orientation cristalline des différentes portions d'un même grain, puisqu'elles se déplacent toutes, en restant parallèles à elles-mêmes. Il est facile de vérifier sur un morceau de fer déformé à froid, dont les grains auront été considérablement allongés, que chaque grain reste uniformément orienté dans toute son étendue. Pour cela, après avoir une première fois déformé le métal, on le polit et on l'attaque pour mettre en évidence les contours des grains, puis on lui fait subir une nouvelle déformation. Les stries restent parallèles à l'intérieur de chacun des grains, comme s'il n'y avait pas eu de déformation antérieure.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ou bien encore, en attaquant profondément une surface polie préparée à la suite d'une déformation, et l'éclairant en lumière oblique, on reconnaît, comme le montre la figure 10, que l'éclairement est uniforme dans l'étendue de chaque grain. Les plans de clivage mis à nu par l'acide sont restés parallèles dans l'étendue de chaque grain.

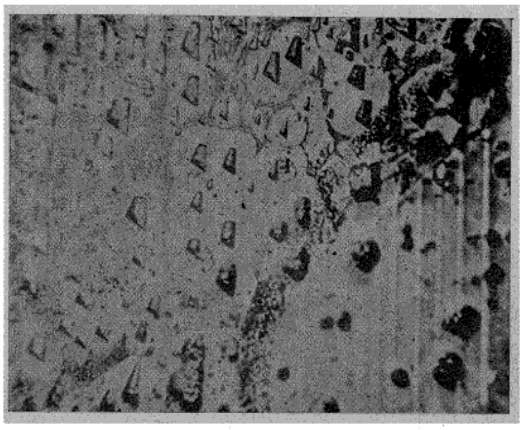


Fig. 9. — Cadmium × 1 000.

Fig. 10. — Fer × 45.

Fig. 11. — Fer × 1 000.

Enfin, dans le cas où l'on réussit à obtenir des figures de corrosion à contours géométriques, elles sont aussi nettes sur le métal préalablement déformé à froid que sur le métal initial et, de plus, les stries de déformation sont, dans les deux cas aussi, parallèles à l'un des côtés du contour de la figure de corrosion. On le voit très nettement sur la figure 11, qui représente un fer de Suède traité après un premier laminage à froid.

Cependant, ce parallélisme ne se conserve pas dans tous les métaux comme dans le fer. Il arrive souvent que la déformation est accompagnée d'une rotation angulaire de chacun des éléments déplacés, qui tournent tous d'un même angle, de sorte qu'après cette rotation, un cer-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tain nombre des éléments sont encore parallèles entre eux, mais ne le sont plus à d'autres éléments qui ont conservé leur orientation première. Les grains sont alors maclés, c'est-à-dire constitués par la juxtaposition d'une série de bandes dont les éléments constitutifs sont orientés parallèlement à deux directions différentes. Le phénomène, quant à son mode de production et à son résultat, est identique à celui que l'on produit sur un cristal de calcite en attaquant perpendiculairement une de ses arêtes avec une lame de canif; c'est ce que l'on appelle la macle de Baumhauer.

Ces macles se rencontrent dans les métaux suivants : cuivre, or, argent,

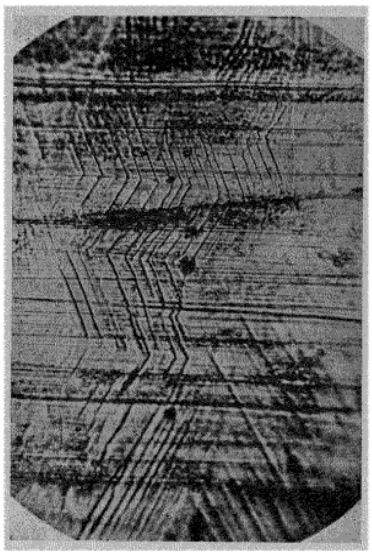


Fig. 12. — Cuivre × 1 000.

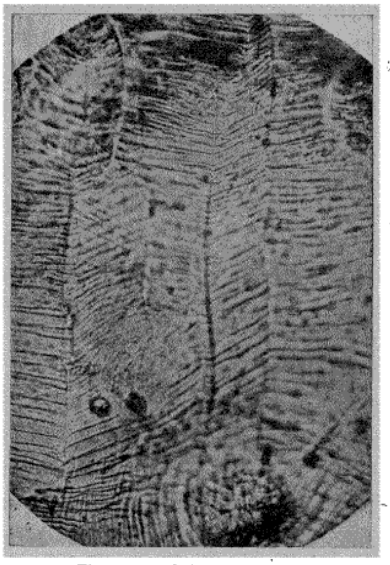


Fig. 13. — Cuivre × 1 000.

plomb, cadmium, étain, zinc et nickel. On constate facilement leur existence en développant les stries de déformation sur une surface préalablement polie et attaquée pour mettre en évidence les contours des grains. On voit certains grains divisés en bandes de clivage caractérisées par un changement brusque dans la direction des stries. Quand il y a dans un grain plusieurs bandes semblables, la structure est périodique, les mêmes directions des stries se reproduisant alternativement. Les figures 12 et 13 sont un très bon exemple d'une semblable structure périodique.

Le recuit à une température élevée, au moins sur le cuivre, ne fait pas disparaître ces macles; le métal qui n'a pas été préalablement déformé ne les présente pas. Pour d'autres métaux, comme le cadmium, le zinc, et surtout l'étain, les grains peuvent être maclés sur le métal préparé par fusion, et antérieure-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment à toute déformation. Dans ces mêmes métaux, il suffit de très légères déformations pour provoquer le développement de nouvelles macles.

Toutes ces expériences se rapportent à des métaux purs. Les auteurs n'ont fait qu'un très petit nombre d'expériences sur les alliages. Dans les aciers, les stries de déformation ne se manifestent que dans la ferrite, et sont très fines. A défaut de photographies dues aux auteurs du mémoire, on donnera ici une photographie semblable faite par l'auteur de cet extrait (fig. 14).

Un alliage de bismuth et de plomb renfermant des cristaux de bismuth a donné dans ces cristaux à contour géométrique des stries de déformation présentant une relation déterminée de direction avec les arêtes des cristaux...

Fig. 14. — Acier à 0,3 de carbone 650.

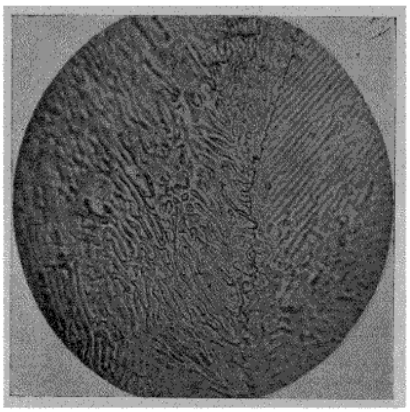


Fig. 15. — Plomb-étain. Eutectique × 750.

Mais les plus nombreuses de ces expériences ont porté sur les alliages eutectiques. Celui de l'alliage plomb-étain coulé sur verre et attaqué par de l'acide nitrique à 1 p. 100 montre des bandes parallèles des deux espèces de cristaux. En déformant la même surface polie sans attaque préalable, on voit les mêmes bandes apparaître, mais dans ce cas leur différenciation résulte uniquement des dénivellations qui se produisent au contact de deux éléments différents.

Si, par un refroidissement très lent, on exagère considérablement les dimensions des parties constituantes, on peut observer des stries de déformation sur les différents éléments de l'alliage ; par exemple, dans l'eutectique bismuth-plomb, sur le constituant blanc qui est le bismuth. Les stries de déformation s'étendent alors sur plusieurs parties du constituant blanc, en conservant leur parallélisme ; cela prouve que, sur une étendue considérable, des parties du même métal qui semblent séparées conservent cependant la même orientation cristalline. En réalité, les grains cristallins, au lieu d'être de petites masses convexes

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

simplement juxtaposées, sont constituées par des groupements arborescents s'enchevêtrant dans tous les sens avec le groupement semblable de l'autre métal. Une section plane de l'alliage montre des sections isolées des différents bras de cet individu cristallin complexe. Mais cet isolement n'est qu'apparent, tous ces bras sont soudés dans la profondeur du métal et sont des parties d'un même grain. On peut quelquefois mettre en évidence les contours de ces grains en examinant sous un faible grossissement un alliage eutectique préalablement attaqué ou déformé pour mettre en évidence sa structure. La figure 15 donne un exemple de contours semblables.

Les résultats obtenus par le professeur Ewing établissant que la direction des déformations élémentaires est entièrement subordonnée à l'orientation cristalline de chaque grain du métal semblent à première vue difficilement conciliables avec les résultats des expériences de Luders, Hartmann, etc., d'après lesquelles la déformation se propage suivant des surfaces géométriques déterminées uniquement par la direction de l'effort auquel le métal est soumis. Dans les lames minces soumises à un effort longitudinal de traction, la surface de glissement suit des plans faisant un angle constant avec l'axe de la pièce ; dans une éprouvette cylindrique, ce sont des surfaces hélicoïdales satisfaisant à la même condition, les surfaces semblant traverser les différents grains en ignorant leur orientation cristalline.

En regardant les choses de plus près, on constate que ces déplacements d'ensemble ne se font pas suivant une surface géométrique unique, mais intéressent une tranche d'une épaisseur notable, généralement très grande par rapport à celle des grains du métal. Pour que la direction de cette tranche puisse rester invariable, il suffit qu'autour de chaque point elle intéresse un nombre suffisant de grains pour que leur orientation moyenne soit indéterminée.

Il est même probable que l'angle d'inclinaison des surfaces générales de glissement sur la direction de l'effort doit pouvoir se calculer en partant du nombre des plans de clivage de chaque grain, et en tenant compte du fait observé par le professeur Ewing que les plans suivant lesquels le glissement commence sont les plus rapprochés d'une direction normale à celle de l'effort.

H. Le Chatelier.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

LA PLAINE DE CAEN, par M. Guénaux (1).

CULTURE DES CÉRÉALES

BLÉ

Le blé occupe une grande superficie dans le Calvados, environ 95 000 hectares. C'est naturellement la céréale la plus importante dans une plaine telle que celle comprise entre Falaise et la mer. Et cependant, sa culture est loin d'être parfaite; un chiffre suffit à le montrer : en 1842, le rendement à l'hectare en blé était, pour le département du Calvados, de 14 hectolitres; actuellement il est d'à peu près 17 hectolitres. Les progrès réalisés depuis un demi-siècle sont donc insignifiants; il faut en attribuer la cause à la routine qui, au lieu de céder le pas à la science, continue à régner dans les campagnes; au lieu de s'appliquer à cultiver des variétés améliorées, d'employer les semis en lignes et les engrais concentrés, on en est resté, à peu de chose près, au point où était la culture en 1830.

Variétés cultivées. — On distinguait autrefois parmi les blés cultivés dans la plaine, les variétés suivantes :

Les blé barbus.	Le franc blé. Le gros blé blanc. Le gros blé gris.	Les blés sans barbes. . .	Le blé chicot blanc. Le blé chicot rouge. Le iama ou blé anglais.

On semait de préférence : le franc blé, dans les terres franches; le gros blé gris dans les terres de vivage (jachère); — les chicots blanc et rouge et le iama dans les terres légères et calcaires; — le gros blé blanc dans les terres argileuses; — le gros blé gris dans les terres du bord de la mer.

Aujourd'hui on ne distingue plus, dans les blés de pays, que le *franc-blé*, blé barbu, et le *blé chicot*, blé sans barbes. Ce sont ces deux variétés que l'on cultive presque uniquement. Ces blés ont leurs mérites : ils sont bien acclimatés, fournissent une paille excellente comme fourrage et un grain riche en gluten et très apprécié de la meunerie. Mais l'un et l'autre ont deux graves défauts : ils versent avec une rare facilité et leurs épis sont peu fournis. Comptant sur le grand

(1) Voir les *Bulletins* de février, mars et avril 1900.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

avantage qu'a le franc-blé de nourrir encore son épi lorsque sa tige n'est que tardivement inclinée, on ne se préoccupe pas assez de la verse, qui, en laissant un certain rendement, n'en détermine pas moins une perte notable pour le grain et pour la paille. Il faudrait adopter, à côté du franc-blé, la culture des blés à grand rendement et à paille dure. C'est ce que les meilleurs agriculteurs de la plaine ont compris; des variétés renommées dans le Nord et aux environs de Paris ont été expérimentées depuis plusieurs années. Ces blés améliorés donnent d'excellents résultats ainsi que nous avons pu nous en rendre compte.

M. de Saint-Quentin donna le premier l'exemple en semant, en 1880, un blé Goldendrop; le rendement fut de 40 hectolitres à l'hectare sur un champ de 5 hectares. Un autre essai avec le blé de Bordeaux fut aussi heureux l'année suivante. En 1884, le Shireff square head, blé à épi carré, fut cultivé à son tour; puis le Nursery, en 1887. Après avoir apprécié la supériorité de ces nouveaux blés, M. de Saint-Quentin se décida à rompre radicalement avec les vieilles habitudes du pays et renonça à la culture du franc-blé et du blé chicot; les rendements qu'il a obtenus depuis avec les variétés nouvelles ont été constamment supérieurs à ceux qu'avaient donnés les blés indigènes. Pour se rendre compte des variétés les mieux adaptées à son sol, M. de Saint-Quentin entreprit, en 1887, des expériences très intéressantes, ayant pour but de comparer entre elles, au point de vue du rendement et de la force de résistance de la paille, les différentes espèces de blé introduites sur son domaine. Les variétés cultivées furent : blé Victoria, blé de Bordeaux, Shireff, Nursery, blé bleu de Noé, Dattel, Chiddam d'automne à épi rouge et Goldendrop. Le Franc-Blé indigène fut cultivé comme témoin. Nous n'entrerons pas dans le détail de l'expérience; il suffit de savoir qu'elle a été conduite dans les meilleures conditions possibles de comparaison; le résultat fut le suivant :

Au point de vue de la résistance à la verse, les variétés qui se sont le mieux comportées ont été : le blé bleu de Noé, le Shireff, le Nursery, le blé de Bordeaux et le Victoria. Celles qui ont le plus vite et le plus complètement lâché pied ont été le Franc-Blé et le Chiddam d'automne à épi rouge. Entre les deux, se rangent le Dattel et le Goldendrop.

Au point de vue de la production en grain, le blé de Bordeaux tient la tête avec un rendement de 41 hectolitres à l'hectare; ensuite viennent :

Le Victoria.	avec un rendement de	40	hect.	à l'hectare.
Le blé bleu de Noé.	—	30	—	—
Le Franc-blé	—	33,5	—	—
Le Shireff	—	32	—	—
Le Goldendrop	—	31,5	—	—
Le Nursery.	—	31	—	—
Le Dattel.	—	29	—	—
Le Chiddam d'automne à épi rouge.	—	25	—	

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En grande culture, le rendement moyen obtenu avec le Nursery, le Shireff et le blé de Bordeaux a été, en 1887, de 36 hectolitres à l'hectare, sur un ensemble de 37 hectares, terres légères comprises. Les rendements relativement peu élevés indiqués dans le tableau ci-dessus pour le Goldendrop et le Dattel, doivent être attribués aux circonstances et non aux blés. Il a été reconnu en effet, depuis, que le Dattel était le blé qui réussissait le mieux à Garcelles; il résiste bien à la gelée et à la rouille, et ses rendements atteignent 40 hectolitres; le Goldendrop est aussi un blé productif, qui se développe particulièrement bien dans certaines terres du domaine. Par contre, le blé bleu de Noé a été abandonné à cause du peu d'élévation de sa paille et de la facilité avec laquelle il est attaqué par la rouille et la carie. Le blé de Bordeaux donne souvent d'excellents résultats, mais il souffre beaucoup dans les hivers rigoureux. Le Shireff à épi carré donne de superbes rendements en paille et en grain, mais cette variété a le désavantage d'être tardive et sujette à l'échaudage. Le Japhet et le Bordier, cultivés depuis peu à Garcelles, réussissent très bien. Depuis 1883, le rendement moyen a été de 30 hectolitres à l'hectare, sur l'ensemble de la culture, bonnes et mauvaises terres comprises.

De son côté, M. Paul Bastard étudiait (1885), sur sa ferme de Fontaine-Henry, les mérites des variétés suivantes : Bordeaux, Goldendrop, Dattel, Shireff à épi carré, Saint-Laud, Victoria, Roseau, Browick et Noé. Les expériences furent faites dans les meilleures conditions, dans une terre en bon état, avec addition de scories phosphatées à la dose de 1400 kilogrammes à l'hectare. Les variétés énumérées ci-dessus, cultivées parallèlement et comparativement, ont donné les résultats résumés dans le tableau ci-dessous :

VARIÉTÉS.	RENDEMENT en HECTOLITRES.	POIDS de la PAILLE.	RÉSISTANCE à la VERSE.	RÉSISTANCE à L'HIVER.
		kilog.		
Franc-Blé	58	48 000	Mauvaise.	Très bonne.
Bordeaux	57	37 000	Bonne.	Mauvaise.
Goldendrop	61	41 000	Bonne.	Très bonne.
Dattel	60	42 000	Bonne.	Bonne.
Shireff	42	35 000	Très bonne.	Bonne.
Victoria	40	36 000	Médiocre.	Médiocre.
Roseau	54	39 000	Bonne.	Bonne.
Browick	39	37 000	Bonne.	Médiocre.
Noé	42	34 000	Très bonne.	Bonne.
Saint-Laud (blé de print.)	34	32 000	Bonne.	»

De nouveaux essais ont amené M. Bastard à ne cultiver que le Franc-Blé,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le Dattel et le Japhet. Le Japhet est le blé qui résiste le mieux à la verse; il donne de plus un grand rendement; les semences en sont achetées à un agriculteur de Pontorson, M. Touzard, qui a la spécialité de la production des semences; le climat des polders du Mont Saint-Michel est comparable à celui de la Plaine de Caen, aussi les graines qui en proviennent réussissent-elles fort bien. On peut s'étonner de voir le franc-blé cultivé à côté de variétés perfectionnées; M. Bastard lui reste fidèle à cause de la qualité de son grain et de l'excellente paille-fourrage qu'il fournit pour les chevaux. M. Martin, professeur départemental d'agriculture, comprenant d'ailleurs l'avantage de conserver un blé si bien acclimaté au pays, a entrepris, avec le concours de M. Bastard, des expériences de sélection du franc-blé; ces essais n'ont pas encore donné de résultats définitifs : les épis produits ont été magnifiques, mais la paille n'a pas eu la force nécessaire pour les supporter, et la verse, que l'on voulait éviter, s'est manifestée plus que jamais. Ces expériences seront continuées, en les dirigeant du côté de la résistance de la paille.

Malgré les efforts tentés par plusieurs cultivateurs, les blés améliorés à grand rendement n'ont rencontré, jusqu'à présent, que peu de faveur dans la Plaine, et le franc-blé est encore le seul qui soit cultivé d'une façon générale. Les essais peu nombreux du début n'avaient point réussi, il est vrai, et n'avaient fait qu'accroître la méfiance à l'égard de ces blés, que l'on qualifiait tous sans distinction de *blés anglais;* les résultats médiocres obtenus tenaient sans doute à un mauvais choix de la semence ou de la variété ou à une préparation et à une fumure insuffisantes du sol, car les blés à grand rendement, moins rustiques que les blés de pays, sont assez exigeants. — Trois reproches sont principalement adressés à ces blés : on les accuse de dégénérer, d'avoir une paille de mauvaise qualité et d'être peu appréciés de la meunerie. Il est exact que ces blés dégénèrent; le Dattel, par exemple, qui réussit bien dans le pays, dégénère au bout de cinq ans; mais il suffit d'en renouveler la semence de temps à autre. La paille est plus dure que celle des blés de pays; mais par cela même elle résiste à la verse, se conserve donc mieux et est plus appétissante pour les bestiaux, qui la mangent très bien. Quant aux meuniers, ils cherchent à déprécier les blés non indigènes, généralement un peu moins riches en gluten que le franc-blé, à seule fin surtout de défendre leurs intérêts; « ils ne seraient pas de bons Normands, s'ils ne trouvaient quelque chose à redire à la marchandise qu'ils achètent ».

Semailles. — Les graines destinées à servir de semences sont très mal choisies en général. Les bons cultivateurs les renouvellent souvent en en prenant une partie chez des voisins, une partie chez les marchands. Mais la plupart du temps, on les prélève sur la récolte de la ferme, sans se donner la peine de rechercher dans les javelles les plus beaux épis, et beaucoup de cultivateurs ne

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

séparent même pas les bonnes graines par un ou plusieurs triages. Le choix des meilleures semences s'impose pourtant d'une façon rigoureuse. — Les variétés nouvelles réussissent bien dans la contrée; leur moindre mérite est de faire nombre et de permettre d'alterner les espèces, car il est reconnu que, pour le blé surtout, l'alternance, c'est-à-dire le changement de variété ou même de provenance, est avantageux, sinon nécessaire.

On employait autrefois le chaulage pour préserver le blé de la carie; on le pratique encore quelquefois au moyen de chaux éteinte avec de l'eau pure. Le sulfatage de la semence est plus usité; malheureusement, ce traitement est trop souvent négligé et fréquemment les blés souffrent de la carie. Les bons cultivateurs traitent leur semence avec soin par un mélange de sulfate de fer et de chaux, généralement par aspersion, quoique le procédé par immersion donne de meilleurs résultats.

L'époque des semailles commence avec le mois d'octobre et se termine à la fin de novembre. De préférence, lorsque l'état des terres et le temps le permettent, on fait les blés de bonne heure, de façon à terminer les semailles à la Toussaint.

Les semailles se font à la volée, même dans les meilleures exploitations, exception faite pour quelques-unes faciles à citer. Or la pratique des semailles en ligne s'impose aujourd'hui aux cultivateurs; dans la Plaine de Caen, il faut en moyenne 2 hectolitres et demi de semence par hectare avec le semis à la volée, tandis qu'avec le semoir, on peut semer à raison de 150 litres seulement, soit une économie de 50 litres de semence au minimum par hectare. Dans la crise que subit la culture du blé, l'économie ainsi procurée par les semis en lignes n'est pas à dédaigner. L'objection du prix élevé des semoirs, qui avait de la valeur il y a une trentaine d'années, n'en a plus aujourd'hui; ce prix est facilement regagné dans une seule campagne par les économies de grains de semence. Les semis en lignes, outre cet avantage, empêchent la verse dans une forte mesure et, de la répartition plus égale des semences, résulte un tallage plus abondant; la verse étant le principal fléau de la culture du blé dans la Plaine, les cultivateurs ne devraient pas hésiter à en atténuer les effets en semant leurs blés en lignes.

La préparation d'une terre destinée à être ensemencée en blé exige en général trois labours : deux labours pour ameublir le sol et détruire les mauvaises herbes, un dernier labour pour enterrer la semence. Chacun de ces labours est suivi par un hersage.

On sème le blé de trois manières différentes : 1° on répand toute la semence immédiatement avant de donner la dernière airure (labour); c'est ce qu'on appelle semer *tout dessous;* — 2° on répand toute la semence immédiatement après avoir donné le dernier labour, c'est ce qu'on appelle semer *tout dessus;* —

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

3° enfin, on répand la moitié de la semence avant la première airure et l'autre moitié après; c'est ce qu'on appelle semer *moitié dessous et moitié dessus*. Dans les deux derniers cas, on herse toujours la terre dès qu'elle a été ensemencée; mais on ne herse pas toujours lorsqu'on a semé tout dessous. De ces trois modes, c'est le semis tout dessus qui est généralement usité; le semis tout dessous n'est plus employé et le semis moitié dessus moitié dessous l'est rarement.

La quantité de semence varie suivant l'époque du semis et la qualité du sol; plus on sème tard, plus il faut de semence. On compte qu'il faut semer à raison de 150 litres par 100 perches (240 litres par hectare) avant la Toussaint, et de 200 litres après (320 litres par hectare).

Généralement, on ne réunit pas deux ou plusieurs variétés de blé dans la semence. Cependant, M. Bastard fait toujours le tiers de sa récolte en mélange; il mélange dans la proportion d'un tiers, le Japhet, le Franc-Blé et le Dattel.

Fumures. — Selon la place du blé dans l'assolement, on réserve tout le fumier pour sa culture ou pour celle des fourrages qui le précèdent. Mais la fumure directe du blé a pour conséquence de favoriser la verse, déjà si fréquente. C'est toujours avant le dernier labour que l'on fume la terre à blé. Quarante mètres cubes de fumier par hectare, c'est-à-dire 40 à 45 000 kilogrammes, constituent une fumure moyenne.

A défaut de fumier, les agriculteurs de la Plaine donnent à leurs blés des tourteaux de colza ou des engrais chimiques. Les premiers s'emploient à la dose de 500 *tourtes* de $2^{kg},5$ par hectare, soit 1 250 kilogrammes. Quant aux engrais chimiques, dont nous examinerons plus loin l'usage, on en répand en moyenne pour une valeur de 120 francs à l'hectare.

Chez M. de Saint-Quentin, les blés succèdent à une plante sarclée, qui a été fortement fumée, ou à un sainfoin. Voici quelques exemples de fumures pris sur l'exploitation de Garcelles :

Des betteraves fourragères précédant le blé dans l'assolement ont reçu 60 mètres cubes de fumier + 250 kilogrammes de sulfate d'ammoniaque + 600 kilogrammes de superphosphate + 100 kilogrammes de sang desséché + 100 kilogrammes de chlorure de potassium, par hectare. Les blés semés après ces betteraves ont reçu une fumure spéciale consistant exclusivement en engrais chimiques : 100 kilogrammes de sulfate d'ammoniaque et 300 kilogrammes de superphosphate, à l'automne; 75 kilogrammes de sulfate d'ammoniaque et 100 kilogrammes de superphosphate au printemps; —

Des blés qui ont succédé à un sainfoin de trois ans ont reçu par hectare : 36 mètres cubes de fumier + 1 000 kilogrammes de scories, à l'automne; 75 kilogrammes de sulfate d'ammoniaque et 200 kilogrammes de superphosphate, au printemps; —

Un blé succédant à un trèfle incarnat n'a reçu que des engrais chimiques : à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'automne, 1 000 kilogrammes de scories, enfouies par le dernier labour + 100 kilogrammes de sulfate d'ammoniaque, mis en couverture et enterrés à la herse; au printemps, 100 kilogrammes de sulfate d'ammoniaque et 200 kilogrammes de superphosphate.

Chez M. Bastard, le blé vient :

1° Après une plante sarclée (colza ou betterave), laquelle a reçu une forte fumure : 60 000 kilogrammes de fumier + 1 200 kilogrammes de scories. On ne lui donne pas d'engrais azotés, qui pourraient le faire verser en le poussant à un développement excessif; —

2° Après un trèfle incarnat; le blé est alors fumé. Ce blé est moins ferme de tige que ceux faits après betterave et colza, et ce n'est qu'avec un mélange de

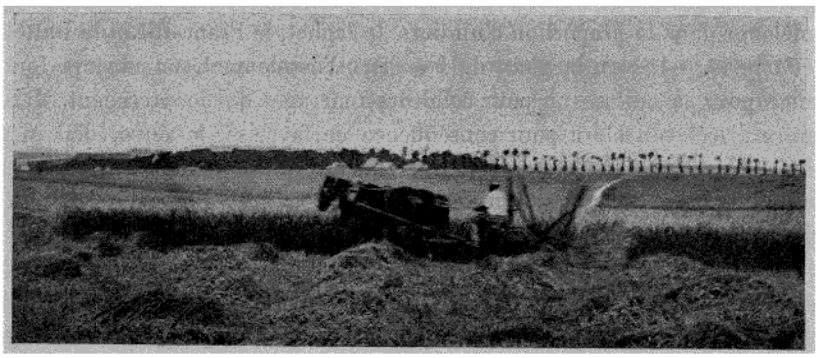


Fig. 15. — Moissonneuse en travail.

Dattel et de Japhet que M. Bastard arrive à atténuer dans une certaine mesure la verse de la récolte; —

3° Après un sainfoin qui a été fumé; ce blé sans engrais réussit presque toujours.

Façons culturales. — On roule le blé vers la fin de mars, avant que le *tuyau* du blé commence à paraître. Il faut, pour faire cette opération, choisir un temps sec; elle raffermit la terre soulevée par les gelées et abat les mottes qui empêcheraient de faucher le blé assez bas.

Il ne peut être question de binages, presque toujours nécessaires au printemps, puisque les blés sont semés à la volée. Ils sont remplacés par de vigoureux hersages. Quant à l'échardonnage, il est bien rarement pratiqué.

Maladies. — Les plus communes sont la carie et la rouille. La carie serait beaucoup moins répandue si l'on avait soin de sulfater les semences avant de les confier à la terre. On éviterait en partie la rouille en cultivant des variétés plus résistantes à cette maladie.

Moisson. — Le proverbe normand, d'après lequel *Mai ne se passe jamais sans*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

épi de blé, est généralement confirmé; quelquefois l'épiage n'a lieu qu'en juin. Les épis sont mûrs vers la fin de juillet, mais on coupe le blé avant sa parfaite maturité, afin qu'il s'égrène moins.

La moisson se fait à la faux dans toute la Plaine de Caen. Quelques fermiers ont des moissonneuses, mais ils préfèrent utiliser des *tâcherons;* il y a toujours, en effet, une forte partie des blés de versée et pour laquelle l'emploi de la moissonneuse est très difficile ; pour ne pas être obligé d'avoir recours aux tâcherons au moment de la moisson, car ils en profitent pour se montrer très exigeants, on garde ceux qui sont occupés depuis le mois de mai à divers travaux de culture et on les paye d'après une cote mal taillée. Ainsi, la verse est le principal obstacle à l'emploi des moissonneuses, qui semble tout indiqué cependant dans une plaine comme celle de Caen.

Deux faucheurs ayant chacun un *releveur* doivent faucher un hectare par jour. — Dans la première moitié du siècle, les moissonneurs étaient payés à l'acre de 160 perches de 24 pieds, à raison de 0 fr. 05 par perche et la nourriture en sus, soit 16 fr. 40 par hectare. On payait pour lier 1 000 gerbes de blé autant que pour en couper un acre, 16 francs par conséquent; le produit moyen étant de 450 gerbes à l'hectare, le liage revenait à 7 fr. 20. Le fauchage et le liage d'un hectare de blé revenaient donc à 24 francs. — Ce prix n'a guère varié : le fauchage et le liage sont en effet estimés de 20 à 30 francs par hectare, selon l'abondance de la récolte.

On ne laisse le blé en javelles que le temps nécessaire pour permettre aux herbes coupées avec lui de se dessécher. Lorsque ce résultat est atteint, on forme des gerbes d'environ $1^{m},30$ de circonférence et pesant 15 kilogrammes en moyenne; le liage est effectué avec des liens de paille de seigle.

On réunit les gerbes en *trézeaux*, sortes de moyettes couchées, composées de onze gerbes; en formant ces pyramides, on a soin de diriger les épis vers le sud-ouest, direction où souffle le vent dominant dans la région à cette époque de l'année; ce vent, généralement chaud, achève de sécher les épis et de mûrir le grain. Les trézeaux résistent mieux au vent que les moyettes; mais s'il survient de grandes pluies, ils sont traversés et les grains germent très souvent. Le trézeau n'est donc pas pratique par le mauvais temps. Certains cultivateurs ne font de trézeaux que pour les blés coupés en dernier et qui ne doivent pas rester longtemps sur place; ils forment avec les autres des moyettes composées de cinq gerbes dressées les unes contre les autres : les grains sèchent vite après la pluie, car l'air y circule facilement.

Après l'avoir laissé une quinzaine de jours en trézeaux, on rentre le blé en grange ou on le met en meules au dehors. La mise en meules revient à 3 francs les 1 000 gerbes, la nourriture de l'ouvrier en plus.

Après l'enlèvement du blé, on passe un râteau dans les champs, afin de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

recueillir la paille et les épis tombés et égarés pendant le liage ou arrachés aux gerbes. Les ratelures sont liées en bottes de 7kg,5 environ, nommées *écoussins*, que l'on bat à la machine avec les gerbes; ces écoussins sont très goûtés des animaux à cause de la grande quantité de grain qu'ils renferment. On néglige presque partout de donner un déchaumage, aussitôt après la moisson.

Le moissonnage revient à 40 francs par hectare; en voici le détail :

	Francs.
Prix du fauchage et du liage.	20
Nourriture du faucheur et de son releveur pendant les 2 jours que dure le travail.	6
Prix des liens pour 500 gerbes.	5
Mise en meules ou mulons, couverture et faux frais. .	9
TOTAL	40

C'est d'ailleurs ce prix que réclament ordinairement les entrepreneurs de moisson, quand ils se chargent de la totalité du travail.

Battage. — Autrefois on battait le blé au fléau, ce qui revenait à 7 fr. 50 les 100 gerbes. Ce mode de battage primitif a presque complètement disparu et l'usage des machines à battre est devenu général. L'apparition des batteuses ambulantes dans la Plaine de Caen date de 1858; certains entrepreneurs prenaient alors 20 francs par 1 000 gerbes, le cultivateur fournissant les chevaux et les hommes et nourrissant le mécanicien; d'autres prenaient 7 francs par 100 gerbes et fournissaient tout. Grâce à ces batteuses ambulantes, la substitution du battage mécanique au battage par le fléau devint vite un fait accompli.

Une machine à vapeur servie par seize personnes bat en moyenne 2 000 gerbes par jour. Elle coûte :

	Francs.
Location à raison de 23 francs les 1 000 gerbes. . . .	46
Dix hommes à 2 francs.	20
Six femmes ou enfants à 1 fr. 50.	9
Nourriture, café compris, à raison de 1 fr. 50 par tête.	24
TOTAL POUR 2 000 GERBES.	99

La paille courte et brisée constitue les *écoussins*, que l'on donne aux chevaux. La longue paille sert à faire les litières; on en retire aussi des *gluis* pour réparer les couvertures en chaume et lier le foin des prairies artificielles.

Rendement. — La terre de qualité moyenne produit, année commune, de trois à quatre gerbes par perche; c'est donc 500 à 550 gerbes par hectare en moyenne. On peut estimer que 25 gerbes de bon blé fournissent un hectolitre de grain bien criblé et bien net. 20 hectolitres sont un bon rendement moyen par hectare. Les meilleurs agriculteurs obtiennent en moyenne, terres de première qualité et terres légères comprises, de 30 à 35 hectolitres à l'hectare; la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

différence avec le rendement obtenu par la majorité des cultivateurs est donc considérable.

L'hectolitre pèse de 75 à 80 kilogrammes. On ajoute par double hectolitre une mesure supplémentaire appelée la *comble ;* elle consiste à laisser tomber sur la quatrième *barretée* (une barretée contient 50 litres) la quantité de blé nécessaire pour former cône ; cette quantité est évaluée à huit litres.

Trois gerbes de blé produisent à peine deux bottes de paille ; chaque botte pèse $7^{kil},500$.

Prix de revient du blé. — L'établissement du prix de revient du blé est une question très délicate. La culture du blé fait, en effet, partie intégrante d'une exploitation et il est presque impossible de l'isoler ; on sait bien ce que les semences coûtent, à combien reviennent les frais de moisson et de battage ; mais il est difficile de déterminer le prix de revient de la journée des attelages, le loyer des terres ensemencées en blé, la valeur du fumier employé. M. de Saint-Quentin, dans un rapport à la Société d'agriculture et de commerce de Caen, a déterminé de la manière suivante le prix de revient du blé dans la Plaine de Caen, en se basant sur les comptes des meilleurs praticiens. Dans les dépenses sont compris : le fermage, les impôts, le labourage, les engrais, la semence, le moissonnage et le battage ; dans les recettes : le grain et la paille.

	Francs.
Loyer.	110
Impôts	20
3 labours préparatoires.	80
Engrais.	174
Semence.	45
Moissonnage.	40
Battage.	30
TOTAL PAR HECTARE. . .	499

De la somme des dépenses, il faut déduire la valeur de la paille ; un hectare produit 332 bottes de paille, ce qui, à 40 francs le cent, représente une valeur de 132 fr. 80. M. de Saint-Quentin n'a pas cru devoir évaluer le rendement moyen d'un hectare à plus de 18 hectolitres. Le prix de revient d'un hectolitre de blé serait donc de :

$$\frac{499 \text{ fr.} - 132 \text{ fr. } 80}{18} = 20 \text{ fr.}$$

Mais ce chiffre, établi il y a plusieurs années, ne saurait être admis aujourd'hui sans quelques restrictions, et il est plus exact de le réduire à 16 ou 17 francs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

AVOINE

L'avoine, dont le grain est un excellent aliment pour les chevaux, occupe naturellement une grande place dans les cultures de la Plaine de Caen, où l'industrie chevaline est si développée. Cette céréale couvre environ 67 000 hectares dans le département du Calvados.

On cultive l'avoine grise d'hiver, qu'on sème au mois de septembre ou au commencement d'octobre, et les avoines de printemps, que l'on sème en mars; parmi ces dernières, on distingue les avoines noires, rouges et blanches (ou chaudes).

On cultive plus généralement l'avoine dans les terres un peu fortes et argileuses, car elle est d'un très faible produit dans les terres légères. A Garcelles, où les terres sont de nature plutôt calcaire, on n'obtient un bon rendement que lorsque l'avoine a été faite de bonne heure.

On ne donne qu'un ou deux labours à la terre pour y semer l'avoine et on ne la fume point.

Chez M. Bastard, à Fontaine-Henry, l'avoine d'hiver reçoit au printemps une fumure complémentaire d'engrais chimiques, qui varie suivant l'apparence de la récolte. L'avoine de printemps succède à un blé (qui a été fumé) sur deux labours d'hiver; c'est dans cette avoine qu'on sème le fourrage artificiel, généralement un sainfoin. Elle succède encore à un blé sans engrais et reçoit alors par hectare 250 kilogrammes de nitrate de soude. Les variétés d'avoine de printemps cultivées sont l'avoine noire de pays et l'avoine noire de Coulommiers.

Il faut de deux hectolitres à deux hectolitres un quart de semence d'avoine par hectare.

La culture de l'avoine revient tous les trois ans dans l'assolement triennal.

On fauche l'avoine avant sa maturité, on la laisse en javelles pendant une dizaine de jours, pour lui laisser le temps de mûrir, et on la lie ensuite. Mais il faut se garder de laisser l'avoine ainsi exposée à la pluie, car cela lui fait perdre beaucoup de sa qualité.

Le rendement est en moyenne de 40 hectolitres à l'hectare; l'hectolitre pèse environ 48 kilogrammes.

SEIGLE

On ne cultive de seigle dans la Plaine de Caen que la quantité nécessaire dans chaque ferme pour faire les liens exigés par la récolte du blé. Nous avons vu qu'on le cultive aussi en petite quantité pour le donner comme premier fourrage vert aux chevaux et aux bestiaux, au début du printemps.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On le coupe encore un peu vert, parce que la paille en est meilleure pour faire les liens. On le récolte environ trois semaines avant les premiers blés et on fait sécher le grain sur des toiles ou sur des aires exposées au soleil.

Un hectare de seigle produit en moyenne 30 hectolitres de grain et 49 quintaux de paille.

ORGE

La culture de l'orge a beaucoup moins d'importance que celle du blé et de l'avoine. Elle occupe 20 000 hectares dans le département du Calvados.

On ne cultive qu'une seule variété d'orge, l'orge commune ou carrée. Les sols calcaires sont ceux où elle réussit le mieux. On la sème depuis la mi-mars jusqu'à la mi-avril. Elle succède au blé dans l'assolement, pour les terres légères et calcaires ; dans les terres argileuses et fortes, elle est remplacée par l'avoine ; l'orge n'a d'ailleurs pas de place fixe dans l'assolement. On la sème souvent avec le sainfoin.

On donne trois ou quatre labours à la terre pour semer l'orge. On ne la fume point. Lorsqu'on sème l'orge seule, il faut 2 hectolitres ou 2 hectolitres et demi par hectare ; on en met un peu moins lorsqu'on la sème avec le sainfoin.

Un hectare de terre favorable à la culture de l'orge produit 410 gerbes ; 16 gerbes devant produire un hectolitre de grain bien criblé et bien net, on a donc un rendement de 25 hectolitres. Mais le rendement moyen n'est que de 20 hectolitres.

Le fauchage de l'orge coûte autant que celui du blé ; on économise seulement la nourriture de la javeleuse qui n'est pas nécessaire ; le liage coûte moitié plus cher que celui du blé. Ces deux opérations reviennent donc à 26 francs.

Avantages de la culture de l'orge. — Il y aurait lieu de se préoccuper de développer cette culture dans la Plaine de Caen car la production d'orges pour la brasserie contribuerait à assurer du fret en retour aux navires importateurs des produits anglais. Le voisinage avec l'Angleterre facilite les échanges commerciaux et il suffirait, pour vendre nos orges sur le marché anglais, de satisfaire davantage aux demandes en produisant les qualités désirées.

Les orges sont déjà en première ligne parmi les céréales exportées par les ports du littoral normand. Le port de Caen à lui seul en expédie, d'après les relevés de la douane, plus d'un million de quintaux métriques par an ; il en expédierait le double, si les moyens d'exportation ne lui faisaient défaut.

La production indigène en Angleterre ne peut suffire aux besoins ; plus la production française aura d'orge à offrir et plus la brasserie anglaise lui en achètera ; cette puissante industrie, qui exporte des bières dans toutes les parties du monde, recherche surtout les orges les plus favorables au maltage ; elle

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cherche à stimuler partout, en France comme en Allemagne, la culture des orges, pour obtenir les meilleures espèces, qu'elle n'hésite pas à payer en raison de la qualité des bières qui en proviennent. Sous ce rapport, la Plaine de Caen est loin d'être placée au premier rang, parmi les régions qui alimentent le marché anglais; on voit, en effet, en consultant les cours du marché de Londres, que les orges de Zaal venant du Holstein sont cotées 21 francs l'hectolitre, quand les orges de Saumur, supérieures aux orges normandes, n'atteignent que le prix de 16 fr. 50, et qu'enfin les orges communes normandes trouvent difficilement sur ce grand marché le prix de 14 à 15 francs l'hectolitre. Il y a donc intérêt à rechercher les meilleures variétés qui trouvent une préférence marquée sur les marchés étrangers et dont l'écoulement est d'autant plus facile et plus rémunérateur. Une extension de la culture de l'orge répondrait aussi aux exigences du marché intérieur, car la brasserie française prend un développement de plus en plus grand et se trouve forcée d'acheter au dehors de grandes quantités de malt.

La Plaine de Caen et la région du littoral sont-elles appelées à profiter largement de ce précieux et vaste débouché? On n'en saurait douter, étant données la nature du sol et la proximité des ports d'embarquement qui exonère les produits des frais de transport qui grèvent les produits similaires achetés sur les marchés de l'Ouest et du Centre. Il n'y aurait à craindre pour la culture de l'orge dans la Plaine de Caen que l'humidité du climat et les brouillards si fréquents sur la côte.

SARRASIN

Vers 1840, la culture du sarrasin était presque abandonnée dans la Plaine de Caen, pour celles du colza et de la cameline, dont le profit était alors plus considérable. Depuis, le sarrasin a repris peu à peu son ancienne importance et il couvre actuellement, dans le département du Calvados, une superficie de 24 000 hectares.

Le climat doux et tempéré du pays convient particulièrement au sarrasin. C'est une plante peu exigeante et de culture facile; un seul labour lui suffit, et dans les terres légères on peut même se contenter d'un labour superficiel donné avec une forte herse. Comme il redoute les gelées, on ne le sème que du 25 mai au 30 juin. On sème assez clair: on emploie environ le tiers de ce que, dans un même sol, on emploierait de semence de seigle, c'est-à-dire 60 à 80 litres. Quelques jours après le semis, la graine commence à lever; le sarrasin se développe alors rapidement: il n'exige que trois mois pour parcourir toutes les phases de son accroissement jusqu'à la maturation du grain.

La récolte a lieu en août et septembre. On coupe le sarrasin avant complète maturité, car il s'égrène très facilement. On le coupe à la faux; on en fait des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bineaux, qu'on laisse exposés à l'air jusqu'à complète dessiccation, ce qui demande dix à quinze jours ; puis on rentre le sarrasin et on le bat.

Le rendement moyen est de 20 hectolitres de graine à l'hectare. La farine de sarrasin n'est pas propre à la panification ; en revanche on en fait des bouillies et des galettes dont les habitants du pays sont très friands ; la galette de sarrasin, arrosée de bon cidre, constitue un des mets traditionnels de la contrée ; c'est d'ailleurs un excellent aliment, fortifiant et nutritif. Les bestiaux et surtout les volailles sont avides de la graine ; elle contribue au prompt engraissement des bœufs, des cochons et des moutons ; elle active la ponte des poules, et, employée à l'engraissement des volailles, elle leur procure une graisse plus fine et plus savoureuse. La fane sèche n'est pas donnée aux bestiaux, car ils s'en montrent peu friands ; elle n'est utilisée que comme litière.

Nous avons vu que l'on cultivait aussi, mais rarement, le sarrasin comme plante fourragère, pour le faire pâturer par les vaches ; il augmente la quantité de leur lait, mais au détriment de la qualité.

CULTURE DES PLANTES SARCLÉES INDUSTRIELLES

LE COLZA DANS LA PLAINE DE CAEN

Historique. — L'introduction du colza dans le Calvados ne date que du commencement du siècle. Ce fut en 1802, au hameau de Gruchy dépendant de la commune de Rosel, près de Caen, que les premières graines de colza furent confiées à la terre. C'était M. Joseph Vautier, membre de l'ancien Conseil d'agriculture du Calvados, qui prenait ainsi l'initiative des heureux changements qui allaient se produire dans la culture de la Plaine de Caen. Les débuts ne furent guère encourageants. Pendant les deux premières années, M. Vautier ne put vendre sa graine qu'avec beaucoup de difficultés et à vil prix. Cet échec ne le rebuta point ; il savait qu'en Flandre le colza donnait d'excellents résultats ; soutenu d'ailleurs par M. Pierre Lecavelier, qui lui avait fourni les premières graines et qui fondait alors la première usine à huile dans le Calvados, M. Vautier étendit sa culture. Bientôt, la construction de quelques usines assura le placement avantageux de la graine, et beaucoup de cultivateurs s'empressèrent d'imiter celui qu'ils avaient d'abord appelé par dérision Vautier-Colza.

A partir de 1820, les usines à huile s'étant multipliées sur divers points, la culture du colza prit un grand développement ; localisée d'abord dans les arrondissements de Caen et de Bayeux, elle pénétra successivement dans ceux de Falaise, de Vire et de Lisieux. En 1839, on récoltait dans le Calvados environ 220 000 hectolitres de grain de colza, ce qui devait être environ le produit de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

11 600 hectares (1). « Il y a dans le département, disait une relation de l'époque, quarante usines à huile qui fournissent chaque année plus de 55 000 barriques d'huile contenant chacune 100 kilogrammes ; 37 de ces usines sont situées sur le bord des diverses rivières qui arrosent le département et sont mues par l'eau ; les trois autres le sont par des machines à vapeur ; ces dernières et quelques autres emploient des meules pour écraser les graines ; le reste continue à faire usage des pilons ; une seule emploie la presse hydraulique. » Plus de la moitié des huiles provenant de ces usines étaient épurées avant leur exportation : il existait à Caen six établissements où l'on s'occupait uniquement de ce travail. Quelques fabricants épuraient eux-mêmes leurs huiles. Toutes ces huiles étaient en grande partie expédiées sur Paris, Nantes, Bordeaux et Marseille.

Le colza occupait, en 1852, 18727 hectares dans la Plaine de Caen, 30 000 en 1854. Chaque hectare ayant donné, cette dernière année, 40 hectolitres en moyenne, il en résulte que ces 30 000 hectares produisirent 1 200 000 hectolitres, à 30 francs l'hectolitre, soit près de 40 millions de francs !

La fièvre du Colza. — La défiance que les cultivateurs avaient d'abord manifestée, lorsqu'on leur conseillait de faire entrer le colza dans la rotation des cultures, fit place à un défaut contraire ; la culture de cette plante occupa bientôt dans beaucoup de fermes la place principale ; les céréales et les fourrages furent relégués au rang de cultures accessoires. On trouvait un assez grand nombre d'exploitations où les deux tiers de la surface étaient consacrés au colza ; dans quelques-unes la proportion était encore plus forte ; on faisait du colza jusqu'à trois ans de suite sur la même terre. Certains fermiers allaient même jusqu'à se débarrasser de leurs bestiaux, afin de pouvoir consacrer au colza toutes leurs terres, qu'ils fumaient avec du guano. Encore quelques années, et la Plaine de Caen tout entière n'allait plus se livrer qu'à la production des graines oléagineuses : elle allait être forcée de demander aux régions voisines les grains et le bétail indispensables à l'alimentation.

Jamais récolte ne fut plus abondante qu'en 1854 : au lieu de 25 hectolitres en moyenne, chaque hectare en produisit 40, et cependant jamais le prix de la graine ne fut plus élevé. La moyenne de 1843 à 1853 donnait 25 francs pour le prix de l'hectolitre, tandis qu'en 1854 on le vendit jusqu'à 38 et même 40 francs. On vit des cultivateurs tenant des fermes de 40 hectares, louées 4000 francs, vendre pour 10 000 francs de colza, récolté sur une étendue de 10 hectares. On citait deux ou trois fermiers des environs de Caen qui vendirent pour 30 000 et 40 000 francs de colza sur des fermes louées 10 000 francs. Les huileries se multipliaient ; jamais on n'avait tant embarqué de colza dans le port de Caen que cette année-là. Ce fut une époque de prospérité sans pareille.

(1) On cultivait aussi quelques autres plantes oléagineuses telles que la cameline, le chanvre et le lin, mais en très petite quantité relativement au colza.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Mais, dès 1856, Morière, sans se laisser entraîner par cette fièvre, s'élevait contre la prédominance de la culture du colza, plante éminemment épuisante. « Dans la Plaine de Caen, disait-il, on ne trouverait que difficilement des fermes dans lesquelles un tiers ou même un quart de la surface soit consacré aux fourrages : un tel état de choses entraîne nécessairement la diminution du bétail, et par suite, la diminution des engrais, sans lesquels le cultivateur ne peut rien. Il est à regretter que, dans un arrondissement aussi favorable à l'élève du cheval, dans un pays où l'industrie laitière et beurrière est une source de prospérité, on néglige ainsi les plantes fourragères pour ne se préoccuper que d'une seule plante : le colza. En agissant ainsi, le cultivateur vit trop au jour le jour et ne se préoccupe pas suffisamment de l'avenir. »

Morière avait certes raison de prévenir les agriculteurs contre la culture trop souvent répétée du colza sur le même terrain : le sol se fatiguait et les graines perdaient de leur qualité. Déjà, en 1838, M. de Magneville disait : « Les fabricants d'huile ont observé que les graines de colza provenant des cantons où cette plante était nouvellement introduite, donnaient plus d'huile que celles des cantons où on la cultivait depuis longtemps. » Les cultivateurs, si peu prévoyants qu'ils fussent, étaient cependant excusables dans une certaine limite; quelle culture convenant plus merveilleusement à la Plaine de Caen que celle du colza et réalisant mieux toutes les conditions désirables ? Elle ne demandait que des labours de profondeur moyenne et des binages, c'est-à-dire le travail sans grand effort pour les jeunes chevaux de trait léger ; elle nécessitait un assolement qui assurait la culture du sainfoin, indispensable à la mise au vert des animaux. De plus, à cette époque, le colza était en possession d'un véritable monopole, et on pouvait le cultiver avec des chances de rémunération superbe. Aussi, toute la Plaine, de Falaise à la mer, s'était-elle vouée à cette culture ; pour lui faire place, les arbres et les prairies avaient disparu.

La crise. — Malheureusement, cette brillante période ne fut pas de longue durée. Le produit du colza diminua d'année en année ; en 1836, 1837 et 1838, il avait été en moyenne de 20 hectolitres ; en 1862, 1863, 1864 et 1865, il oscillait entre 15 et 16 hectolitres. Dès 1865, une baisse légère se manifestait sur le prix de vente du colza et elle ne faisait que s'accentuer pendant les années suivantes ; de 30 francs, l'hectolitre de colza tombait à 27 francs en 1866 et 1867, 22 fr. 50 en 1868, 24 fr. 50 de 1872 à 1878, 21 francs de 1880 à 1884, 17 francs en 1886. Vers 1888, la culture du colza semblait devoir reprendre de l'importance : en 1890, on comptait déjà 10 000 hectares en colza dans le département du Calvados, alors qu'en 1883 il n'était cultivé que sur 6000 hectares. Mais les cours sont restés bas (17 fr. l'hectolitre) et un relèvement sensible n'est plus à prévoir.

Cette culture a faibli d'abord par l'abus que l'on en avait fait en la répétant

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

trop souvent, puis par suite de la découverte et de l'emploi des huiles minérales (pétrole) d'Amérique et du Caucase, enfin par la concurrence des graines de colza de Hongrie et des Indes, par l'utilisation des plantes oléagineuses de l'Afrique occidentale et de la graine du cotonnier. D'un autre côté, la main-d'œuvre a renchéri : il est devenu de plus en plus difficile de trouver au moment de la moisson tous les ouvriers nécessaires pour couper à temps une grande surface de colza, et il est impossible de remplacer ces ouvriers par des machines, comme pour le blé.

Situation actuelle. — A 17 francs l'hectolitre, le colza ne paye pas la culture, on l'abandonne. D'après la statistique de 1892, la superficie cultivée en colza dans le département du Calvados était alors de 7000 hectares. Ce chiffre est encore à peu près exact aujourd'hui ; on peut le rapporter à la Plaine de Caen, car la culture du colza y est concentrée et n'existe plus ou presque plus dans les autres parties du département.

L'huile de colza a été abandonnée ; même dans la Plaine de Caen, le pétrole l'a supplantée. Il n'y a plus actuellement qu'une huilerie, celle de M. Corbel, à Courseulles ; cette huilerie traite par jour : 20 à 25 000 kilogrammes de graines de colza indigène, qui produisent 90 barils d'huile et 12 000 tourteaux de 1^{k},20 chacun ; 25 à 30 000 kilogrammes de graines de colza des Indes, qui produisent de 100 à 105 barils d'huile et 14 000 tourteaux. L'huile fabriquée est expédiée sur le Havre ; une grande quantité de tourteaux est achetée par le Danemark.

Après les producteurs de graines oléagineuses, les fabricants d'huile sont menacés à leur tour. Les États-Unis, qui envoyaient à Marseille des graines de coton, ont trouvé plus avantageux d'extraire eux-mêmes l'huile de ces graines pour l'envoyer en France ; les prix qu'ils en demandent sont tels que toute concurrence est impossible et les arrivages deviennent de plus en plus nombreux. Aussi les huiliers marseillais, libre-échangistes jusqu'en 1896, proposent-ils aux producteurs de graines de former une ligue pour réclamer des droits protecteurs ; mais dans leur régime douanier ils veulent que le droit sur les huiles de coton soit porté de 6 à 27 francs, tandis qu'ils n'accordent qu'un droit de 2 francs par quintal sur les graines de colza. Dans ces conditions, il ne peut guère y avoir d'entente possible.

CULTURE DU COLZA

La variété cultivée dans la Plaine de Caen est celle dite *Colza parapluie* ou *Colza à rabat*. Cette variété, grâce à ses tiges retombantes, supporte bien les pluies violentes qui surviennent au moment de la maturation des siliques ; elle est très productive.

On sème généralement le colza en pépinière pour le transplanter ensuite ; la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pépinière est faite en culture dérobée sur un trèfle incarnat. Le semis a lieu dans le courant de juillet. Il est d'usage, dans la Plaine de Caen, de garnir les pépinières de telle sorte qu'elles puissent fournir du plant pour une étendue dix à douze fois plus grande; en admettant un espacement moyen en tous sens d'environ 50 centimètres, une pépinière convenablement garnie doit donc porter environ 40000 plants de colza par hectare.

Le sol doit être bien préparé, ameubli et net de mauvaises herbes. On donne de deux à quatre labours.

Le colza étant une plante épuisante, on fume toujours la terre. On donne généralement une fumure de 50 mètres cubes à l'hectare, à laquelle on ajoute au printemps un surplus d'engrais chimique, dont le prix varie de 120 à 150 francs. Chez M. Bastard, la terre reçoit d'abord, après défrichement d'avoine, 60 000 kilos de fumier à l'hectare; après trois labours, le colza est transplanté et reçoit, avant le printemps, 1 200 kilos de scories de déphosphoration à l'hectare; puis, au printemps, un mélange d'engrais chimiques, qui apporte par hectare : 72 kilos d'azote, 63 kilos de potasse et 216 kilos d'acide phosphorique; les engrais phosphatés sont donc surtout nécessaires.

On transplante le colza pendant les mois de septembre et d'octobre, et même en novembre si on n'a pas pu le faire plus tôt. Il y a deux manières d'opérer : l'une, en plantant le pied de colza avec un piquet de bois garni d'une pointe de fer, l'autre en le couchant dans un rayon qu'ouvre et referme la charrue. Ces deux procédés sont également en usage et chacun a ses avantages; un homme adroit peut repiquer de quinze à vingt perches de colza dans sa journée; on peut en coucher 100 perches dans le même temps avec la charrue, pourvu qu'elle soit suivie par six ou huit personnes qui placent la plante. Les lignes sont écartées de $0^m,40$ à $0^m,50$ et les pieds de $0^m,25$. La transplantation du colza revient à 20 francs à l'hectare.

On donne quatre façons culturales pendant le cours de la végétation : trois binages et un buttage. Le colza entre en floraison au commencement d'avril; on étête alors très souvent à la faucille ou à la main le haut de la branche principale, de façon que toutes les parties de la plante arrivent à maturité à la même époque.

Pendant sa végétation, le colza a souvent à subir les attaques de plusieurs coléoptères, se portant, les uns sur les tiges, les autres sur les fleurs et sur les graines; ce sont principalement le *Ceutorynchus napis* et le *Meligethes æneus*. Pour les combattre, il faut brûler soigneusement les siliques après le battage, enlever aussitôt les racines et les chaumes que les ouvriers et les petits cultivateurs gardent pour le chauffage pendant l'hiver, enfin, donner — contrairement à l'usage du pays — des labours multiples, exécutés avec soin, aussitôt après la récolte, afin de détruire au moins partiellement les larves.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Récolte. — On coupe le colza avec la faucille vers la fin de juin, lorsque les siliques commencent à jaunir. La graine n'a pas pris alors la teinte brune qui caractérise sa complète maturité; elle est encore nuancée de rouge en grande partie, et elle est même parfois presque entièrement verte. On abandonne sur le sol le colza incomplètement mûr, en javelles formées de dix à quinze plantes, suivant leur force, pendant un temps variable, ordinairement compris entre dix et quinze jours, après lesquels on procède au battage. La plante se dessèche et la graine mûrit en prenant une teinte brune plus ou moins foncée.

Le battage s'effectue dans le champ de colza, sur une grande bâche de 12 mètres de long sur 8 de large, relevée sur les bords en forme de cuvette par des piquets; c'est la *batterie*. La partie occupée par la batterie a été aplanie et

Fig. 16.— Le battage du colza.

nivelée avec soin. Une équipe de douze ouvriers ou *atelier* est occupée au battage; quatre ouvriers apportent les javelles de colza sur des civières, trois le battent, trois autres rassemblent à l'aide de râteaux la graine restée sur la toile et les deux derniers mettent les tiges battues en bottes. Les batteurs, armés de fléaux, frappent alternativement les plants de colza étendus sur la toile, avec une certaine cadence, une sorte de rythme qui les entraîne et leur fait oublier la fatigue. Un atelier de douze hommes bat le produit de trois hectares de colza en deux jours. Le sciage et le battage du colza reviennent de 35 à 40 francs à l'hectare.

Les racines qui restent en terre sont arrachées à l'aide de pinces ou à la main. Beaucoup de cultivateurs les utilisent, ainsi que les tiges, pour le chauffage, le bois étant rare et cher dans la Plaine de Caen. Les siliques de chaque batterie sont réunies en un tas que l'on allume aussitôt et dont on répand les cendres sur le champ.

Le rendement est très variable. Il est, en moyenne, de 25 à 30 hectolitres

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de graine par hectare, le poids de l'hectolitre étant de 68 kilos. En 1898, il a été tout à fait exceptionnel et a atteint dans beaucoup d'exploitations 40 hectolitres à l'hectare. Quant au produit net par hectare, il doit être supérieur à 100 francs.

Conservation. — On étend la graine encore mélangée de siliques dans les greniers pour la faire bien sécher. Dans les années humides, il faut la retourner constamment, afin d'éviter l'échauffement et la fermentation, qui lui feraient perdre beaucoup de sa valeur. On enlève les siliques par un criblage; on a soin toutefois d'en laisser un peu parmi les graines, car elles y constituent un véritable système d'aération.

EXPÉRIENCES DU DOCTEUR LOUÏSE, SUR LE COLZA

A la suite d'analyses exécutées sur des échantillons prélevés avant, pendant, aussitôt après la floraison et au moment de la maturité, Isidore Pierre était arrivé aux conclusions suivantes :

1° Le poids total de la matière verte atteint son maximum au moment de la formation de la graine;

2° Il y a transport continu de l'azote et des autres éléments fertilisants, de la partie inférieure vers l'extrémité des rameaux;

3° Ce transport atteint son maximum d'activité lors de l'apparition de la graine.

M. Müntz est arrivé à un résultat de même ordre, en constatant que les hydrates de carbone aux dépens desquels se forme la matière grasse de la graine, s'accumulent dans la silique, d'où ils passent progressivement dans la graine à mesure que sa maturité avance.

Le Dr Louïse, directeur de la Station agronomique de Caen, a recherché à son tour la quantité de chacun des éléments fertilisants renfermés dans les diverses parties de la plante à différentes époques. Toutes ses recherches ont été effectuées sur la ferme de Fontaine-Henry, en 1890. Il a trouvé que :

1° La quantité d'azote p. 100 décroît d'une manière continue dans les racines et les tiges, tandis qu'elle augmente dans les feuilles;

2° L'acide phosphorique va également en décroissant d'une manière continue dans les racines et les tiges, tandis que dans les feuilles il passe par un maximum vers le 8 juin;

3° La potasse, qui va sans cesse en diminuant dans les racines et les feuilles, reste au contraire presque stationnaire dans la tige;

4° La chaux va constamment en augmentant dans chacune des parties de la plante; il en est de même de la magnésie.

Appauvrissement du sol. — Les quantités d'éléments fertilisants enlevés à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'hectare, par une récolte d'environ 2000 kilogrammes, sont les suivantes :

	Kilogr.
Azote	63,00
Acide phosphorique	84,96
Potasse	211,24
Chaux	236,68
Magnésie	11,60

D'autre part, en admettant, suivant l'usage, que la couche arable ait une profondeur de 0m,20, la densité de la terre à colza de Fontaine-Henry étant 1,175, la couche arable d'un hectare avait un poids de 2 350 tonnes qui, d'après l'analyse du Dr Louïse, renfermait :

	Kilogr.
Azote	3.525
Acide phosphorique	1.128
Potasse	12.220
Chaux	74.260
Magnésie	0.987

L'usage le plus répandu, dans la plaine de Caen, est de mettre en meules les fanes et les débris de battage, qu'on utilise ensuite pour le chauffage. Quant aux tourteaux résultant de l'expression de la graine, ils ne retournent à la terre que dans des cas exceptionnels, et sont généralement exportés au Danemark et dans tous les pays du Nord. On peut donc admettre que toute la récolte, à l'exception des feuilles, est exportée du domaine. On peut dire que la récolte du colza, au 28 juin, a enlevé au sol :

1/56 de l'azote ;
1/13 de l'acide phosphorique ;
1/58 de la potasse ;
1/32 de la chaux ;
1/89 de la magnésie.

Il résulte des observations précédentes que la récolte appauvrit surtout le sol en potasse et en acide phosphorique. Or, ce dernier est également exporté de la Plaine de Caen en quantité considérable, avec le squelette des animaux qui y sont élevés. Donc l'acide phosphorique est un des engrais les mieux appropriés à la culture du colza.

Le tourteau de colza. — Un hectolitre de bonne graine de colza, qui pèse environ 65 kilogrammes, donne de 23 à 24 kilogrammes d'huile non épurée et 40 à 41 kilogrammes de tourteau. Le tourteau de colza était autrefois très employé comme engrais, beaucoup de cultivateurs l'utilisent encore. Il est habituellement

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

livré en gâteaux assez minces, de couleur jaune brunâtre ou brun verdâtre, assez fragiles. Il offre sur sa cassure des points noirâtres dus aux fragments d'écorce de la graine répandus dans la pâte. Lorsqu'il est frais, il exhale quelque peu l'odeur forte de l'huile de colza, mais il perd cette odeur en vieillissant.

Les diverses analyses chimiques qui ont été faites du tourteau de colza s'accordent à démontrer sa richesse en matières grasses et sucrées, surtout en acide phosphorique; sous ce dernier rapport, le tourteau de colza vient immédiatement après celui de madia, qui tient le premier rang. Voici sa composition :

	Azote p. 100.	Ac. phosph. p. 100.	Potasse p. 100.	Huile p. 100.	Valeur calculée d'après la richesse.
Tourteau de colza d'Europe. .	4,90	2,83	1,36	11,10	9fr,31
— exotique . .	5,40	1,90	1,25	7,25	9fr,55

Or, le prix commercial est à Caen de 14 francs les 100 kilogrammes; donc l'emploi de ce tourteau, comme fumure, est onéreux actuellement. Le parti le plus avantageux qu'on puisse en tirer est de le donner comme nourriture aux animaux. Voici, en effet, la valeur comparée de 100 kilogrammes de tourteau de colza, comme engrais et comme aliment :

COMME ENGRAIS		COMME ALIMENT	
Azote.	4kg,90 à 1fr,30 = 6fr,37	Matières azotées . .	30kg,60 à 0fr,40 = 12fr,25
Acide phosphorique .	2kg,80 à 0fr,40 = 1fr,12	— grasses . .	11kg,10 à 0fr,20 = 2fr,20
Potasse.	1kg,40 à 0fr,40 = 0fr,56	— hydro-carb.	35kg,00 à 0fr,10 = 3fr,50
	8fr,05		17fr,95

Les tourteaux indigènes sont les seuls qui conviennent pour l'alimentation du bétail. Ils doivent être conservés dans un endroit sec; dans un local humide, ils dégagent de l'essence de moutarde, et de plus ils sont envahis par des moisissures qui peuvent les rendre dangereux. Les tourteaux de colza de l'Inde sont toxiques, par suite de leur composition qui comporte, outre l'essence de moutarde, une autre essence encore mal étudiée, mais très malfaisante; ils peuvent produire des accidents mortels. Ces tourteaux exotiques ne peuvent servir que comme engrais.

Les tourteaux de colza passent pour favoriser la sécrétion du lait chez les vaches laitières. On les a accusés de communiquer au lait l'odeur particulière des crucifères, mais cet inconvénient ne se manifeste que lorsqu'on donne des doses trop considérables et qu'on dépasse, par exemple, 1 500 grammes par vache et par jour. On donne aussi les tourteaux de colza aux bêtes à l'engraissement; pour les bœufs, la ration quotidienne ne doit pas dépasser 3 kilogrammes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

BETTERAVE A SUCRE

Nécessité de remplacer le colza par une autre plante sarclée. — Depuis que les cultivateurs ont été forcés de renoncer peu à peu à cultiver le colza, qui leur convenait si bien sous tous les rapports et qui leur avait procuré tant de bénéfices, aucune plante sarclée ne lui a encore succédé dans les assolements de la Plaine de Caen. La nécessité, il est vrai, s'en fait moins sentir que partout ailleurs, la culture du pays étant principalement dirigée en vue de l'industrie chevaline; mais on ne peut cependant livrer indéfiniment le sol à la culture des fourrages et des céréales : outre la fatigue qui en résulterait à la longue pour les terres, si fertiles soient-elles, et malgré l'apport d'engrais complémentaires, le nettoyage du sol impose l'obligation de recourir, de temps à autre, à une culture sarclée

Le choix d'une plante pouvant remplacer le colza est très limité. On a d'abord essayé de remplacer le colza par le blé, mais cette céréale n'est pas une plante sarclée et ne permet pas de préparer aussi bien le terrain pour les semailles du sainfoin. La pomme de terre est si peu en faveur auprès des cultivateurs qu'il n'y faut point songer, malgré les excellents résultats qu'une culture intensive de cette plante pourrait procurer. La betterave seule, pour le moment, peut être proposée avec quelques chances de succès, parce que la vente en est largement assurée, que le pays se prête parfaitement à sa culture et que les avantages culturaux et économiques qu'elle procure sont de toute importance.

Avantages de la culture de la betterave industrielle. — La Plaine de Caen remplit toutes les conditions désirables pour l'établissement de l'industrie sucrière et de la distillerie de betteraves. Le sol, riche en argile, profond, et reposant sur un sous-sol calcaire, est des plus convenables à la betterave à sucre; de très beaux rendements, aussi bien en quantité qu'en richesse saccharine, peuvent y être obtenus d'une façon assurée, car dans ces terres franches, avec une culture bien entendue, les betteraves sont à l'abri de la sécheresse. De plus, le sol est facile à cultiver et permet un ameublissement parfait. Enfin, la betterave, plante d'origine maritime, se trouve très bien du climat et des terres de la Plaine. L'étendue de ce grand triangle : Bayeux, Dives, Falaise, où l'uniformité du sol est si propice à la culture, permet une production suffisante pour alimenter plusieurs sucreries et de nombreuses distilleries.

La culture de la betterave industrielle, sans être aussi bien en concordance avec les besoins de l'élevage que celle du colza, peut cependant la remplacer

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

avantageusement. S'il est exact que la récolte tardive de la betterave nuit à la préparation des terres pour les cultures suivantes, par contre les labours qu'exige cette culture se font à une époque qui gêne beaucoup moins les cultivateurs que ceux nécessités par le colza. La culture de la betterave ameublit le sol par des labours profonds et par la pénétration de ses racines ; elle le nettoie par les sarclages et binages, façons qui préparent si bien le sol pour les blés et les prairies artificielles ; elle permet l'application de fortes quantités de fumier, de sorte que les betteraves constituent un excellent *compost* (1) pour le blé qui leur succède, bien que beaucoup de cultivateurs de la Plaine soient d'un avis opposé; ces divergences d'opinions tiennent probablement à la plus ou moins grande quantité de fumier employée et à l'époque où ce fumier est mis en terre ; puis la préparation de la terre laisse généralement à désirer : le sol n'est pas assez profondément ameubli. Enfin, cette culture n'est pas épuisante, si l'on a soin d'utiliser les pulpes résultant de la fabrication du sucre : associées aux fourrages, elles permettent de fournir une plus grande quantité d'aliments pour les vaches laitières ; ce qui ne peut être utilisé par les animaux, c'est-à-dire les écumes de défécation, est rendu au sol sous forme d'engrais et d'amendements. Le sucre reste donc le seul produit exporté ; or il est uniquement composé de carbone, d'hydrogène et d'oxygène, éléments fournis par l'atmosphère. Il en résulte que cette culture demande très peu au sol et est plus avantageuse sous ce rapport que celle du colza.

Au point de vue économique, la culture de la betterave sucrière est rémunératrice. — En 1837, M. de Magneville, comparant les avantages de la culture du colza et de celle de la betterave, estimait le bénéfice par hectare à 247 francs pour la betterave et 167 francs pour le colza. Nous donnons à la page 911, surtout à titre rétrospectif, le tableau détaillé dressé à ce sujet; les évaluations en sont quelque peu enfantines et n'auraient guère de valeur aujourd'hui.

Actuellement, avec un rendement de 35 000 kilogrammes à l'hectare, qu'une culture bien soignée permet d'obtenir facilement, en vendant les 1 000 kilogrammes à raison de 21 francs, prix courant dans la Plaine de Caen, on peut compter sur un produit brut de 735 francs. Les frais de culture : labour, main-d'œuvre, engrais, semence, transport sur wagon, impôt, amortissement du matériel, intérêt du capital, s'élèvent au moins à 600 francs par hectare. Le bénéfice net serait donc environ de 135 francs. Il faut en outre tenir compte de la pulpe laissée par le traitement de la betterave et qui est livrée aux cultivateurs au prix de 5 à 7 francs les 1 000 kilogrammes ; c'est un aliment avantageux, convenant particulièrement pour l'alimentation des bœufs et des moutons.

En se plaçant à un autre point de vue, la culture de la betterave à sucre serait

(1) Le terme local de compost indique à la fois l'état de la terre, tant au point de vue physiologique qu'au point de vue chimique, et la nature de la récolte précédente.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

encore à propager, ne devrait-elle être utilisée que pour la nourriture des bestiaux. Des expériences faites autrefois dans le pays ont montré la supériorité de cette variété dans l'alimentation des vaches laitières : elle procure aux vaches un laitage plus abondant, plus butyreux, et un beurre d'une bonne qualité, dans la saison même où ce produit est presque nul ou d'une qualité très inférieure. Plus récemment, des expériences faites sur l'introduction de la betterave à sucre et des pulpes de sucrerie dans la ration des vaches laitières, par quelques agriculteurs de la basse Plaine de Caen, ont donné aussi d'excellents résultats.

Historique. — On voit, après l'exposé qui vient d'être fait, que du jour où l'industrie sucrière naquit en France, la Plaine de Caen était toute désignée pour en être l'un des centres les plus actifs. La Société d'Agriculture et de Commerce de Caen le comprit et s'efforça de répandre la culture de la betterave industrielle dans le pays. La première sucrerie fut fondée en 1837, à Secqueville-en-Bessin, par les frères Lecomte, de Caen; une autre fut établie peu après sur le territoire même de Caen, à la Maladrerie, par MM. Ameline et Faucamberge. Mais ces premières usines succombèrent sous le coup d'un impôt excessif; un grand obstacle au succès était aussi la distance du lieu de fabrication aux lieux de production, qui faisait perdre aux cultivateurs un temps précieux et retirait à la culture de la betterave tous ses avantages.

Plus tard, en pleine fièvre du colza, quelques hommes prévoyants préconisèrent la culture de la betterave à sucre concurremment avec celle du colza. « Que le cultivateur, disait Morière en 1854, reporte une partie de son engouement pour le colza sur les plantes-racines, sur les betteraves, par exemple, et il s'en trouvera bien. » A ce moment, diverses tentatives furent faites pour établir des distilleries dans la Plaine de Caen, elles n'eurent pas de succès; c'est que les bénéfices énormes réalisés par le cultivateur sur le colza l'avaient complètement fasciné, et il consentait difficilement à sacrifier à la culture de la betterave une portion des terres réservées au colza. En 1863 et en 1867, lorsque la période brillante du colza tirait à sa fin, il fut encore question de créer des sucreries; mais l'indifférence des cultivateurs fit échouer tous les projets. Et lorsque les prévisions de Morière s'accomplirent, que le colza se vendit à vil prix, les cultivateurs se trouvèrent pris au dépourvu, sans culture pouvant suppléer avantageusement à celle qu'ils étaient obligés d'abandonner. Bien loin de réagir contre la mauvaise fortune et de rechercher avec discernement une nouvelle source de bénéfices, ils ne firent preuve d'aucune initiative; ils se bornèrent à regretter amèrement le temps heureux où le colza les enrichissait si facilement et à en attendre mélancoliquement le retour. Mais la culture du colza se meurt maintenant, il n'y faut plus songer, et peu d'efforts ont encore été tentés pour la remplacer. Nous avons vu qu'elle doit l'être sans retard et que la plante qui convient le mieux à cet effet est la betterave sucrière.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Produit comparé de la culture de la Betterave et du Colza pour une acre de terre de 100 perches de 24 pieds (60 ares 20 centiares) (1).

BETTERAVES

Dépenses.

	francs.
Graine pour ensemencer une acre, 4 livres 1/2 à 1 fr. 50.	6 75
Engrais, 600 tourteaux de colza, pesant chacun 5 livres, à 28 fr. le cent.	168 »
Six semeurs, à raison de 5 centimes par perche	5 »
Quatre labours, à 7 fr. 50 l'acre.	30 »
Deux cultures à bras, à raison de 15 cent. la première et 5 cent. la seconde. Total 20 centimes.	20 »
Arrachage et effeuillage des racines, à raison de 15 centimes par perche.	15 »
Transport de l'engrais dans le champ, 1/2 journée de harnais.	3 75
Demi-journée d'homme pour répandre l'engrais dans le champ.	» 75
Transport des racines du champ à la fabrique de sucre, à raison de 1 fr. 25 par millier pesant. 50 000 racines coûtent	62 50
DÉPENSE TOTALE.	311 75

Produits bruts.

500 livres de racines par perche font par acre 50 milliers qui, vendues à raison de 8 fr. le millier, donnent.	400 »
Feuilles et couronnes des racines mangées par les bestiaux, équivalant au moins à 200 de foin, estimé à 30 fr. le cent, font.	60 »
TOTAL.	460 »

BALANCE

Produit brut.	460 »
Dépense.	311 75
PRODUIT NET.	148 25

COLZA

Dépenses.

	francs.
Quart d'acre en pépinière, les trois quarts en colza planté.	
Semence pour la pépinière	» 20
Achat de fumier pour la pépinière.	25 »
Transport du fumier dans le champ, 1/2 journée de harnais.	3 75
Tiers de journée d'homme pour répandre le fumier.	» 50
Arrachage et plantation du colza, à raison de 25 centimes par perche.	19 50
Transport de la plante de la pépinière dans le champ où elle doit être plantée	1 »
Trois labours à la pépinière, 25 perches.	5 63
Deux labours aux 75 perches de colza planté.	11 25
Transport de la graine du champ dans la ferme, criblage et autres soins à donner à la graine jusqu'au moment de sa vente	5 »
DÉPENSE TOTALE.	71 83

On ne comprend pas dans la dépense les frais de la récolte, parce qu'ils sont compensés, et même au delà, par les tiges du colza qui servent au chauffage.

Produits bruts.

75 perches de colza doivent produire 15 demi-hectolitres de graine qui, à raison de 12 fr. l'un, prix moyen de 11 années, donne 180 fr., sur quoi il faut déduire 4 p. 100 que le fabricant d'huile retient sur le prix d'achat. Reste	172 80

BALANCE

Produit brut.	172 80
Dépense.	71 83
PRODUIT NET.	100 97

(1) Ce tableau est extrait d'un Rapport présenté en 1837, par M. de Magneville à la Société d'Agriculture et de Commerce de Caen, sur la culture de la betterave et sur la fabrication du sucre dans les environs de Caen.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Situation actuelle. — On commence enfin à comprendre cette nécessité. Grâce aux intelligents efforts de M. Bouchon, directeur de la sucrerie de Nassandres (Eure), plusieurs agriculteurs se sont décidés, depuis quelques années, à entreprendre la culture de la betterave à sucre. L'usine de Nassandres, fondée il y a une trentaine d'années, s'alimentait entièrement au début dans la région de Bernay; peu à peu son importance s'est accrue et M. Bouchon, voyant tout le parti que l'on pouvait tirer d'une plaine aussi fertile que celle de Caen pour la production sucrière, résolut de s'entendre avec les cultivateurs pour leur acheter leurs récoltes de betteraves. Grâce à sa ténacité et à l'habileté de son représentant dans la Plaine, il est parvenu en sept années à faire passer progressivement la culture de la betterave à sucre de 120 à 700 hectares; encore a-t-il fallu pour arriver à ce résultat l'exemple de beaux rendements. C'est que les difficultés rencontrées par M. Bouchon, les mêmes qui firent échouer les premières tentatives de ce genre, sont difficiles à vaincre. En premier lieu, il faut tenir compte de la résistance opposée par les cultivateurs; le cultivateur normand se défie à l'excès de tout ce qui est nouveau et étranger, c'est de la prudence poussée jusqu'à l'entêtement et à la routine; ce qui a lieu pour la betterave, s'était produit pour le colza; il en a été de même pour les blés à grand rendement: tout ce qui peut apporter un changement aux vieilles manières de faire est condamné de parti pris. Il a fallu compter aussi avec l'amour du gain que possède tout bon paysan normand; le désir de gagner coûte que coûte, de réaliser les mêmes bénéfices énormes qu'autrefois avec le colza, a contribué certainement à empêcher la culture de la betterave de se répandre. D'un autre côté, l'inexpérience des cultivateurs n'était pas moindre que leurs exigences et les empêchait de comprendre l'importance de l'utilisation des résidus de fabrication dans l'alimentation du bétail.

Sous l'impulsion de M. Etienbled, directeur de l'École d'agriculture de Coigny (Manche), une société se constitua en 1897 pour la construction et l'exploitation d'une grande sucrerie à Caen; devant l'inertie des cultivateurs, ce projet fut abandonné. Mais on a décidé bientôt la construction d'une distillerie, dont les frais d'installation devaient être moins considérables; le cultivateur, qui aime à voir avant de s'engager, apportera, il faut l'espérer, sa production de betteraves à la nouvelle distillerie. — Des efforts de ce genre amèneront une nouvelle orientation de la culture dans la Plaine de Caen, et il est à souhaiter que la betterave à sucre y occupe bientôt la place importante qu'elle devrait avoir depuis longtemps.

CULTURE DE LA BETTERAVE A SUCRE

La culture de la betterave à sucre a encore bien des améliorations à recevoir dans la Plaine de Caen avant d'atteindre la perfection des cultures du Nord et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des environs de Paris. Elle modifie en effet de vieilles habitudes du pays, et ce n'est que peu à peu, à mesure qu'elle prendra plus d'extension, qu'elle deviendra une véritable culture industrielle.

Labours. — La terre est préparée par trois ou quatre labours, selon le temps dont on dispose. On doit labourer beaucoup plus profondément que pour toute autre culture; c'est une condition essentielle pour la betterave. Cette précaution est d'autant plus à recommander qu'en général, dans la Plaine de Caen, on laboure beaucoup trop superficiellement, même pour le blé. Nous avons vu chez M. de Saint-Quentin, à Garcelles, des betteraves à sucres qui avaient été semées un mois après les autres et qui étaient, malgré ce retard, d'une végétation plus vigoureuse; elles n'avaient pas reçu, comme on pourrait le supposer, une addition supplémentaire d'engrais, mais la terre où on les avait semées avait eu le temps de recevoir un labour supplémentaire.

Engrais. — Le fumier convient très bien à la betterave à sucre; il a l'avantage de conserver encore assez d'effet l'année suivante pour que le blé en profite.

Voici la quantité d'engrais appliqués par hectare aux betteraves à sucre par M. Terrée, qui, sur sa ferme de Carpiquet, obtient de très beaux rendements :

800 kilogrammes de superphosphate;
300 — de sulfate d'ammoniaque;
56 mètres cubes de fumier;
350 kilogrammes de nitrate de soude après le démariage.

M. Martin, professeur départemental d'agriculture du Calvados, recommande pour les terres argilo-calcaires fertiles et riche de la Plaine les deux formules suivantes :

1° Par hectare :	Fumier	40 à 45 mèt. cubes.
	Superphosphate	500 kilogr.
	Sulfate de potasse	100 —
	Nitrate de soude	100 —
2° Par hectare :	Fumier	20 à 25 mèt. cubes.
	Tourteau de ravison (4 à 5 p. 100 d'azote)	500 kilogr.
	Superphosphate	550 —
	Sulfate d'ammoniaque	100 —
	Sulfate de potasse	100-150 kilogr.
	Nitrate de soude	100 kilogr. (1)

M. Martin conseille d'appliquer ainsi ces divers engrais :

1° Enfouir les 40 à 45 mètres cubes de fumier sous labour d'hiver; — enfouir

(1) Les doses d'engrais azotés et potassiques recommandées par M. Martin nous semblent un peu faibles.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les 100 kilogrammes de sulfate de potasse et 400 kilogrammes de superphosphate en février-mars, par un labour de moyenne profondeur; — enterrer 100 kilogrammes de superphosphate et les 100 kilogrammes de nitrate par le dernier hersage précédant le semis de betteraves;

2° Enfouir les 20 à 25 mètres cubes de fumier sous le labour d'hiver; — enfouir en février-mars 20 à 25 kilogrammes d'azote organique (tourteau), 100 à 150 kilogrammes de sulfate de potasse, 100 kilogrammes de sulfate d'ammoniaque et 450 kilogrammes de superphosphate; — enterrer par le dernier hersage 100 kilogrammes de superphosphate et 100 kilogrammes de nitrate.

Les varechs, les mollusques et autres animaux marins ne doivent pas être employés; ils procurent de belles betteraves, mais trop chargées de sels (chlorures, nitrates, etc.) et qui ne peuvent convenir à la fabrication du sucre.

Semis. — On sème vers le milieu d'avril, en général, dès que les terres sont préparées. Les semailles se font en lignes; la sucrerie de Nassandres prête aux cultivateurs les semoirs nécessaires; elle leur remet aussi les graines à ensemencer. La variété allemande de Dippe est celle qui est presque exclusivement cultivée.

Façons d'entretien. — Le sol occupé par la betterave doit être très propre. Deux sarclages sont nécessaires avant l'éclaircissage et le démariage, non seulement pour obtenir une bonne récolte, mais pour pouvoir profiter du plus parfait nettoiement de la terre dans les cultures suivantes. L'éclaircissage et le démariage doivent être exécutés dès que les plantes les plus vigoureuses atteignent la grosseur d'une plume d'oie; tout retard est préjudiciable à la récolte. En semant en lignes distantes de $0^m,42$ et en laissant dans chaque ligne, lors de l'éclaircissage, une touffe de betteraves de 25 en 25 centimètres, on obtient de 9 à 10 pieds de betteraves par mètre carré, ce qui a été reconnu le meilleur écartement entre les plantes. Par le démariage on ne laisse sur chaque touffe qu'un seul plant, celui de plus belle apparence. On doit donner ensuite 2 ou 3 sarclages ou binages à la houe à cheval.

Maturité. — La maturité des betteraves se produit dans la Plaine de Caen du 15 septembre au 15 octobre. La détermination exacte de l'époque de cette maturation n'est pas très facile; mais comme c'est une question surtout fort importante pour le fabricant, celui-ci se réserve de la résoudre et donne l'ordre de procéder à l'arrachage.

Arrachage. — On choisit, autant que possible, pour cette opération un temps sec et un peu froid. On se sert des arracheuses de Bajac et de Candelier, mises par le fabricant à la disposition des cultivateurs; ces instruments, que nous avons vus à l'œuvre, fonctionnent très bien. On débarrasse les betteraves le mieux possible de la terre entraînée par les radicelles et on leur coupe le collet à la naissance des premières feuilles. Les racines sont aussitôt mises en petits tas recouverts de feuilles et, peu de jours après, envoyées à l'usine.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Débardage. — Le transport des betteraves à travers les terres est une opération pénible, peu en rapport avec l'exercice modéré que les cultivateurs demandent à leurs chevaux de demi-sang. Il faut pour ce travail des chevaux habitués à de forts coups de collier ou des bœufs. Mais les fabricants pourraient mettre à la disposition des cultivateurs quelques wagonnets sur rails mobiles. Ce système aurait aussi l'avantage, en temps pluvieux, de moins défoncer et abîmer les terres.

Vente. — La sucrerie de Nassandres achète au poids et non d'après la densité du jus. Les conditions d'achat sont les suivantes : 21 francs les 1 000 kilogrammes (prix fixe), + 2 francs si la livraison a lieu le 26 septembre, + 1 fr. 50 si elle a lieu avant le 1er octobre, + 1 franc si elle a lieu avant le 10 octobre, + 1 franc si elle a lieu après le 25 novembre (conservation en silos). A déduire 15 p. 100 de terre, en moyenne.

Rendement. — Le rendement varie le plus souvent entre 30 000 et 40 000 kilogrammes à l'hectare. Chez M. Terrée, de Carpiquet, il atteint 40 000 à 50 000 kilogrammes. — Le poids moyen de la betterave obtenue dépasse souvent 700 grammes; les betteraves n'ont pas en général une conformation parfaite : la racine est trop courte et irrégulière, souvent fourchue. La richesse moyenne en sucre est de 12 p. 100. — La sucrerie de Nassandres établit chaque année un concours entre les cultivateurs, en vue de récompenser les plus forts rendements. C'est par de bons procédés culturaux, par des labours faits à temps, par un emploi judicieux des engrais, par des semailles précoces et des façons superficielles soignées et multipliées, que les cultivateurs parviendront à réaliser les rendements élevés en quantité et en richesse qui, seuls, rendent lucrative la production betteravière; tel est le but qu'ils doivent se proposer d'atteindre, au lieu d'avoir seulement en vue une augmentation des prix d'achat.

Transport. Tarifs. — La sucrerie de Nassandres se charge du transport des betteraves; une fois les betteraves chargées sur les wagons, la tâche du cultivateur est terminée. La quantité de betteraves transportées a été chaque année en augmentant; voici les chiffres concernant la Compagnie de Caen à la mer depuis 1893 :

1893. . .	592	wagons	ou	4 750	tonnes	correspondant à	10 851	francs	de trafic.
1894. . .	1 204	—		9 616	—	—	22 889	—	—
1895. . .	1 220	—		9 766	—	—	19 742	—	—
1896. . .	1 544	—		13 354	—	—	25 600	—	—

En 1895, a commencé l'application d'un nouveau tarif, très avantageux et réservé à Nassandres seul. Ce tarif est commun aux deux compagnies de l'Ouest et de Caen à la mer. Avec l'ancien tarif, le transport d'une tonne prise à Courseulles revenait à 3 francs; avec le tarif actuel, il n'est que de 2 fr. 45 ; les frais accessoires, comme le transport d'une gare à l'autre (de la gare Saint-Martin à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la gare de l'Ouest), sont supprimés ; d'où une économie notable pour le fabricant, si l'on songe que la sucrerie de Nassandres traite 500 000 kilogrammes de betteraves par jour.

AVENIR DE L'INDUSTRIE SUCRIÈRE DANS LA PLAINE DE CAEN

L'élevage du cheval a été jusqu'ici un obstacle au développement de la culture de la betterave sucrière. La culture du colza, en n'exigeant que des labours peu profonds, convenait à merveille aux poulains dont elle facilitait le dressage tout en leur procurant un exercice modéré et salutaire. La betterave, au contraire, demande des labours plus profonds, c'est-à-dire, pour les chevaux, une dépense de force qu'on ne saurait exiger des animaux de demi-sang ; quant aux charrois, on ne peut songer un instant à les faire avec les poulains.

Mais une plante sarclée, nous l'avons vu, est indispensable. Une culture industrielle comme celle de la betterave à sucre est très avantageuse et se trouve dans les meilleures conditions pour réussir dans la Plaine de Caen. Outre la rémunération qu'elle procure, elle habitue les cultivateurs, par l'usage de fumures appropriées et d'instruments perfectionnés, à se familiariser avec les progrès de la grande culture et à transformer avec le temps leurs vieilles habitudes.

Le marché des sucres est encombré, il est vrai ; mais la consommation du sucre est loin d'avoir atteint ses dernières limites et elle ne peut que s'accroître encore d'une façon considérable. Il reste d'ailleurs un autre débouché, la production de l'alcool, dont la consommation augmente d'année en année dans de grandes proportions ; la distillerie de betteraves peut se créer une belle place dans la Plaine de Caen. L'exemple est donné. C'est aux cultivateurs à comprendre leurs intérêts et à le suivre.

SYSTÈME DE CULTURE DU LITTORAL

Le système de culture en usage dans la région côtière, tout en se rattachant à celui de la Plaine, en diffère d'une façon très nette. La production des céréales et des fourrages artificiels et l'élevage du cheval en font partie, mais n'occupent plus la place prépondérante ; ici, le système de culture est mixte : il est caractérisé par la production des légumes en plein champ ; celle-ci règle l'assolement, et c'est pourquoi nous appellerons la culture de la côte *culture maraîchère*. — Ce n'est pas la culture maraîchère proprement dite, c'est-à-dire celle qui travaille à bras une étendue restreinte, à force de fumier, d'abris vitrés, d'arrosages, et produit des légumes de primeurs ou des légumes fins. C'est la production par

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la petite culture faisant usage de la charrue, de légumes spéciaux, cultivés en alternance avec les céréales, tels que pommes de terre, choux, carottes, navets, haricots, poireaux, etc.

Le littoral de la Plaine de Caen présente des conditions très favorables pour ce genre de culture. Les terres sont de nature argilo-calcaire ; sans être légères, elles se divisent bien, et l'engrais de mer, mêlé à une proportion de fumier raisonnable, leur donne une grande fertilité ; ce sont des terres franches, perméables, excellentes pour la culture des légumes. Si certains légumes peuvent se contenter de la quantité de pluie qui tombe sous notre climat pendant la belle saison, ils gagnent cependant à être bien arrosés ; sous ce rapport, le climat humide et tempéré du littoral convient très bien à la production maraîchère.

Avec un sol fertile, facile à cultiver, dont nul accident de terrain n'interrompt l'uniformité, un climat permettant de se passer d'arrosage artificiel, le littoral de la Plaine est donc bien placé pour produire, dans les conditions de la grande culture soignée, une bonne partie des légumes nécessaires à l'approvisionnement des marchés voisins, tels que Caen, Falaise, Littry, le Havre, etc., et des marchés étrangers comme l'Angleterre et l'Allemagne.

CULTURE MARAÎCHÈRE

Les principaux centres de la culture maraîchère sont les communes de Lion, Douvres, Luc, Langrune et Saint-Aubin. Dans toutes ces localités il y a d'importantes cultures de carottes, de navets, d'oignons, de pommes de terre, de poireaux, dont les produits se vendent sur le marché de Caen ou s'exportent dans les arrondissements voisins et même sur le Havre. Comme cela se conçoit aisément, cette culture est pratiquée par de petits fermiers ou propriétaires. La contenance des exploitations de la côte est, en moyenne, de 5 à 7 hectares, dont les légumes occupent des proportions variant du tiers à la moitié.

Les cultures dominantes sont celles de l'oignon blond ou rouge, de la carotte de Luc, du poireau de Carentan, des navets, des haricots ou pois de pied, des salsifis et des pommes de terre. Il n'est pas rare de voir la carotte produire 12 à 14 barretées (1), la pomme de terre 6, et l'oignon 5 à 7 par perche de 24 pieds (60 centiares 78 millièmes). Souvent, avec l'oignon sont semés des poireaux ou porettes, des salades et des salsifis, réalisant ainsi une récolte multiple sur un même terrain. Dans une même année, l'on peut obtenir du seigle mangé en vert, des vesces ou pois, et semer la plante pour la récolte suivante. Les assolements se pratiquent ainsi : sur un *étau* (2) ou défrichement de blé bien fumé, on peut

(1) La barretée vaut un demi-hectolitre

(2) Étau, mot de patois normand employé au lieu du mot français éteule, pour désigner les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

faire des carottes ; sur les carottes, de l'oignon ; sur l'oignon, du blé sans engrais, ou du colza. On cultive aussi, dans les mêmes conditions, de la porette sur étau et du navet sur porette. Le blé sur carottes reçoit toujours de l'engrais ; l'oignon, au contraire, est un excellent *compost* à blé.

Les terres de la côte se louent actuellement à raison de 1 fr. 20 la perche, soit 200 francs l'hectare ; elles ont été louées autrefois de 250 à 320 francs l'hectare.

Ressources locales. — Les plantes marines sont d'un précieux secours comme engrais pour les cultivateurs de la côte. Par leur usage répété depuis des siècles, elles ont agi sur les terres du rivage non seulement comme engrais, mais aussi comme amendement. L'augmentation d'humus et le plus grand ameublissement qu'elles ont procurés au sol sont une des causes de la fertilité de cette partie de la Plaine. Le varech est l'engrais marin le plus abondant et le plus employé ; viennent ensuite les étoiles de mer et les moules.

Varech. — Sous ce nom, on désigne des herbes dont la plus répandue est le *Fucus vesiculosus*. Cette herbe marine a une très grande importance sur le littoral ; de tout temps on l'a utilisée comme engrais ; les rochers du Calvados en sont abondamment couverts et, lors des grandes marées, les vagues détachent ces herbes et les apportent à la côte.

Le varech avait autrefois sa législation. L'Ordonnance de la Marine, du mois d'août 1681, contient des règles touchant l'herbe appelée varech ou *vraicq* (voir Coutumes de Normandie) : « Les habitants des paroisses doivent s'assembler dans le mois de janvier, sur un avertissement des trésoriers, pour fixer le commencement et la fin de la coupe du varech à l'endroit de leur territoire ; il doit être coupé de jour et non de nuit, il n'est pas permis d'en faire trafic ; les seigneurs de fiefs ne peuvent pas s'opposer à la coupe ; le varech de rencontre et qui est jeté sur le grévage par tourmente de mer peut être recueilli indifféremment par tout le monde. » Ces règlements sont tombés en désuétude. On coupe actuellement le varech sur les rochers dans les mois de mars ou de septembre, ou on le recueille de préférence au rivage.

Le moment des grandes marées est attendu impatiemment par toute la population active et laborieuse de la côte, car les flots vont amener alors au rivage, dans leurs puissants remous, l'engrais bienfaisant qui, incorporé au sol, le fécondera et fera naître les récoltes futures. Septembre-octobre est l'époque de l'année la plus importante pour cette récolte ; répandu à ce moment sur les champs, le varech pourra se décomposer durant l'hiver et être assimilé peu à peu par la terre. La récolte du varech ne laisse pas d'être pénible pour les cultiva-

chaumes restés sur place après la récolte enlevée. On se sert encore, dans la Plaine de Caen, du mot étouble.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

teurs ; ils doivent se plier à l'heure des marées et travailler le jour comme la nuit. Souvent, de grand matin, vers deux heures, au petit jour, les *banneaux* (1), tirés par leurs vigoureux attelages, commencent à s'acheminer vers la plage. Sitôt arrivés, les hommes, armés de râteaux, entrent dans l'eau jusqu'à mi-jambe ; rapidement ils accumulent le précieux engrais sur le rivage, puis l'entassent sur les tombereaux. Le chargement terminé, les chevaux se mettent à l'œuvre ; malgré leurs efforts, le banneau lourdement chargé s'ébranle avec peine, les bêtes enfoncent dans le sable qui se dérobe sous eux et s'épuisent sans avancer ; on les laisse reposer, puis il faut repartir ; les hommes les excitent, poussent aux roues, et enfin, après beaucoup de peine, la voiture parvient à gravir la pente sableuse qui conduit du rivage à la route, et elle se dirige dans les champs.

L'avantage, pour le cultivateur, de trouver en quelque sorte un engrais mis par la nature à sa disposition, est donc compensé par le dur travail qu'exige la récolte, par l'épuisement des chevaux qui s'usent vite à ces démarrages fatigants, par les détériorations que subissent les voitures, les colliers et les harnais. Mais le cultivateur de la côte sait que l'on n'a rien sans peine et que ce varech, si pénible à recueillir, le dédommagera amplement en faisant produire à la terre de superbes récoltes. Grâce, en effet, à ces apports continus, le sol du littoral est devenu d'une fertilité merveilleuse et donne des rendements considérables.

Traitement du varech. — Le varech, une fois recueilli, est mis en tas sur le bord des routes, afin de le laisser égoutter et sécher. Si on le laisse ainsi trop longtemps, il se décompose en subissant une véritable fermentation ; mais il perd une certaine quantité de sa matière azotée et surtout de ses sels potassiques. Aussi MM. Müntz et Girard conseillent-ils de ne pas laisser le varech trop longtemps soumis à l'action des agents atmosphériques, car, d'après eux, il se décompose, en général, rapidement dans le sol. Certains cultivateurs de la côte feraient bien de tenir compte de ce conseil ; ils y gagneraient une bonne proportion de principes fertilisants, et les routes ne seraient pas empestées par l'odeur du varech en décomposition. Avant la dessiccation du varech, on désire quelques ondées qui le lavent et le dessalent. Le varech séché est alors étalé dans les champs ; il se décompose pendant l'hiver et on l'enfouit au printemps par un labour.

Composition chimique. — Le varech doit être considéré comme une substance fertilisante à base de potasse et renfermant, en outre, certaines proportions d'azote ; de plus il entraîne, attachés à sa surface, des petits coquillages qui apportent l'élément calcaire.

(1) Tombereaux du pays.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Voici quelques chiffres se rapportant à la composition de ces plantes prises à l'état dans lequel elles se présentent ordinairement :

	N° 1.	N° 2.	N° 3.	N° 4.	N° 5.	N° 6.	N° 7
Eau.	70,00	75,00 à 80,00	80,44	56,60	77,30 à 88,00	80,00	»
Azote.	0,3 à 0,4	0,15 à 0,50	0,45	1,10	0,30 à 0,40	0,30	0,23
Acide phosphor.	0,1 à 0,2	0,20 à 0,30	0,46	»	0,24 à 0,14	0,58	»
Potasse.	0,5 à 1,0	1,00 à 2,00	1,29	»	0,34 à 0,43	»	»
Chaux.	0,5 à 1,0	0,50 à 1,00	1,86	3,41	2,60 à 0,80	0,66	»

Les analyses de M. Durand-Claye ont donné les compositions suivantes pour les varechs d'épave et de coupe :

	Varechs d'épave.				Varechs de coupe.	
Eau.	76,06	72,74	72,55	61,11	69,75	66,92
Azote	0,38	0,53	0,43	0,57	0,53	0,36
Acide phosphorique.	0,08	0,07	0,11	0,20	0,13	0,15
Chaux.	0,68	0,76	0,84	1,10	0,86	1,10

Les chiffres de M. Durand-Claye montrent qu'il n'y a pas lieu d'établir de différence entre la valeur fertilisante des varechs de coupe et d'épave; en Bretagne, on considère, à tort, ces derniers comme inférieurs aux premiers.

Les plantes qui ont de grands besoins en potasse (pomme de terre et navet) sont très sensibles à l'application de cette fumure. Le varech, par lui-même, n'est pas très fertilisant; on l'emploie surtout pour hâter la végétation : il l'accélère, mais il ne fait pas fructifier; employer deux années de suite le varech seul serait vouloir appauvrir, stériliser le sol. Le seigle, l'orge, l'avoine, le chanvre, le lin, le sarrasin, l'oignon, aiment le varech; mais le blé ne le souffre pas (il pousse trop au développement herbacé); c'est aussi un mauvais engrais pour la betterave à sucre.

(*A suivre*).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MÉTALLURGIE

Sur les transformations allotropiques des alliages de fer et de nickel.

Note de **M. L. Dumas** (1).

MM. Dewar et Fleming, et après eux M. Osmond (2), ayant immergé dans l'air liquide un alliage de fer et de nickel à 29,07 p. 100 de nickel ont constaté qu'il avait subi la transformation non réversible. Or cet échantillon commence à subir la transformation réversible au-dessus de 0° : il présente donc cette particularité d'accuser successivement les transformations caractéristiques des deux catégories d'alliages qui ont été dénommées par M. Ch.-Ed. Guillaume *réversibles* et *irréversibles* (3). Nous avons eu nous-même l'occasion de signaler un alliage de 27,72 p. 100 de nickel qui a la même propriété (4). Ces constatations nous ont amené à faire de nouvelles déterminations (5) sur des échantillons à teneurs voisines de 25 p. 100.

Le carbone ayant la propriété d'abaisser le point de transformation non réversible, nous avons eu soin d'écarter les teneurs en carbone élevées. Lorsque la transformation non réversible ne se produisait pas à la température ordinaire, nous avons eu recours au refroidissement dans la neige carbonique. Les résultats de nos expériences sont les suivants :

Composition chimique pour 100.			Point de transformation			
			non réversible		réversible	
Nickel.	Carbone.	Manganèse.	à l'échauffement. Degrés.	au refroidissement. Degrés.	à l'échauffement. Degrés.	au refroidissement. Degrés.
22,64	0,095	0,230	560	85	»	»
24,04	0,343	0,506	520	60	»	»
24,72	0,098	0,153	530	40	»	»
25,84	0,079	0,230	495	25	60	50
27,12	0,233	0,182	475	vers — 30	95	90
27,72	0,251	0,364	425	vers — 70	95	90
28,82	0,110	0,650	410	vers — 60	100	90
20,94	0,260	0,492	»	non transformé à — 78	110	100

Jusqu'à 25,84 p. 100 de nickel, les points de transformation non réversibles sont au-dessus de 0°; à partir de 27,12 p. 100 de nickel, le point de transformation au refroidissement est au-dessous de 8°; à 29,94 p. 100 la neige carbonique est impuissante à produire la transformation non réversible; le point de transformation, s'il existe, ce qui nous paraît très probable, n'apparaîtrait que dans l'air liquide. A la teneur de 25,84 p. 100 de nickel, nous constatons l'existence simultanée des points de transformation réversible et non réversible; à mesure

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 14 mai 1900.

(2) *Proc. Roy. Soc.* t. LX, 1896, et *Comptes rendus*, CXXVIII, p. 1396.

(3) *Comptes rendus*, t. CXIV, p. 1515.

(4) *Comptes rendus*, t. CXXIX, p. 42.

(5) La Société de Commentry-Fourchambault et Decazeville nous a chargé de la direction de ces recherches, qui ont été faites à l'usine d'Imphy par les soins de M. Adenot, directeur, MM. Dauphin. Gineste et Coupeau, ingénieurs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que la teneur en nickel augmente, les points de transformation réversible s'élèvent, tandis que les points de transformation non réversible s'abaissent.

Les alliages dont la teneur en nickel est voisine de 25 p. 100 n'accusent plus la transformation réversible, même dans l'air liquide, lorsque leur teneur en carbone est suffisamment élevée. Mais ces alliages accusent la transformation réversible, même lorsque leur teneur s'abaisse au-dessous de 26 p. 100, pourvu qu'elle ne s'en éloigne pas notablement. C'est ce qui résulte des déterminations de points de transformation suivantes :

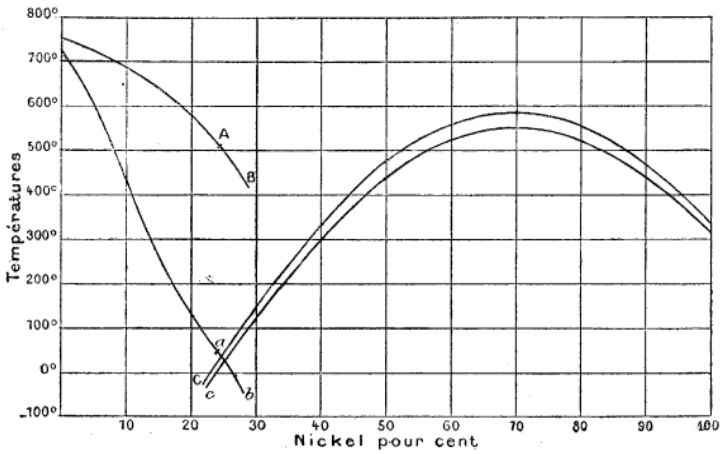
Composition chimique p. 100.				Points de transformation	
Nickel.	Carbone.	Manganèse.	Chrome.	réversible.	non réversible.
25,27	0,587	0,880	»	+ 75°	non transformé à — 78°
24,61	0,640	0,880	»	vers — 25°	non transformé à — 188°
21,90	0,570	0,480	»	vers — 15°	non transformé à — 78°
16,05	0,535	0,828	3,02	non transformé à — 188°	

La transformation réversible de ces échantillons se manifeste au refroidissement par l'apparition d'un magnétisme extrêmement faible, qui prend progressivement de l'intensité à mesure que la température s'abaisse. Nous avons constaté que les trois premiers échantillons deviennent nettement magnétiques dans la neige carbonique; nous avons eu l'occasion d'immerger le second dans l'air liquide, son magnétisme a encore augmenté.

Nous devons signaler que nous ne tenons pas compte d'un magnétisme extrêmement peu intense qui subsiste sans modification appréciable dans son intensité, même au-dessous de 100° dans les trois premiers échantillons.

Les additions de carbone ont mis en évidence dans ces échantillons la transformation réversible, même lorsque la teneur en nickel est réduite à 21,90 p. 100. Le point de transformation s'abaisse de plus en plus à mesure que la teneur en nickel diminue.

Ces constatations nous amènent à admettre que les alliages peu carburés, à teneurs



voisines de 25 p. 100, subissent la transformation réversible comme les alliages fortement carburés, c'est-à-dire qu'ils subissent successivement, sous l'influence du refroidissement, la transformation non réversible et la réversible, cette dernière étant masquée par la première qui est plus intense.

M. Osmond a résumé les déterminations qu'il a faites sur une série d'alliages dont les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

teneurs varient de 0° à 100°, dans un diagramme (1) que nous reproduisons ci-dessus en prolongeant les courbes de ce diagramme au moyen des résultats de nos propres expériences.

Les courbes de transformation non réversible qui, dans le diagramme de M. Osmond, s'arrêtent en A*a*, sont prolongées jusqu'en B*b*. En outre, les courbes de transformation réversible se prolongent jusqu'à C*c* par des branches dont l'existence nous paraît constatée, quoique leur position sur l'échelle des température ne soit pas exactement précisée.

L'examen de ce diagramme nous amène à admettre que les courbes des points de transformation du fer, transformation non réversible, et celles des points de transformation du nickel, transformation réversible, se coupent, et sont, par conséquent, distinctes. Il semble donc établi que ces courbes ne présentent ni minimum ni branche horizontale comme les courbes de points de fusion, c'est-à-dire qu'il n'existe aucune proportion de fer et de nickel jouissant, au point de vue de la transformation allotropique, de propriétés analogues à celles des eutectiques.

Le nickel abaisse les points de transformation du fer, et le fer abaisse de même ceux du nickel, quoiqu'il commence par les relever. Il en résulte que le magnétisme des alliages qui n'ont pas été refroidis au-dessous de 0° provient exclusivement du fer, si la teneur en nickel est inférieure à 26 p. 100, et exclusivement du nickel si elle est supérieure à 26 p. 100. Entre 25 et 26 p. 100, le magnétisme a disparu presque complètement à la température ordinaire, en conséquence de l'abaissement simultané des points de transformation du fer et du nickel.

(1) *Comptes rendus*, t. CXXVIII, p. 306.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHIMIE

Sur la dilatation de la silice fondue. Note de **M. H. Le Chatelier.**

Au cours de mes recherches (1) sur les mesures de dilatation aux températures élevées, j'ai eu l'occasion d'étudier les différentes variétés de silice. Dans l'état cristallisé, elles présentent toutes des anomalies très curieuses; la silice amorphe seule possède une dilatation à peu près régulière et relativement faible. Il subsistait cependant une assez grande incertitude sur l'état réel de la silice employée. Nos expériences avaient porté sur des briquettes de sable quartzeux aggloméré avec 2 p. 100 de chaux et chauffé à 1 650° pour faire passer le quartz à l'état amorphe; mais il m'avait été impossible d'établir d'une façon certaine que l'état cristallisé avait totalement disparu.

J'ai pu, grâce à l'obligeance de M. Moissan, reprendre l'étude de cette question sur de la silice fondue, préparée au four électrique. Les mesures ont été faites par la méthode que j'ai étudiée avec M. Coupeau à l'occasion de ses recherches sur les pâtes céramiqnes (2). Cette méthode consiste à déterminer la différence d'allongement entre deux prismes de même longueur, l'un de la matière étudiée et l'autre de la porcelaine, la dilatation de ce dernier ayant, au préalable, été obtenue par une mesure directe. Les expériences ont porté sur des prismes de 50 millimètres de longueur et 10 millimètres de côté.

Les résultats des mesures, exprimés en millimètres et rapportés à une longueur de 100 millimètres ont été les suivants :

Températures. . . .	180°	532°	588°	700°	750°	850°	942°
Allongements. . . .	0mm,005	0mm,038	0mm,050	0mm,075	0mm,090	0mm,080	0mm,070

Cela correspond entre 0° et 1 000° à un coefficient moyen de dilatation de 0,0000007. Celui de mes anciennes expériences était notablement plus fort; la transformation du quartz en silice amorphe n'avait donc pas été complète.

La silice fondue serait actuellement, de tous les corps communs, celui qui a de beaucoup la dilatation la plus faible. Elle doit, pour ce motif, pouvoir résister sans rupture à des changements très brusques de température.

Le quartz ne fond qu'à une température très élevée, supérieure à celle du platine. On abaisse son point de fusion par l'addition de petites quantités d'aluminium. Le mélange le plus faible de ces deux corps qui répond, comme on le sait, à la composition

$$10\,SiO^2.Al^2O^3.2Li^2O$$

fond à 100° environ plus bas que le platine. En ajoutant à ce mélange des bases alcalines et alcalino-terreuses, on abaisse encore le point de fusion, qui descend à 1 400° dans les couvertes de porcelaine. Mais en même temps la dilatation se relève.

J'ai cherché si, pour l'emploi de la lithine, on ne pourrait pas réunir à une fusibilité suffisante une très faible dilatation. Avec le mélange cuit à 1 200°, j'ai obtenu les résultats suivants:

Températures.	200°	500°	700°	800°	860°
Allongements.	0mm,01	0mm,035	0mm,05	0mm,09	0mm,13

Ce mélange aurait donc une dilatation peu supérieure à celle de la silice fondue.

Mais les résultats obtenus n'ont pas été très réguliers. Les faibles dilatations ont été obtenues dans des conditions particulières de cuisson indéterminées. Dans d'autres circonstances les dilatations ont été plus élevées. Ces écarts peuvent tenir à des volatilisations de quantités inégales de lithine ou à une recristallisation partielle de la silice.

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 18 juin 1900, p. 1703.
(2) *Bulletin de la Société d'Encouragement*, 5e série, t. III, p. 1274; p. 1898.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

NOTES DE MÉCANIQUE

LA LOCOMOTION SUR ROUTES D'APRÈS *M. Hele Shaw* (1)

1° *Roulement des roues sur les routes.* — Quand une roue roule sur une route dure et lisse, chacun des points de sa jante décrit une cycloïde de départ normal à la route, de sorte que la résistance au roulement est très faible ; mais quand la route est molle ou irrégulière, la résistance augmente considérablement, et, pour les véhicules remorqués, plus vite avec la mollesse qu'avec l'irrégularité des routes. Pour les automobiles, c'est l'inverse ; ce qui tient à ce que la résistance opposée par les irrégularités,

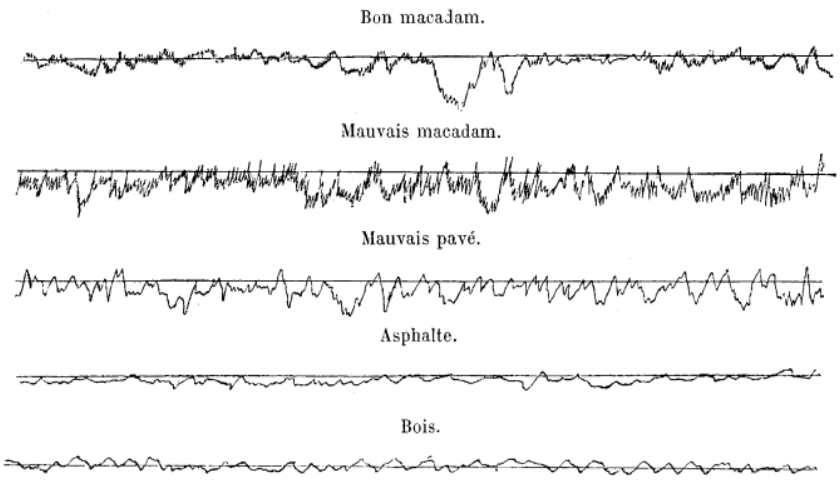


Fig. 1. — Diagrammes de trépidations au roulement.

les chocs, etc., augmente comme le carré de la vitesse, tandis que celle due à la mollesse de la route ne varie presque pas. A partir d'une certaine vitesse, les chocs exercent en outre une action véritablement destructive sur l'automobile. Les tracés (fig. 5 et 8), relevés au moyen du viagraphe de M. Brown, montrent bien à quels chocs sont exposés les automobiles sur les routes et pavés des villes, chocs atténués sur le véhicule par les ressorts et sur les roues mêmes par les pneumatiques.

Les pneumatiques ont été appliqués à une voiture il y a cinquante ans, par M. Riv Thomson, mais sans succès pratique, faute des matériaux et des perfectionnements de détail nécessaires. Le pneumatique, en passant sur un petit obstacle, semble l'absorber par une très faible déformation et avec une très légère levée de l'essieu.

(1) *Institution of Mechanical Engineers*, avril 1900.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

D'après les expériences de M. Michelin, sa résistance augmente peu avec la vitesse tandis que celle d'un bandage en fer passe, de 100 au pas, à 126 et 164 au trot ordinaire et au grand trot. Le caoutchouc plein est, au contraire, inférieur au fer sur une route bonne et dure, tandis que le pneumatique lui est supérieur de 50 p. 100, surtout sur les routes en mauvais état, avec boue, neige, etc., ainsi que l'expliquent d'ailleurs parfaitement les figures 2 à 4.

Pour les gros automobiles de poids lourds, il faut encore des bandages en fer et des roues étudiées pour être à la fois porteuses et motrices. Au concours de Liverpool,

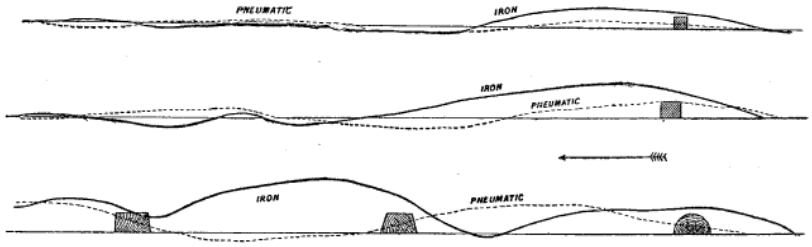


Fig. 2 à 4. — Diagrammes du passage d'obstacles par des roues à jante ferrée (*Iron*) et pneumatiques.

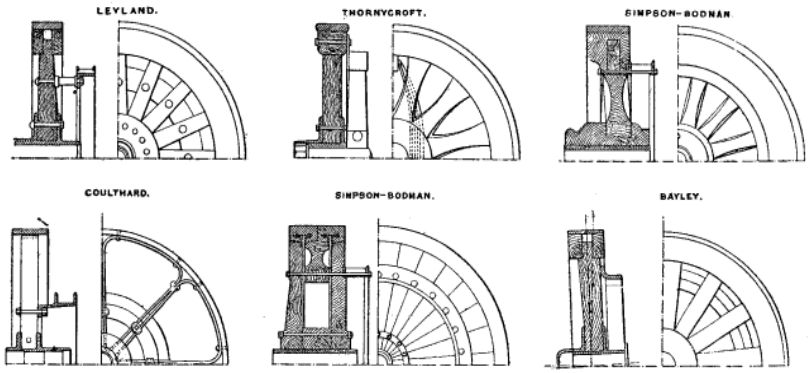


Fig. 5 à 10. — Types de roues pour automobiles à poids lourds.

en parcours de 65 kilomètres sur mauvais pavage, les roues tout en fer de Coulthard ont (fig. 8) donné de bons résultats. La roue conique inclinée de Bailey (fig. 10) a aussi supporté l'épreuve, mais ces roues coniques glissent forcément quand leur essieu est horizontal : de là, une tendance à toujours s'écarter, ce qui, pour les grosses charges, n'est guère avantageux. La roue Bailey est commandée par un grand pignon annulaire, à denture intérieure abritée de la poussière, et dont l'extérieur reçoit la bande d'un frein très efficace ; les rais sont en chêne et le bandage en fer de 130 millim. de large. Malgré les renseignements fournis par ce premier concours et les perfectionnements apportés aux roues en conséquence, les résultats du second concours de Liverpool ont montré qu'il reste encore beaucoup à faire et que la défectuosité des roues est encore le principal obstacle au développement rapide des automobiles de poids lourds. Tout récemment, la roue de Simpson-Bodman (fig. 7) a donné de bons résultats avec

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des bandages en caoutchouc pleins, bien qu'ils soient, comme nous l'avons vu, très inférieurs aux pneumatiques. On arrivera bientôt à réaliser d'excellents pneumatiques pour les automobiles légers ; pour les poids lourds, on préfère encore les roues rigides à cause de la très grande difficulté de leur adapter des jantes élastiques, et, peut-être, arriverait-on à une solution satisfaisante en augmentant le nombre des roues comme pour les grosses locomotives.

Direction et virage. — Presque tous les mécanismes de direction sont établis sur le principe énoncé en ces termes par Ackermann en 1828 : « Pour tourner sûrement dans un petit cercle, il faut que les roues soient assez inclinées pour ne changer que très peu leur appui sur le sol », et qui consistait à remplacer la cheville ouvrière unique des voitures ordinaires par deux fusées articulées : une pour chaque roue de

Fig. 11. — Direction *Daimler*.

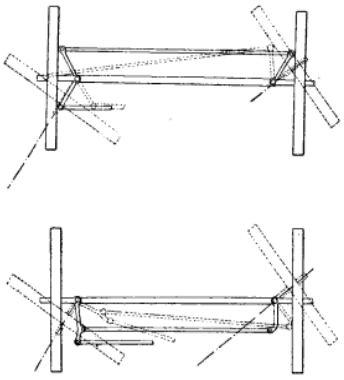


Fig. 12. — Direction *Clarkson-Capel*.

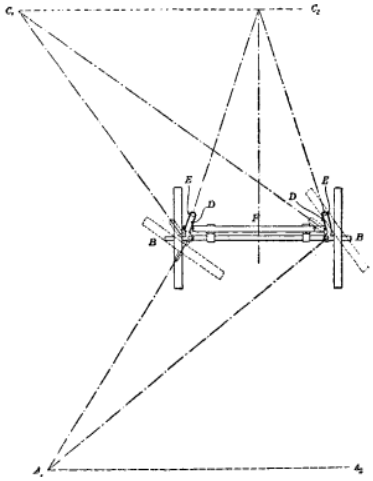


Fig. 13. — Direction *Davis*.

l'essieu d'avant, et les plans prolongés de ces roues directrices doivent, quand on les incline, se couper toujours sur l'essieu d'arrière. Dans la direction de Daimler, ce résultat est (fig. 11) obtenu en commandant les roues directrices par deux leviers divergents conjugués par une bielle en avant de leur essieu, tandis que, dans la direction de Clarkson et Cappel (fig. 12), ces leviers sont convergents avec leur bielle en arrière de l'essieu directeur. Les roues doivent être coniques, inclinées sur leurs fusées de manière que leur point de contact avec le sol soit autant que possible dans l'axe de l'articulation et, qu'ainsi, les chocs et la poussée des roues ne réagissent pas sur les leviers. D'autre part, cette conicité de roues rend la direction plus difficile, principalement au départ, parce que les roues tendent alors à tourner autour du point d'intersection de leurs fusées prolongées avec le sol. La solution d'Ackerman ne remplit pas les conditions voulues pour les positions extrêmes des roues : mais il n'en est pas de même de celle de M. Davis (fig. 13) dans laquelle le lieu des intersections des prolongements des leviers DL des fusées des roues directrices est une droite C_1C_1, parallèle à l'essieu moteur A_1A_1 et à la même distance que lui de l'essieu directeur BB dont les fusées prolongées se coupent alors toujours sur A_1A_1 ; à cet effet, les leviers DD

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sont renfermés dans des tubes EE, aux extrémités de la traverse F, qui se déplace parallèlement à BB.

Quant au virage, il s'obtient, comme on le sait, en formant l'essieu moteur de deux parties conjuguées par un train différentiel, dérivé le plus souvent du train conique de White.

Moteurs et transmissions. — On emploie aujourd'hui, comme agents moteurs, le pétrole ou la gazoline, la vapeur et l'électricité.

Les moteurs à pétrole s'adaptent parfaitement aux automobiles légers: faible poids de machine et d'approvisionnement, conduite facile et sûre, longue durée si on les soigne bien: on peut leur reprocher leur mauvaise odeur et leurs vibrations, leur peu d'élasticité et leur irréversibilité, exigeant des mécanismes compliqués et bientôt ferrailleurs de réduction de vitesse et de changement de marche. Pour les gros moteurs, la mise en marche est pénible. M. Barcroft, de Newry, les a récemment perfectionnés en y maintenant le mélange et la compression invariables indépendamment de la charge.

Les moteurs à vapeur exigent une chaudière et un condenseur (du moins en Angleterre, où la loi interdit la fumée produite en hiver par l'échappement direct dans l'atmosphère), avec leur tuyauterie compliquée. Leur conduite, que l'on pourra modifier sans doute, est plus difficile. Si l'on pouvait réaliser un moteur à vapeur à condensation, entièrement automatique, avec chaudière inexplosible, il obtiendrait probablement très vite un grand succès sur tous les automobiles légers ou lourds, en raison de son élasticité, de sa réversibilité, de sa douceur et de la facilité de sa mise en marche. On n'a guère employé jusqu'ici, comme combustible, que le charbon, le coke et le pétrole : peut-être pourra-t-on employer un jour l'acétylène liquide.

La dynamo constitue évidemment un moteur parfait en elle-même: mais trop limité par la difficulté de lui fournir l'électricité.

Dans les moteurs à hydrocarbure, on emploie les carburateurs à vaporisation simple ou avec pulvérisateurs, ces derniers indispensables avec le pétrole. La carburation joue un rôle très important dans le rendement et la régularité de marche du moteur : il importe que l'air et l'hydrocarbure soient intimement mélangés, en pulvérisant d'abord l'hydrocarbure puis en le mêlant à l'air.

L'allumage par tube est sujet à voir la flamme de sa lampe s'éteindre par les grands vents : aussi est-il, malgré sa sûreté et sa simplicité, souvent supplanté par l'allumage électrique, principalement sans pile ni bobines, au moyen d'une machine magnéto-électrique commandée par le moteur. Cet allumage permet de régler facilement la marche du moteur en faisant, par le simple déplacement d'un contact, partir l'étincelle au point voulu de la course du moteur.

La difficulté de la mise en train à la main conduit, suggestion des plus désagréables, à laisser le moteur tourner à vide pendant les arrêts. On a essayé, mais sans succès jusqu'à présent, la mise en train par une réserve d'air comprimé, qui ajoute une complication de plus au moteur.

Le réglage s'opère par l'étranglement de l'admission du mélange, la fermeture ou l'ouverture complète de l'échappement. Dans les machines à deux cylindres, comme celle de Daimler, on peut agir successivement sur chaque cylindre ; on peut aussi agir, comme nous l'avons vu, sur l'allumage automatiquement ou à la main, mode de réglage qui se répand de plus en plus.

La marche à quatre temps, naturellement irrégulière, rend le problème de l'équi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

librage plus difficile qu'avec les machines à vapeur. Dans les types de Daimler et d'Henriod (fig. 18 et 19), l'équilibre des masses est réalisé par l'accouplement des deux pistons sur manivelles à 180°, mais avec un couple moteur plus régulier dans le dispositif d'Henriod. Les solutions de Prétot et de Hyler White (fig. 14 et 15) exigent des articulations nombreuses ou des engrenages, celle plus simple de Cobron (fig. 16) évite, comme celle de White, tout effort de torsion. Dans la machine de Lanchester n° 1 (fig. 17), les manivelles à 180° sont séparées et les deux volants tournent en sens contraires, l'attirail des bielles s'équilibre exactement, et dans le type double (fig. 20), l'équilibrage est total. La machine Monarch réalise l'équilibre par trois manivelles (fig. 21) dont une centrale, à 180° des deux centres.

Le refroidissement du cylindre par les ailettes devient insuffisant pour les moteurs à partir d'environ 3 chevaux ; il faut avoir recours à une circulation d'eau au travers du

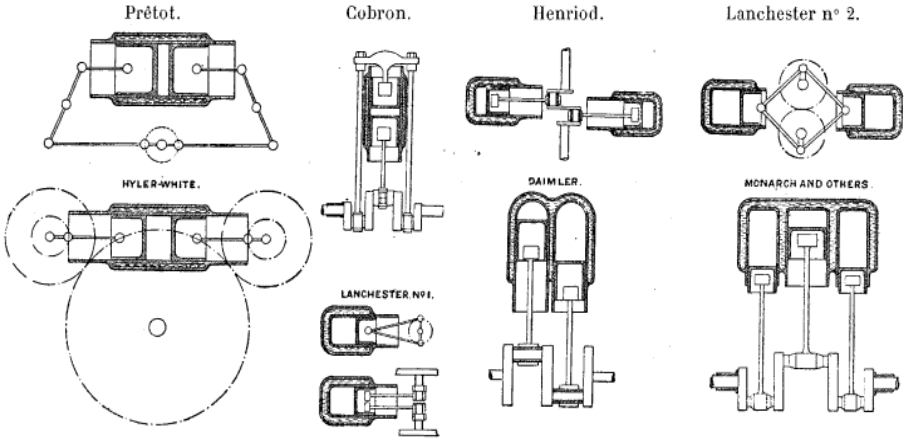


Fig. 14-21. — Équilibrage des moteurs à pétrole.

tuyau à surfaces rayonnantes : fils, ailettes, rosettes, etc., on peut ainsi réduire considérablement la dépense d'eau, par exemple à 75 grammes pour une course de 80 kilomètres accomplie en 4 heures 3/4 par une voiturette à 4 places.

On a dû créer pour les automobiles à vapeur des types de chaudières et des foyers entièrement nouveaux, souvent plus intéressants que les machines mêmes. Dans les gros automobiles la chaudière est (fig. 22) presque toujours à l'avant ; celle de Musker (fig. 24 et 31) est au milieu et transversale parce qu'elle est d'un type horizontal avec ventilateur pour le tirage, dispensant d'une cheminée : un petit moteur spécial fournit à la chaudière son eau d'alimentation et au foyer le pétrole et l'air nécessaire à sa combustion, pris au condenseur où il s'échauffe. Il faut placer la chaudière et le moteur aussi près que possible de l'essieu moteur pour assurer l'adhérence en tout cas : le système Musker dégage la plate-forme, mais sa charge ne pèse pas autant sur les roues motrices que dans les autres systèmes.

Les automobiles de Thornycroft et de Lifu ont (fig. 22) leurs machines disposées horizontalement au milieu et sous la plate-forme avec attaque des roues motrices par des trains d'engrenages : les machines de Coulthard et Clarkson-Capel sont verticales,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à l'avant, avec transmission par chaînes ; dans l'automobile de Bayley, cette transmission (fig. 26) a lieu par arbre à joints brisés et pignons. Simpson-Boodmann emploie (fig. 23) deux petites machines à trois cylindres commandant chacune séparément une roue motrice placée à l'arrière, très accessibles et qui, avec la chaudière à l'avant,

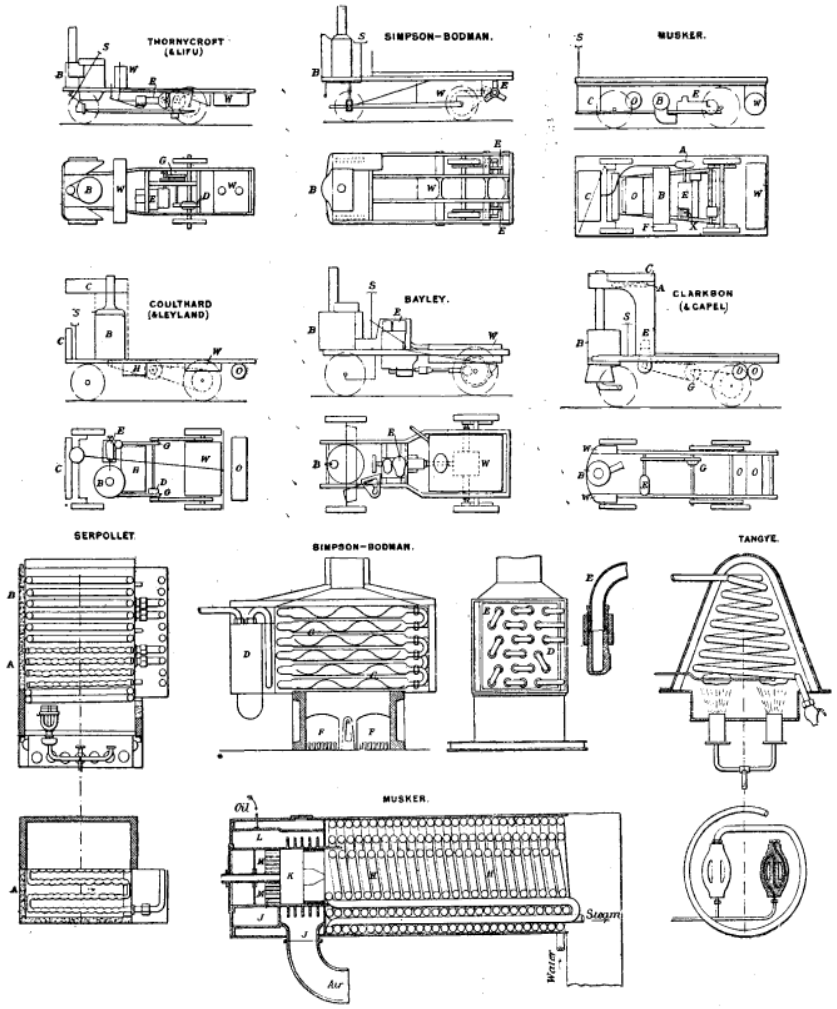


Fig. 22-31. — Types d'automobiles à vapeur et de chaudières chauffées au pétrole.

donnent une répartition des charges irréprochable. L'indépendance des machines évite le différentiel ; leur commande des roues par chaîne et train d'engrenages à changement de vitesse est très simple, leur marche est extrêmement douce, au point, qu'à la vitesse de plusieurs centaines de tours par minute, on peut placer une pièce de monnaie toute droite sur le fond du cylindre vertical sans qu'elle risque de tomber.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les machines de Musker, Leyland, Coulthard et Clarkson-Capel sont à condenseurs aériens, les autres comptent sur la surchauffe de la vapeur pour en éviter le panache à l'échappement.

Les figures 27 à 36 représentent quelques-uns des *brûleurs à pétrole* pour chaudières qui ont eu quelque succès, parmi les très nombreux systèmes de ce genre proposés par les inventeurs. Avec les huiles lourdes, il faut chauffer le pétrole, par exemple, comme dans le brûleur Longuemare, en lui faisant traverser (fig. 32) un serpentin A avant d'arriver au brûleur. B, pourvu d'une aiguille de réglage C, manœuvrée par le conducteur. Dans le brûleur Lifu, le pétrole est vaporisé dans une chambre D, dont il parcourt les canaux en spirale, chauffée par la flamme du brûleur E, à nappe d'air formée par le cône F. : un amas de cailloux G, maintenu au rouge par la flamme, la rallume automatiquement en cas d'extinction. Dans les appareils de Clarkson-Capel on règle l'admission de l'air automatiquement par (fig. 36) l'ouverture du diaphragme L L, au droit duquel il se mélange à la vapeur de pétrole amenée par le serpentin H H dans la chambre de mélange J, par une petite ouverture K, réglée par une aiguille M, que l'on manœuvre par le même levier P qui règle l'ouverture de la valve principale N d'admission de la flamme au foyer par le cône en nickel Q; ce brûleur a parfaitement fonctionné au concours de Liverpool. M. Musker refoule (fig. 31) son air au moyen d'un ventilateur commandé par sa machine auxiliaire, au travers du tuyau J, et après qu'il s'est échauffé sur les ailettes K, au droit du pétrole, qui tombe goutte par goutte en L. Ce pétrole se vaporise sur les parois de la chambre K et passe, mélangé à l'air, au travers du diffuseur M, percé de nombreux trous, et qui l'amène au brûleur K. Comme la pompe à pétrole est commandée par la même machine auxiliaire que le ventilateur et la pompe d'alimentation de la chaudière, on voit que le rapport du volume d'air à celui du pétrole reste invariable, ce qui assure à la flamme une allure constante et une combustion parfaite, malgré les variations de ses dimensions. Le brûleur Leyland (fig. 33 et 34), qui marche avec de l'essence dans les automobiles Stanley, a son aiguille réglée par un diaphragme S, exposé en T à la pression de la vapeur et en V à celle d'un ressort qui ouvre l'admission X de la benzine Y d'autant plus que la pression baisse en T.

Les chaudières doivent être aussi légères que possible et d'une élasticité suffisante pour permettre de forcer la pression et le débit de la vapeur aux coups de collier, élasticité qui constitue l'un des principaux avantages de la vapeur, parce qu'elle permet souvent de supprimer les mécanismes de changements de vitesse, surtout avec les machines compound, en admettant sur les rampes la vapeur directement aux deux cylindres. Les chaudières à tubes d'eau satisfont parfaitement à ces conditions. L'une des meilleures est la chaudière Thornycroft (fig. 37) adoptée par la Thornycroft Steam Wagon C°, Chiswick, constituée par deux corps annulaires A et B, reliés par des tubes C, avec foyer alimenté par le trou E; les gaz s'échappent par la cheminée F, après avoir convenablement parcouru les tubes. Le type analogue (fig. 38) est plus économique parce que les gaz s'échappent autour du bouilleur supérieur avec dôme H fournissant de la vapeur sèche. Le brûleur de pétrole J est réglable par la vis K. La chaudière Merryweather est (fig. 39) caractérisée par son grand foyer L, entièrement entouré d'eau, et par ses deux faisceaux de tubes les uns inclinés les autres verticaux, et assurant ainsi une circulation très active. La chaudière de Dion (fig. 40), aussi très efficace, se compose de deux espaces ou chambres annulaires reliées par de petits tubes inclinés, avec foyer N alimenté de M par le trou P.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les chaudières à vaporisation instantanée ont été remises en vogue par les beaux travaux de M. Serpollet sur la vaporisation en gros tubes capillaires. Dans ses chaudières actuelles, ces tubes sont (fig. 28) de deux sortes : au bas, une série de gros tubes en acier A, tordus en hélice, et dans la partie supérieure, des tubes unis B, plus légers. Le chauffage se fait au pétrole. Les tubes C (fig. 29) de la chaudière Simpson Bodman sont aplatis, ondulés comme ceux des condenseurs Row, reliés par des joints métalliques Haythorn E, et les ondulations, au nombre de 168, opposent à la marche des gaz des chicanes très efficaces. La vapeur traverse un tambour D, qui réduit la

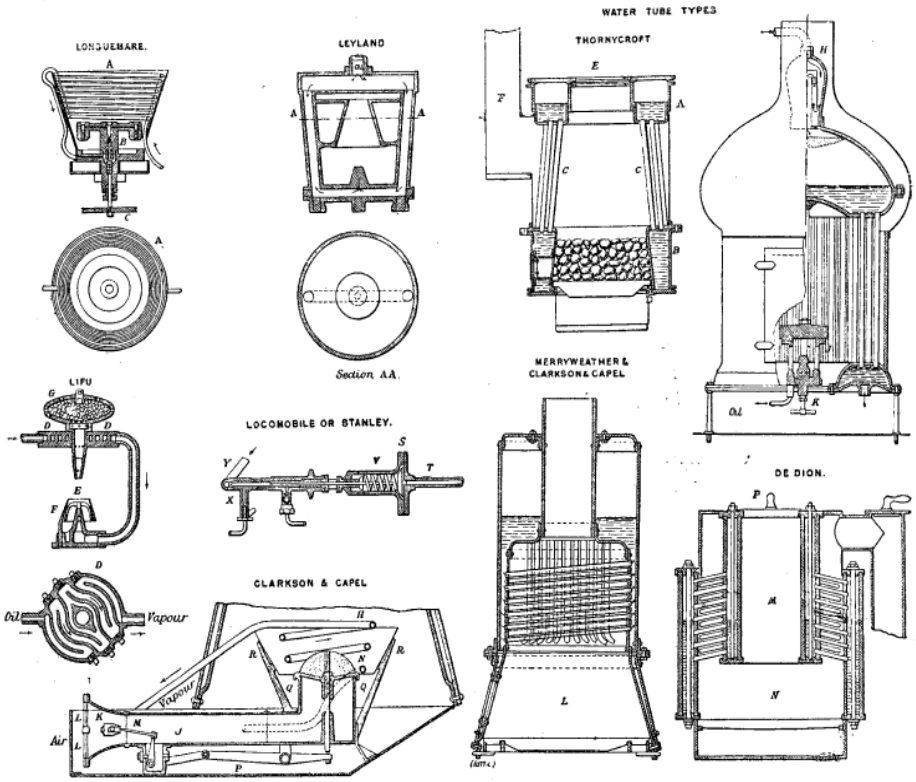


Fig. 32-40. — Chaudières pour automobiles.

température de sa surchauffe. Le foyer au charbon F fait monter en pression en 40 minutes, temps fort long; mais il ne faut pas oublier que le succès de ces chaudières dépend principalement de la masse thermique considérable du volant de chaleur accumulé dans ses tubes. La chaudière de Musker est combinée avec son brûleur à pétrole de manière à ne pas exiger de cheminée : la flamme circule autour de son serpentin H H (fig. 31). Une chaudière de ce type pesant, sans son brûleur, 200 kilos, a pu, en 40 minutes, et avec une dépense de 16 litres de pétrole du commerce, vaporiser 170 litres d'eau à la pression de 21 kilos : son poids est donc d'environ $6^{kil},8$ par cheval.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le point très faible des automobiles électriques est le peu de durée des accumulateurs. Les secousses et la rapidité inévitable des décharges détruisent et dilatent les grilles des plaques, dont la pâte se détache et occasionne des courts circuits intérieurs. En outre, dans les batteries groupées en parallèle, si l'une s'affaiblit ou s'inverse, l'autre la recharge avec une perte notable d'energie disponible. Après six mois de service au plus, il faut réempâter les plaques positives, ce qui exige une dépense égale au cinquième du prix d'achat, et elles sont souvent tout à fait hors de service. Néanmoins, si l'on ne veut pas dépasser, par chargement, un parcours de 65 kilomètres à la vitesse de 16 kilomètres, les accumulateurs marchent de pair avec la vapeur et le pétrole. Au delà, le poids mort et le prix de revient sont prohibitifs. Il est fâcheux que l'électricité n'ait pas encore été mise en pratique réelle sur les gros automobiles, car elle permettrait de laisser la plate-forme entièrement libre pour les marchandises et de commander chacune des quatre roues du camion par une dynamo indépendante, ce qui faciliterait énormément les manœuvres; la faible vitesse de ces camions permettrait aussi de diminuer le poids des accumulateurs; l'expérience a en effet démontré que l'on pouvait remorquer à 80 et à 40 kilomètres, suivant que les vitesses sont de 13 ou de 24 kilomètres, un poids total d'une tonne, dont $\frac{1}{3}$ pour les accumulateurs, $\frac{1}{3}$ pour le véhicule et $\frac{1}{3}$ pour le chargement.

Commande et transmission. — L'étude des transmissions : pignons, cônes de friction, chaînes, etc., employées sur les automobiles, et notablement modifiées et perfectionnées pour cette adaptation exigerait à elle seule un mémoire spécial. La chaîne, par exemple, a été complètement transformée. Son graissage, très important, a été, de la

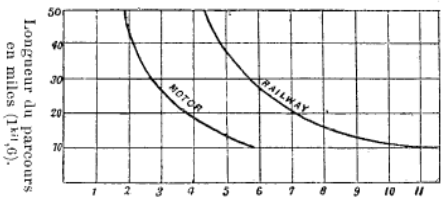


Fig. 41. — Courbes des dépenses, en pences par tonne-mile (de 6 centimes par tonne kilomètre) pour les transports par automobiles et chemins de fer.

part de M. Crompton, l'objet d'une solution très ingénieuse; il la plonge dans un mélange de graphite et de graisse bouillante, qui, chassant l'air de tous les joints, les laisse, en se refroidissant, remplis d'un excellent lubrifiant. La chaîne de Revold est remarquable par la facilité d'adapter son pas à l'usure des axes et des dents. La nécessité des changements de marche et de vitesse avec les moteurs à pétrole a conduit à d'ingénieuses solutions par poulies conctractibles (Lucas), excentriques variables (Newton), transmissions hydrauliques (Hall) qui paraissent devoir donner des résultats définitifs satisfaisants.

Résultats et conclusions. — A l'inverse de ce qui a lieu pour les automobiles de plaisance, dans les automobiles pour poids lourds, c'est la question du prix de revient de la tonne kilométrique qui domine tout. Ces automobiles sont loin d'être arrivées à leur forme définitive, mais ils sont en grand progrès comme le montrent les résultats obtenus à une année seulement de distance — 1898-1899 — aux concours de Liverpool

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU I

ANNÉES.	AUTOMOBILES.	TARE t.	CHARGE c.	POIDS MOYEN total P.	Rapport $\frac{t}{c}$	POIDS ADHÉRENT par p. 100 de P.	CHAUDIÈRES. Pression.	CHAUDIÈRES. Chauffe.	MACHINES cylindres compound.	MACHINES Réduction de la transmission.	DÉPENSE par tonne-kilomètre de charge. Charbon.	DÉPENSE par tonne-kilomètre de charge. Eau.	VITESSE en kilomètres par heure réelle	VITESSE en kilomètres par heure commerciale.	PRIX D'ACHAT.
		tonnes.	tonnes.	tonnes.			kilogr.	m².			kil.	litres.			francs.
1898	Thornycroft, 4 roues	2,83	2,53	5,91	1,29	0,77	10,6	6,04	100 et 180×127	8 à 1	1,10	4,20	9,6	8,4	15800
1899	— 4 —	3	3,73	7,24	0,96	0,68	10,4	7,7	»	4,01 et 17,7	0,70	3,4	9,5	8,5	14800
1898	— 6 —	3,85	4,73	9,27	0,93	0,46	8,8	6,04	»	9 et 12	1,2	5,6	5,5	4,5	18800
1899	— 8 —	3,90	6,65	14,28	0,71	0,54	12,6	7,7	»	10,4 et 17,7	0,57	3,7	10,4	9,4	16000
1898	Leyland.	2,86	4,06	7,29	0,78	»	12,6	10,2	76 et 127×152	8, 13,5 et 28	fil de pétrole. 0,35	2,5	7,10	7,1	9400
1899	—	2,85	4,44	7,64	0,71	0,62	11,8	10,2	70 et 127×152	8,5, 15,25 et 35	0,32	2,6	10	8,04	11300
1898	Lifu.	2,39	2,20	4,94	1,21	0,77	14,5	7,43	76 et 127×152	8	0,65	3,8	13,4	11,2	13000
1899	Clarkson.	3	3,35	6,68	1	0,51	13,5	7,43	70 et 127×152	12 et 36	0,60	4,7	9	8,0	11300
1898	De Dion.	4,72	3,25	8,60	1,65	0,50	»	5,20	100 et 200×150	7,4 et 12,5	coke. 0,53	4,8	10,4	8,8	19000
1899	Bayley.	2,97	3,67	7,43	0,95	0,67	12	6,50	100 et 180×127	0,4 et 13,7	0,54	3,5	8	8,0	15000

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

(Tableau I). C'est ainsi que la dépense de charbon par tonne-kilomètre est passée pour les Thornycroft, de 1k,10 à 0k,70, et la tare de 1k,29 à 0k,96 du poids payant ou de charge. Le tableau II, établi d'après des données exactes, permet d'évaluer la dépense annuelle minima de deux automobiles chargeant l'un 4 tonnes et l'autre 8 tonnes, et ces résultats ont permis, d'autre part, d'établir les courbes de la figure 41. On a supposé, pour l'établissement du tableau ci-contre, un minimum de 175 francs pour les

Kilomètres par jour.	32	40	48	56	64	72	80
Prix de la tonne-kilomètre	0f,24	0f,19	0f,17	0f,15	0f,13	0f,12	0f,11

réparations annuelles, avec un accroissement de 187 francs pour chaque 8 kilomètres par jour au delà des 32 kilomètres minimum, puis que la chaudière, tenue en feu 78 heures par semaine, dépensait au moins 13k,6 de coke par heure, avec un accroissement de 1k,13 par chaque 8 kilomètres. On ne compte que 50 semaines de travail par an; si l'on faisait traîner à l'automobile un second camion chargé de 4 tonnes, le prix de la tonne-kilomètre tomberait de près de moitié; au contraire, si l'automobile ne portait que 2 tonnes, la dépense doublerait.

Si l'on compare ces prix à ceux des transports par chemins de fer, on obtient les chiffres du tableau ci-dessous, représentés par la courbe figure 41, les prix du chemin

Kilomètres par jour.		16	32	48	64	80
Prix par tonne-kilomètre nette.	Chemin de fer. . . .	0f,70	0f,43	0f,34	0f,30	0f,26
	Automobile.	0f,35	0f,24	0f,17	0f,13	0f,11

de fer comprenant les frais d'exploitation ajoutés à ceux du transport proprement dit, et, non plus que pour l'automobile, les frais de manutention, chargement et déchargement, communs aux deux systèmes.

On réaliserait certainement une économie en séparant le moteur proprement dit ou tracteur de son wagon, de manière qu'il pût, pendant qu'on le décharge, s'en détacher pour aller chercher un autre wagon tout chargé en stationnement; on éviterait ainsi l'immobilisation du tracteur pendant le déchargement.

TABLEAU II

Dépenses par semaine. — 70 jours sous vapeur. 300 kilomètres en pleine charge. 50 semaines par an.	Poids de la charge. 4 tonnes. Wagon automobile.	8 tonnes. Moteur-wagon et camion remorqué.
	francs.	francs.
Prix d'achat.	12 500 »	15 000 »
Intérêt à 5 p. 100 l'an	625 »	750 »
Amortissement à 15 p. 100.	1 875 »	2 225 »
Combustible, coke à 20 francs par tonne.	1 250 »	1 875 »
Eau.	75 »	100 »
Salaires.	2 275 »	2 750 »
Réparations.	2 625 »	3 125 »
Huile, chiffons.	250 »	300 »
Assurances	250 »	300 »
Impôts, taxes.	125 »	175 »
Total par an, non compris les frais d'établissement.	9 350 »	11 625 »
Par véhicule-kilomètre.	» 50	» 50
Par tonne-kilomètre.	» 12	» 08

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

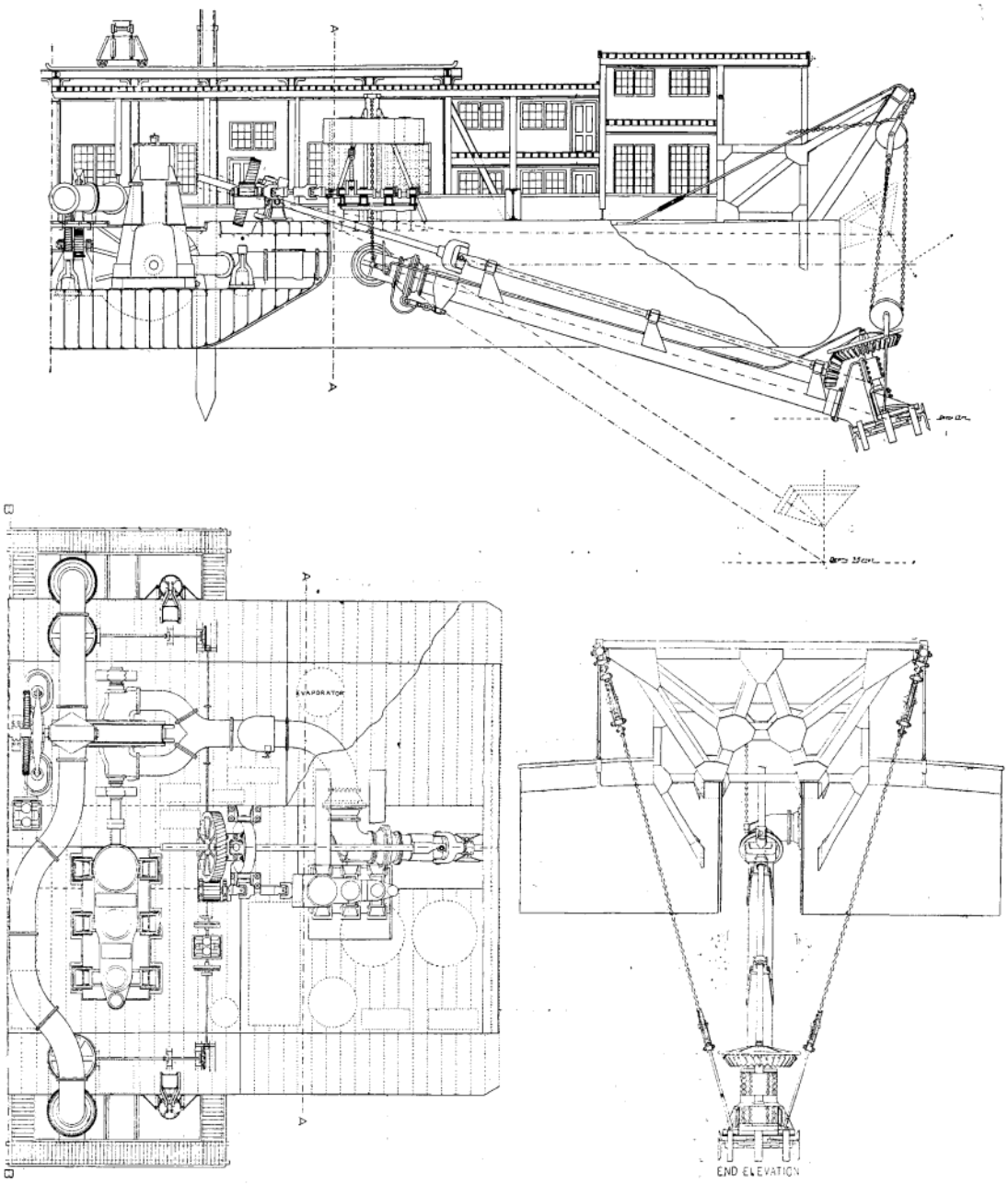


Fig. 42-44. — Drague *Higgins*. Élévation, plan et vue par bout de l'arrière.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

DRAGUE *Higgins* (1).

L'une des principales difficultés que l'on rencontre dans la construction des dragues à fouilleuse et succion est, pour les grands appareils surtout, dont la puissance atteint jusqu'à 6 000 chevaux, le raccordement du tuyau de fouille et de succion avec le tuyau d'aspiration; même lorsqu'on ne descend qu'à 4 ou 5 mètres, ce tuyau subit en effet, de la part du sol, et pourvu que l'eau ne soit pas absolument calme, des efforts extrêmement violents, qui obligent parfois à renoncer aux couteaux fouilleurs et à les remplacer par des jets d'eau. Frappé de ces inconvénients, M. Higgins, professeur de génie civil à l'Université de Melbourne, a récemment proposé de commander comme l'indiquent les figures 42-44, les couteaux fouilleurs par une transmission à pignons hélicoïdaux, pignons coniques et joints de Hook, permettant au tuyau d'aspiration de pouvoir, sans affecter ce mécanisme, pivoter librement autour de son articulation, ainsi que l'indique le tracé pointillé. Ce tuyau est maintenu latéralement par deux chaînes mouflées, fig. 44.

La drague représentée par les figures 42 à 44 devra pouvoir refouler par heure 1 000 tonnes de sable, au travers d'une canalisation de 300 mètres, à une hauteur de $4^{m},80$ au-dessus de l'eau, 3 000 tonnes à 240 mètres et au niveau de l'eau, et, 4 500 tonnes dans une allège à côté de la drague. Elle pourra affouiller à la profondeur très considérable de $10^{m},50$ sous l'eau, en argile compacte et roche tendre : diamètre du tuyau d'aspiration, 900 millimètres; coque de $52^{m},50 \times 18$ mètres $\times 4^{m},80$; tirant d'eau moyen, $2^{m},15$; quatre chaudières tubulaires de $3^{m},30 \times 4^{m},20$ de diamètre timbrées à 12 kilomètres. La pompe centrifuge, de $2^{m},45$ de diamètre, est commandée par une machine à triple expansion à cylindres de $0^{m},60$, 1 mètre et $1^{m},60 \times 750$ de course faisant 2 000 chevaux à 132 tours. Les huit couteaux fouilleurs en acier, de 300×75 de large, montés sur un cercle de 3 mètres de diamètre, avec arbre de 300, sont actionnés par une machine à triple expansion, à cylindres de 410, 650 et $1^{m},03 \times 610$ de course, faisant 700 chevaux à 132 tours. Prix d'établissement environ 750 000 francs.

GRUE AUTOMOBILE A AIR COMPRIMÉ de la *Pneumatic Crane C°*, Pittsburg (2).

Ainsi que l'indique la figure 45, cet appareil consiste en une grue à action directe ou crochet à la tige du piston duquel on attache la charge à soulever, et dont le cylindre est suspendu à un chariot, qui supporte en même temps l'ouvrier, et qui, actionné par l'air comprimé même qui sert au levage, roule sur une voie attachée aux fermes de l'atelier.

La principale difficulté était précisément de faire arriver cet air comprimé continuellement à la disposition du crochet et de son chariot. A cet effet, cet air arrive par un conduit T (fig. 46), en tubes de $2^{m},45$ de long, assemblés par des manchons filetés et lisses, protégé par une enveloppe en tôles d'acier flexibles E, disposée tout le long de la voie, et s'ouvrant au bas pour laisser passer le raccordement creux R, par où l'air

(1) *Victorian Institut of Engineers*, 3 mai 1899. La drague de M. Higgins est des plus intéressantes. nous en ferons connaître les essais dès qu'ils auront été publiés.

(2) *American Machinist*, 26 avril, p. 397.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

comprimé arrive aux distributeurs, et ce raccordement est fixé d'une part au chariot, de l'autre à une gaine flexible G, de 2m,70 de long, qui glisse entraînée par R sur le tube T. Dans l'état représenté sur la figure 46, cette gaine allant de droite à gauche, sa nervure N maintient encore ouverte la soupape *s* de droite, qu'elle soulève par son

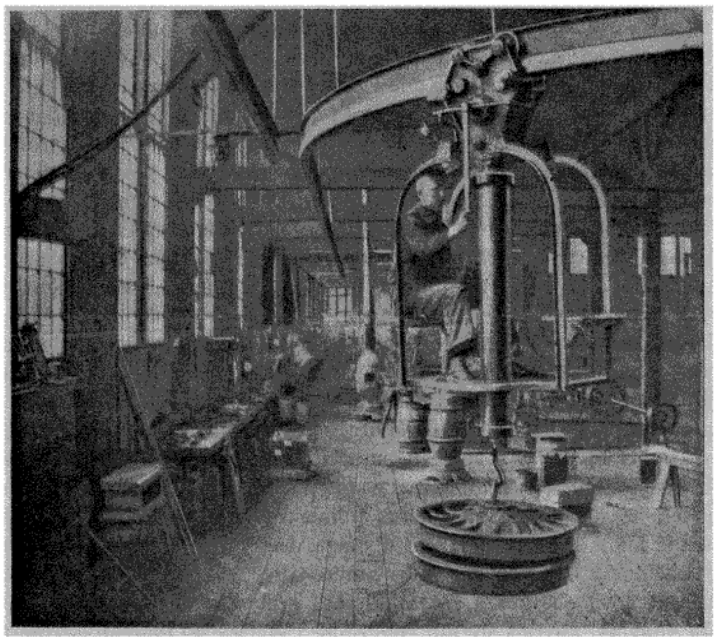


Fig. 45. — Grue automatique de la *Pneumatic Crane C°*.

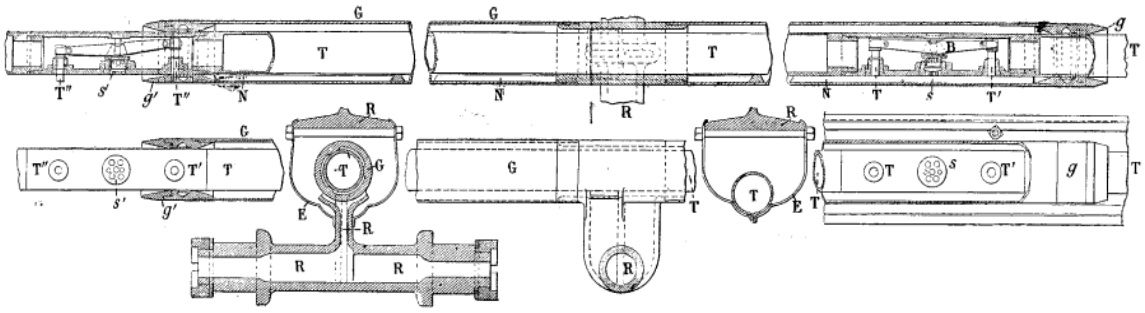


Fig. 46. — Grue de la *Pneumatic Crane C°*, détail de la prise d'air.

balancier B et les taquets T en T′, de sorte que l'air comprimé passe de T en T″ et en R par *s* et l'espace annulaire compris entre T et T′, et l'on voit que, quand l'extrémité *g* de C aura franchi *s*, qui retombera et se fermera d'elle-même, l'autre extrémité *g′* aura, par T‴ T‴, ouvert la soupape *s′*, de sorte qu'il n'y aura pas d'interruption dans l'arrivée de l'air comprimé en R.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le moteur du chariot est (fig. 47) à trois cylindres, avec admission d'air comprimé sur les faces extérieures des pistons, attaquant le chariot par un train d'engrenage, qui peut lui imprimer une vitesse de 2 mètres par seconde, et changement de marche. L'échappement se fait par l'enveloppe E (fig. 46), où il empêche la poussière de pénétrer, et où il entraîne l'huile du moteur de manière à graisser le tube T.

Aux croisements, l'enveloppe E et le rail R sont rompus, et les bouts des tubes

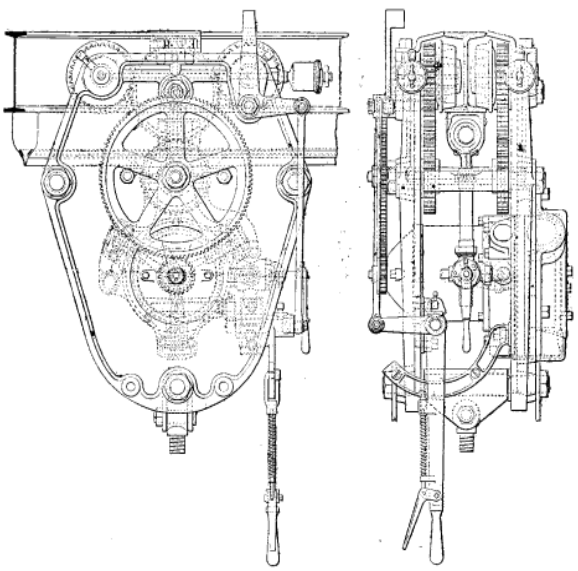


Fig. 47. — Grue de la *Pneumatic Crane C°*, détail du chariot.

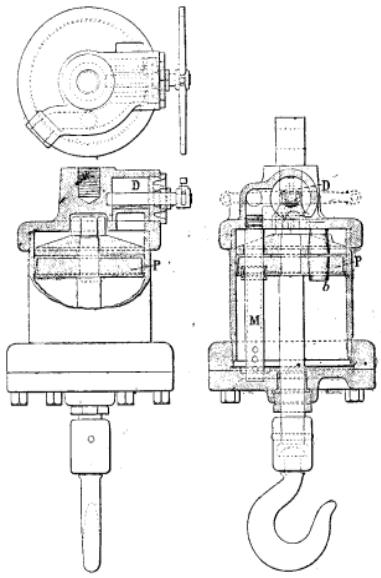


Fig. 48. — Crochet de la grue fig. 45.

aboutissant aux croisements sont bouchés, l'air arrivant au tube raccordé par son autre extrémité.

Au crochet (fig. 47) l'air comprimé est constamment admis, par le distributeur D et par le tube fixe M, de part et d'autre du piston P, pourvu de butoirs en bois *b*. Pour lever la charge, on laisse l'air s'échapper du haut du cylindre, pour la descente on le réadmet sur le piston.

SUR LES LOIS DES CHALEURS SPÉCIFIQUES DES FLUIDES, PAR M. **E.-H. Amagat** (1).

En 1895, M. Witkowski, partant de ses isothermes de l'air aux basses températures, et moi-même partant des réseaux de divers gaz et des expériences de M. Joly sur les chaleurs spécifiques sous volume constant, avons énoncé quelques-unes des lois relatives aux variations des chaleurs spécifiques des gaz; M. Tsuruta a, depuis, fait aussi des recherches intéressantes dans la même direction relativement à l'air et à l'hydrogène; l'ensemble de ces résultats est, en général, conforme aux déterminations directes dues à M. Lussana; mais il paraît difficile que de telles déterminations expérimentales puissent être poursuivies jusque sous des pressions très

(1) *Comptes rendus de l'Acadmie des Sciences*, 28 mai 1900, p. 1440.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

élevées ; dans ces conditions les chaleurs spécifiques soit sous volume constant, soit sous pression constante, ne peuvent donc qu'être déduites par le calcul de la valeur prise sous des pressions abordables à l'expérience et de la connaissance des rapports existant entre le volume, la pression et la température; les relations bien connues qui peuvent servir à ces calculs sont les suivantes :

$$\frac{dc}{dv} = \mathrm{AT}\,\frac{d^2 p}{dt^2}, \tag{1}$$

$$\frac{dC}{dp} = -\,\mathrm{AT}\,\frac{d^2 v}{dt^2}, \tag{2}$$

$$C - c = \mathrm{AT}\,\frac{dp}{dt}\,\frac{dv}{dt}. \tag{3}$$

Les calculs faits jusqu'ici n'ont point porté sur la région des réseaux englobant l'état de saturation et le point critique; cette partie, la plus intéressante, est aussi celle qui présente le plus de difficultés.

Je me suis proposé l'étude de la question pour l'acide carbonique dans toute l'étendue du réseau que j'en ai donné, c'est-à-dire jusqu'à 1 000 atmosphères entre 0° et 260°. Dans cette note préliminaire, je ne parlerai que de l'application de la relation (2) et sans insister pour le moment sur les détails, je dirai seulement que tous les calculs ont été faits graphiquement. J'ai d'abord construit un réseau de quarante-trois lignes d'égale pression (les températures étant comptées sur les abscisses) dont les tangentes m'ont fourni, pour vingt-cinq températures convenablement reparties, un premier tableau de valeurs de $\frac{dv}{dt}$ contenant plus de mille déterminations; un graphique de ces valeurs portées en ordonnées m'a de même permis d'obtenir un tableau des valeurs correspondantes de $\frac{d^2 v}{dt^2}$. La difficulté de ces déterminations est en grande partie dans les changements continuels d'échelle, nécessités par les variations énormes des ordonnées, qui deviennent infinies à la température critique et varient dans mon tableau dans le rapport de un à dix mille.

La figure ci-jointe représente une partie seulement de ces résultats; les valeurs $\frac{d_2 v}{dt^2}$ portées en ordonnées constituent les isothermes affectées chacune de la température qui lui correspond, les pressions sont portées en abscisses. Les isothermes n'ont été tracées ici que jusqu'à 100° et les pressions limitées à 200 atmosphères; on voit qu'il eût été impossible, vu les resserrement des lignes, d'étendre davantage ces limites avec l'échelle adoptée.

Il est facile maintenant, à la simple inspection de ce réseau, et c'est à cela que se bornera la présente communication, de voir de suite l'ensemble d'un certain nombre des lois des variations de C à température constante.

L'équation de l'une des isothermes du réseau étant $\frac{dv^2}{dt^2} = \varphi\,(p)$, on a d'après (2)

$$\frac{dC}{dp} = -\,\mathrm{AT}\,\varphi\,(p),$$

et, par suite,

$$C - C_0 = -\,\mathrm{AT}\int_{p^0}^{p^1} \varphi\,(p)\,dp. \tag{4}$$

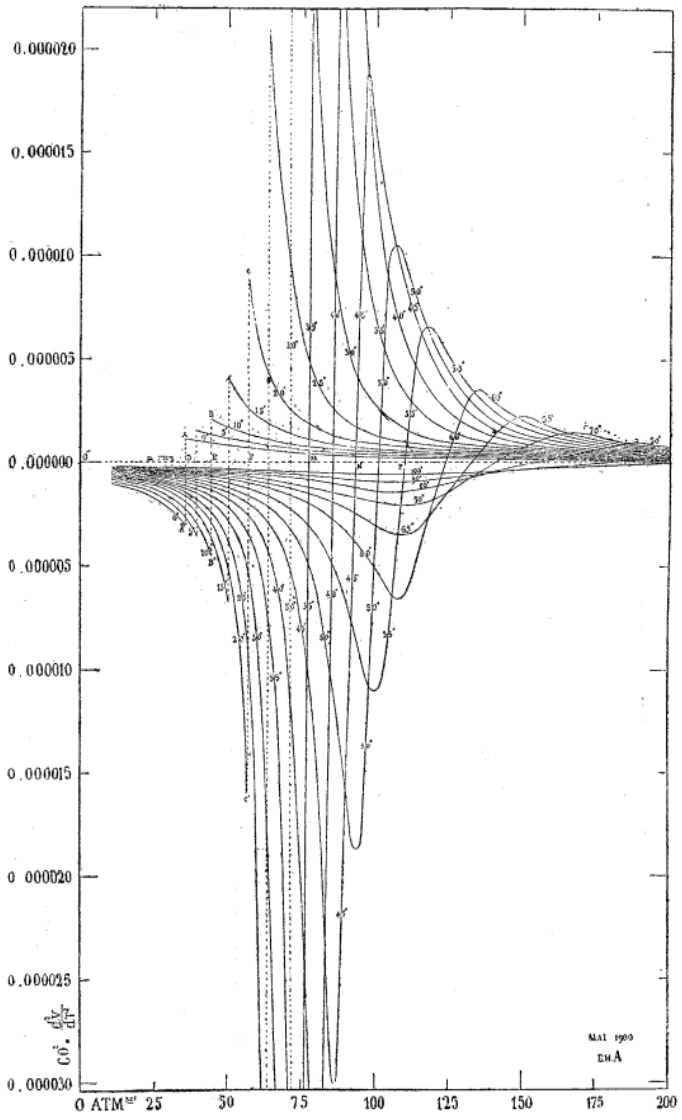
Pour une température donnée, les variations de C avec la pression (depuis une valeur connue C_0) seront donc données à la constante AT près, par l'aire comprise entre l'isotherme, l'axe des pressions, l'ordonnée correspondant à p_0 et l'ordonnée variable.

Le diagramme montre que les isothermes se composent de deux parties, dont les ordonnées

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sont de signes contraires. Pour les températures supérieures à la température critique, ces isothermes sont continues, les autres sont discontinues.

Dans le premier cas, les aires étant d'abord négatives, il résulte de la relation (4) que C



augmente avec la pression d'abord rapidement (surtout pour les températures basses), puis moins rapidement, acquiert sa valeur maxima sous la pression correspondant à l'intersection de l'isotherme avec l'axe des pressions, diminue ensuite, d'abord rapidement, puis de moins en moins rapidement quand la pression continue à croître.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On voit aussi de suite que la pression pour laquelle C est maximum croît continuellement avec la température.

Pour des températures inférieures à la température critique, chaque isotherme se compose de deux parties séparées, l'une à ordonnées négatives, pour laquelle le corps est gazeux, e qui se termine en un point tel que A′, correspondant à l'état de saturation, l'autre à ordonnées positives, pour laquelle le corps est liquide, et qui commence en un point tel que A, correspondant aussi à l'état de saturation. J'ai réuni ces deux points par des lignes telles que AA′ CC′, qui sont ponctuées pour indiquer qu'elles ne font pas partie de l'isotherme qui est discontinue.

On voit, qu'ici encore, C commence par croître avec la pression, jusqu'à la tension maxima; il doit alors subir avec le changement d'état une variation dont je donnerai plus loin le calcul, puis décroît indéfiniment et de moins en moins rapidement, la pression continuant à croître. Il résulte de là que, quel que soit le signe de la variation accompagnant le changement d'état, le maximum de C a lieu sous la tension maxima, c'est-à-dire comme après le point critique sous des pressions croissant avec la température; ces pressions forment donc une suite régulière qui permettrait de prolonger en quelque sorte la courbe des tensions maxima au delà du point critique.

L'inspection du diagramme montre de suite que les valeurs maxima de C sont d'autant plus grandes qu'on se rapproche davantage de la pression critique soit avant, soit après celle-ci; pour le point critique, le maximum prend une valeur infinie.

Si nous remarquons maintenant l'espace limité que doivent occuper, dans la partie négative, toutes les isothermes non tracées, depuis 100° jusqu'aux températures les plus élevées, et, d'autre part, le resserrement rapide du réseau dans la partie positive, sous des pressions croissantes, les lois limites apparaissent de suite : pour l'état gazeux, les variations de C décroissent indéfiniment quand la température croît, et deviennent forcément extrêmement petites, même en tenant compte du facteur constant proportionnel à la température absolue. Pour une température quelconque, à partir d'une certaine pression, ces mêmes variations diminuent aussi indéfiniment quand la pression croît et deviennent aussi extrêmement petites.

Il reste encore à voir comment on pourra calculer la variation de C accompagnant le changement d'état.

Partons des relations bien connues

$$m = \mathrm{C} + h\frac{dp}{dt},$$

$$m' = \mathrm{C}' + h'\frac{dp}{dt},$$

desquelles on tire, u et u' étant les volumes spécifiques à saturation,

$$\mathrm{C} - \mathrm{C}' = m - m' - (h - h')\frac{dp}{dt} = m - m' - \mathrm{AT}\frac{dp}{dt}\left[\frac{\delta(u' - u)}{dt}\right]_p,$$

soit, en remplaçant $m - m'$ par sa valeur,

$$\mathrm{C} - \mathrm{C}' = \frac{\lambda}{\mathrm{T}} - \frac{d\lambda}{dt} - \mathrm{AT}\frac{dp}{dt}\left[\frac{\delta(u' - u)}{dt}\right]_p.$$

Il est préférable d'éliminer la chaleur latente λ; pour cela, il suffit de différentier l'expression de λ.

$$\lambda = \mathrm{AT}(u' - u)\frac{dp}{dt}.$$

On obtient ainsi la relation

$$\frac{d\lambda}{d\mathrm{T}} - \frac{\lambda}{\mathrm{T}} = \mathrm{AT}\frac{dp}{dt}\frac{d(u' - u)}{dt} + \mathrm{AT}(u' - u)\frac{d^2p}{dt^2},$$

qui permet d'éliminer les deux termes contenant λ.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On a donc finalement :

$$C - C' = AT \left\{ (u - u') \frac{d^2 p}{dt^2} + \frac{dp}{dt} \left[\frac{\partial (u - u')}{dt} \right]_p + \frac{dp}{dt} \frac{d(u - u')}{dt} \right\}.$$

Le calcul de la formule n'exigera donc point d'autres données expérimentales que celles déjà nécessaires pour calculer jusqu'à saturation les valeurs de $\frac{d^2 v}{dt^2}$; il est facile de voir que les deux premiers termes de (C—C') sont négatifs et le dernier positif, on ne peut donc en déterminer le signe *a priori;* je reviendrai sur ce point.

Un calcul analogue conduit, pour la variation de la chaleur spécifique à volume constant, à une relation correspondante que j'utiliserai aussi plus tard.

L'examen des variations de C avec la température, celui des lois correspondantes pour les chaleurs spécifiques à volume constant, ainsi que les valeurs numériques de ces diverses variations, feront l'objet de Notes ultérieures.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PROCÈS-VERBAUX

Séance du 25 mai 1900.

Présidence de *M. A. Carnot*, président.

Correspondance. — *M. Collignon*, secrétaire, dépouille la correspondance.

M. Baclé adresse ses remerciements pour sa nomination de membre du *Comité des Arts chimiques*.

M. Brancher, 9, rue Mogador, présente un *modificateur continu de vitesse*. (Arts mécaniques.)

M. Vignes, 40, rue Vital, demande une annuité de brevet pour un *moteur rotatif*. (Arts mécaniques.)

M. Casalonga présente le programme du *Congrès international des Associations d'Inventeurs*, et prie la Société de vouloir bien s'y faire représenter par un délégué. (Bureau.)

M. F. Laur présente, pour concourir au prix du Comité du Commerce, son ouvrage sur l'*Accaparement*.

L'Institution of Mining Engineers, de Newcastle, envoie le programme de son *Meeting de Londres du 14 au 16 juin 1900*.

Correspondance imprimée. — *M. Collignon* présente, avec remerciements aux donateurs, les ouvrages mentionnés à la page 837 du *Bulletin* de mai.

Conférence. — *M. le commandant Renard* fait une conférence sur la *direction des ballons*.

M. le Président, s'associant aux applaudissements répétés de l'auditoire, remercie vivement *M. le commandant Renard*, ainsi que *M. Lumière*, qui a bien voulu lui apporter le concours de son cinématographe.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LIVRES ET OUVRAGES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE

EN JUIN 1900

Machinery for Refrigeration, par M. Norman Selfe. In-8°, 372 p., 272 fig. Chicago, H.-J. Rich and C°.

Steel Works Analysis, par M. J.-O. Arnold. In-8°, 350 p., 20 fig. Londres, Whittaker.

English and American Lathes, par M. J.-C. Horner. In-4°, 166 p., 300 fig. Londres, Whittaker.

Traité théorique et pratique de la fabrication du sucre de betterave, par M. Horsin Déon. 2 vol. in-8°, 550 p. Paris, Bernard.

Manuel pratique de l'agriculteur algérien, par MM. Rivière et Lecq. In-8°, 1 140 p. Paris, Challamel.

Manuel théorique de l'automobile sur route, par M. Gérard Lavergne. In-8°, 725 p., 329 fig. Paris, Bérenger

Hydraulique agricole, par M. L. Salvador. In-8°, 565 p., 280 fig., de la *Bibliothèque du conducteur de travaux publics*. Paris, Dunod.

Du *Ministère du Commerce et de l'Industrie:* **Description des brevets d'invention,** vol. 96 (*1895*). Chemins de fer et tramways. Marine, navigation, machines à vapeur. Chaudières, machines-outils. Machines diverses, manœuvre des fardeaux. Machines à coudre, moteurs divers, fabrication des chaussures. **Portefeuille des travaux de vacances des élèves de l'École centrale,** année 1899.

De l'*Encyclopédie Léauté*, Paris, Gauthier-Villars : **Exploitation technique des forêts,** par M. Vanutberge. — **La Garance et l'Indigo,** par M. G. F. Jaubert. — **Les phénomènes de dissolution et leurs applications,** par M. V. Thomas. — **Exploitation commerciale des forêts,** par M. Vanutberge.

Du *Ministère des Travaux publics*. **Recueil des lois, ordonnances, décrets, concernant les services du ministère.** Année 1896. In-8°, 400 p. Paris, imprimerie veuve Jousset. — **Statistique des chemins de fer français au 31 décembre 1898.** Intérêt général ; Intérêt local et tramways, 2 vol. In-4°, Imprimerie nationale.

De *M. J. de Rey-Pailhade*, 3 brochures. **Application rationnelle du système décimal aux mesures du temps et des angles ; Tables à quatre décimales des logarithmes et lignes trigonométriques dans la division décimale du cercle ; Projet d'établissement d'un système mètre-gramme-jour pour l'unification des mesures physiologiques.** Toulouse, imprimerie Lagarde.

Annuaire de la papeterie française et étrangère. *Année 1900*. In-8°, 670 p. Paris, Office des fabricants de papier, 18, rue des Pyramides.

Le Vignoble Champenois et l'invasion phylloxérique. *Cours de viticulture pratique spécialement préparé pour le vignoble champenois*, par M. L. Bonnet. In-4°, 278 p., 250 f. Reims, imprimerie de l'*Indépndant rémois*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Lehrbuch der Photochromie, par M. W. Zenker. In-8°, 155 p. F. Vieweg, Brunswick.

Les bateaux sous-marins. *Historique* par MM. Forest et Noalhat. In-8°, 385 p., 352 fig. Paris, Dunod.

The Mineral Industry par M. R. P. Rothwell, vol. VII, année 1899. Principaux mémoires par MM. *Kent*. Les combustibles et leur utilisation économique. *Hofman*, *Clemmer*, *Janin*, métallurgie chimie et minage du cuivre. *Linton*, Le verre *Janin*. *Grothe Iles*, Cyanuration, dragage et électrolyse de l'or. *Howe*, Métallurgie du fer et de l'acier. *Hofman*, Métallurgie du plomb souther acier au nickel. *Borchers*, Fabrication électrolytique du phosphore. *Lehner*, Les terres rares. *Kershaw*, Acide sulfurique. *C. Aihine*, Industrie du soufre en Italie. *Ingalls*, Métallurgie du zinc. *Borchers*, Electrochimie en 1899. *Sloane*, L'air liquide. *Richards*, Préparation Mécanique des minerais. *Sauveur*, La métallographie en 1899. *Sanders*, Le boisage des mines. In-8°, 916 p. *The Scientific Publishing C°*, New-York et Londres.

Offerts par M. Haton de la Goupillière, *Président du Congrès international des Mines et de la Métallurgie*. Comptes rendus des congrès comprenant les rapports suivants :

Note relative au tableau exposé par la Société Nouvelle de Charbonnages des Bouches-du-Rhône et représentant la galerie souterraine qu'elle exécute pour relier sa concession de lignite de Gardanne à la mer, près Marseille. — Watteyne et Denoel. Les explosifs dans les mines de houille de Belgique. — Babu. La fabrication et le travail des aciers spéciaux. — Wendelin. L'électricité dans l'Industrie minière. — Szymanowsky. Krivoi-Rog, et l'état actuel de l'Industrie métallurgique dans le midi de la Russie. — Pellati. Dispositions capables d'étendre et de faciliter l'usage du fil hélicoïdal pour la taille du marbre en roche. — Hubert (H.). Utilisation directe des gaz des hauts fourneaux pour la production de la force motrice. — Smits. Exposé du procédé Wetherill pour la préparation magnétique des minerais. — Pellati. La préparation mécanique des minerais métalliques en Sardaigne. — Hartmann (le commandant). Phénomènes qui accompagnent la déformation permanente des métaux. — Tissot. L'état actuel de la fabrication des moulages d'acier. — Le Chatelier (H.). Rapport sur l'établissement des Dynamitières. — Libert. Emploi de l'électricité dans les mines. — Delafons. Emploi des explosifs « de sûreté » dans les mines de combustibles françaises. — Rocour. État actuel de la fabrication du métal Thomas et ses conséquences sur le puddlage. — Hrabak. Conditions d'extraction à grande profondeur. — Héroult. L'aluminium à bon marché. — Stassast. Les conditions d'exploitation à grande profondeur en Belgique. — Petit (P.). Etude sur l'aérage des travaux préparatoires dans les mines à grisou. — Poussigue (Léon). Conditions d'exploitation à grande profondeur. — Wedding (A. Hermann). La séparation magnétique des minerais de fer. — Domagé (M.). Note sur les procédés de perforation, employés pour le creusement de la galerie de Gardanne à la mer, de la Société Nouvelle de Charbonnages des Bouches-du-Rhône.

Du ministère de l'Instruction publique et des Beaux-Arts. Congrès des Sociétés savantes tenu à Toulouse en 1899. In-8°, 313 p. Paris, Imprimerie nationale.

Lois relatives au code rural, par M. C. Baur. In-18, 112 p. Paris, Paul Dupont.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LITTÉRATURE

DES

PÉRIODIQUES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIÉTÉ

Du 15 Mai au 15 Juin 1900

DÉSIGNATIONS ABRÉGÉES DES PUBLICATIONS CITÉES

Ag. . . . Journal de l'Agriculture.
Ac. . . . Annales de la Construction.
ACP. . . . Annales de Chimie et de Physique.
AM. . . . Annales des Mines.
AMa . . . American Machinist.
Ap. . . . Journal d'Agriculture pratique.
APC. . . . Annales des Ponts et Chaussées.
Bam. . . . Bulletin technologique des anciens élèves des écoles des arts et métiers.
BMA . . . Bull. du ministère de l'Agriculture.
CN. . . . Chimical News (London).
Cs. . . . . Journal of the Society of Chemical Industry (London).
CR. . . . Comptes rendus de l'Académie des Sciences.
DoL. . . . Bulletin of the Department of Labor, des États-Unis.
Dp. . . . Dingler's Polytechnisches Journal.
E. . . . . Engineering.
E'. . . . . The Engineer.
Eam. . . . Engineering and Mining Journal.
EE. . . . . Eclairage électrique.
Elé. . . . L'Électricien.
Ef. . . . . Économiste français.
EM. . . . Engineering Magazine.
Es. . . . . Engineers and Shipbuilders in Scotland (Proceedings).
Fi . . . . Journal of the Franklin Institute (Philadelphie).
Gc. . . . . Génie civil.
Gm. . . . Revue du Génie militaire.
IC. . . . . Ingénieurs civils de France (Bull.).
Ie. . . . . Industrie électrique.
Im . . . . Industrie minérale de St-Étienne.
IME. . . . Institution of Mechanical Engineers (Proceedings).
IoB. . . . Institution of Brewing (Journal).
La . . . . La Locomotion automobile.
Ln . . . . La Nature.
Ms. . . . . Moniteur scientifique.
MC. . . . Revue générale des matières colorantes.
N. . . . . Nature (anglais).
Pc. . . . . Journal de Pharmacie et de Chimie.
Pm. . . . Portefeuille économ. des machines.
Rcp . . . Revue générale de chimie pure et appliquée.
Rgc. . . . Revue générale des chemins de fer et tramways.
Rgds. . . . Revue générale des sciences.
Ri . . . . Revue industrielle.
RM. . . . Revue de mécanique.
Rmc. . . . Revue maritime et coloniale.
Rs. . . . . Revue scientifique.
Rso. . . . Réforme sociale.
RSL. . . . RoyalSocietyLondon(Proceedings).
Rt. . . . . Revue technique.
Ru. . . . Revue universelle des mines et de la métallurgie.
SA. . . . Society of Arts (Journal of the).
SAF . . . Société des Agriculteurs de France (Bulletin).
ScP. . . . Société chimique de Paris (Bull.).
Sie. . . . Société internationale des Électriciens (Bulletin).
SiM. . . . Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse.
SiN. . . . Société industrielle du Nord de la France (Buletin).
SL. . . . . Bull. de statistique et de législation.
SNA. . . . Société nationale d'agriculture de France (Bulletin).
SuE. . . . Stahl und Eisen.
USR. . . . Consular Reports to the United States Government.
VDI. . . . Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure.
ZOI. . . . Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieure und Architekten-Vereins.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

Allemagne. Agriculture à l'Exposition de 1900. *Ap.* 17 *Mai*, 708.

Bétail. Guérison de la tuberculose bovine par le grand air. *Ap.* 17 *Mai*, 701.

— Lait et vaches laitières. *Ap.* 31 *Mai*, 780.

— Développement des syndicats d'élevage. *Ag.* 19 *Mai*, 769.

— Vacherie de Forges. *Ap.* 26 *Mai*, 756.

— Répartition des races et variétés des races bovines (de Lapparent). *SNA. Avril*, 275.

— Types naturels de race. *Ag.* 26 *Mai*, 809.

Betterave (Distribution des engrais phosphatés et culture de la) (Grandeau). *Ap.* 17 *Mai*, 706.

— Nématode et les sels ammoniacaux (d'Anchald). *Ap.* 17 *Mai*, 711.

Bruyères. Défrichement par les boues des villes. *Ap.* 24 *Mai*, 749.

Cardamine des prés, destruction par le sulfate de fer au sel de cuivre (Grandeau). *Ap.* 24 *Mai*, 743.

Chêne-liège (Composition du) et statique forestière. *Ap.* 24 *Mai*, 743.

École de Grignon. *Ap.* 17 *Mai*, 715; 7 *Juin*, 854.

Écrémeuse de Laval. *Ap.* 31 *Mai*, 790.

Engrais. Emploi du sucre (Golding). *Cs.* 30 *Avril*, 324.

— Couverture des forêts et rôle des vers de terre (Grandeau). *Ap.* 31 *Mai*, 778.

— Divers. *Cs.* 30 *Avril*, 361.

— Terres arables du canton de Redon, au point de vue de l'acide phosphorique. *Ag.* 19 *Mai*, 771.

— Fumure des arbres fruitiers. *Ag.* 26 *Mai*, 814; 2 *Juin*, 856.

— Phosphates ammoniaco-terreux (Barthe). *ScP. Juin*, 422.

— Phénomènes chimiques et microbiens dans les sols. *Ag.* 26 *Mai*, 826.

Épierrage des champs (Ringelmann). *Ap.* 26 *Mai*, 749.

Greniers à grains. Élévateurs. *SAF. Mai*, 587.

Houblon (Fumure du). *Ap.* 7 *Juin*, 814.

Machines agricoles à l'Exposition. Russie. Suède. Roumanie. *Ap.* 31 *Mai*, 789.

— Station d'essais de la rue Jenner. *Ap.* 7 *Juin*, 832.

Mûrier. Maladie bactérienne. *Ag.* 9 *Juin*, 909.

Nématodes. Parasites des plantes cultivées. *Ag.* 9 *Juin*, 890.

Pommes de terre à grand rendement (Vilmorin). *SNA. Avril*, 272.

Râteaux de fenaison et de moisson. *Ag.* 2 *Juin*, 859.

Seigle. Maladie vermiculaire. *Ap.* 17 *Mai*, 707.

Vigne. Bouillies cupriques liquides et en poudre. *Ap.* 24 *Mai*, 745.

— Reconstruction du vignoble auxerrois. *Ap.* 31 *Mai*, 785.

— Vignoble du Midi au XIX^e^ siècle (Bichon). *Rgds*. 30 *Mai*, 693.

CHEMINS DE FER

Attelages automatiques aux États-Unis (Bachellery). *AM. Mars*, 315.

— — Au Great. Northern Ry. *E'*. 18 *Mai*, 523.

— — Pour trains de minerais. *E'*. 25 *Mai*, 537.

Chemins de fer métropolitain de Paris. *E'*. 18, 25 *Mai*, 638, 673. De New-York. *VDI*. 26 *Mai*, 663; 2 *Juin*, 701.

— — de Chine. *E'*. 1^er^ *Juin*, 721.

— — Courcelles-Champ de Mars. *Gc*. 2 *Juin*, 69.

— *Électriques*. Métropolitain de Paris. Usine de Bercy. *Pm. Mai*, 66.

— — de Londres. *E'*. 18 *Mai*, 523.

— — de l'Exposition. *E*. 18 *Mai*, 647.

— — Manchester-Liverpool. *E'*. 25 *Mai*, 541.

— — Pour métropolitains. *E*. 25 *Mai*, 689.

— — Plate-forme de l'Exposition. *E*. 1^er^ *Juin*, 705.

Freins. Hibbard. Carrington. *RM. Mai*, 629.

— De la Standard Air Brake C^o^. *Dp*. 2 *Juin*, 350.

Station de Waverley. Édinbourg. *E*. 9 *Juin*, 743.

Locomotives à l'Exposition de 1900 (Minet). *E'*. 8 *Juin*, 585.

— Compound. Chemins de fer autrichiens. *E'*. 18 *Mai*, 520.

— Express Caledonian Ry. *E*. 18 *Mai*, 636. Great Northern au pétrole. *E'*. 8 *Juin*, 585.

— — Midland Ry. *E*. 25 *Mai*, 683; 1^er^ *Juin*, 712.

— — Central hollandais. *E*. 25 *Mai*, 69.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Locomotives. Great Western. *E'*. 1er *Juin*, 557.
— Emploi des pièces en acier. *RM. Mai*, 627.
— Explosion de Crynant. *E.* 1er *Juin*, 734.
— Foyer Weber. *RM. Mai*, 628.
Matériel roulant. Galet pour bogies. Susensihl. *RM. Mai*, 631.
— — A l'Exposition de Philadelphie, 201. 8 *Juin*, 375.
— Boites à graisse. Gummi. *RM. Mai*, 631.
Signaux électriques Timmis. *E.* 18 *Mai*, 647. A l'Exposition. *Ri.* 2 *Juin*, 210.
Vitesse des trains au Paris-Orléans. *E'.* 8 *Juin*, 581.

TRANSPORTS DIVERS

Automobiles. Course des 1 000 miles. *E'.* 18 *Mai*, 509.
— (Direction des) (Gumolar). *Bam. Mai*, 419.
— Changements de vitesse. De Dion. Aigle. *RM. Mai*, 632.
— Essieu Chaboche. *La.* 31 *Mai*, 345.
— *A pétrole*. Dupressoir. *La.* 17 *Mai*, 311.
— — Schmidt. *La.* 24 *Mai*, 329.
— — Brière. *La.* 31 *Mai*, 340.
— — Tourand. *La.* 7 *Juin*, 358.
Locomotives routières. Emploi dans la guerre du Transvaal. *E.* 1er *Juin*, 714; *E'.* 1er *Juin*, 562.
Tramways électriques. Électrolyse des conduites d'eau. *Ri.* 26 *Mai*, 202.
— — Joints des rails. Mesure de leur conductibilité. Appareil portatif Kelvin. *Élé.* 2 *Juin*, 338.

CHIMIE ET PHYSIQUE

Acétylène. Action du chlorure d'aluminium anhydre. *CR.* 14 *Mai*, 1319.
— (Noir de) et ses dérivés. *Gc.* 26 *Mai*, 62.
— Dans les mines (Pignet). *Rcp.* 20 *Mai*, 375.
— Situation de l'industrie. *Id.*, 378.
— Hydrogénation en présence du cuivre (Sabatier et Sanderens). *CR.* 5 *Juin*, 1559.
Acoustique. Sonomètre Scharpe. *N.* 24 *Mai*, 81.
Brasserie. *Cs.* 30 *Avril*, 364.
— (Revue des procédés chimiques et matériaux de la) (Sommer). *IoB. Mai*, 254.
Brasserie. Production de diastase pendant la fermentation de l'orge (Évans). *IoB. Mai*, 239. (Fermentation de la) (Overbeck). *Id.*, 265.
Calcium. Peroxydes hydratés (de Forcrand). *CR.* 14 *Mai*, 1308.
— Bioxyde anhydre et constitution de ses hydrates. *CR.* 21 *Mai*, 1388.
Caramel (Fabrication des) (Salamon et Goldie). *Cs.* 30 *Avril*, 300.
Carbure de calcium. Fabrication (Carlson). *Ms. Juin*, 392.
— — Évaluation du carbure de commerce (Maganini et Vannini). *Id.*, 399.
Caoutchouc dans la sonde. *UsR. Juin*, 212.
Champagnes secs. Composition. *Cs.* 20 *Avril*, 366.
Céramique. Fours annulaires. *Dp.* 9 *Juin*, 364.
Chrome et manganèse. Préparation aux hautes températures. *Pm. Mai*, 73.
Chimie océanique (Études de) (Tharlet). *Rmc. Avril*, 37.
Diffusion de l'air dans l'eau (Barrus). *American Journal of Science. Juin*, 397.
Essences et parfums. Divers. *Cs.* 30 *Avril*, 371.
Gaz. Compression et liquéfaction (Rice). *E.* 1er, 8 *Juin*, 732, 763.
Gaz d'éclairage. Dépôts de naphtaline (Irwin). *Cs.* 30 *Avril*, 314.
— — Divers. *Cs.* 30 *Avril*, 330.
— — Manchons auto-allumeurs. *Ri* 26 *Mai*, 204.
— — *Gaz Riché*. *Rc.* 9 *Juin*, 217.
Huiles et graisses. Divers. *Cs.* 30 *Avril*, 357.
— — Essais au brome et à l'iode (Williams). *Cs.* 30 *Avril*, 300.
— — Analyse des huiles de lin. Mac Ielhiney. *Cs.* 30 *Avril*, 320.
— — Rancissement. *Cs.* 30 *Avril*, 356.
— — Cire du Japon. *Cd.* 30 *Avril*, 356.
Hydrogène (Poids de l') desséché par l'air liquide (Rayleigh). *RsL.* 9 *Juin*, 334.
Laboratoire. Dosage de l'acide sulfureux dans les sulphites et thiosulfates par l'iode (Griffin). *Cs.* 30 *Avril*, 321.
— Divers. *Cs.* 30 *Avril*, 376.
— Oxydation des sels de cobalt et de cérium en liqueur alcaline (Job). *ACP. Juin*, 205.
— Séparation et dosage du mercure en oxalate (Peters). *American Journal of Science. Juin*, 401.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Laboratoire. Molybdène. Dosage dans l'acier (Ibbotsen et Brearly). *CN.* 8 *Juin*, 269.
Égouts. Destruction des ordures. *E.* 18 *Mai*, 653.
— Analyse des eaux par la méthode ammoniacale (Wan Klyn). *CN.* 8 *Juin*. 268.
Explosifs. Divers. *Cs.* 30 *Avril*, 371.
— Modernes (Les). Noble. *N.* 24, 31 *Mai*. 87, 111.
— Carbure d'or (Mathews et Watters). *CN.* 25 *Mai*, 243.
Fermentations. Influence de la température de l'air liquide sur les bactéries (Mac Foyden et Rowland). *RsL.* 9 *Juin*, 339.
Lithium. Bromure de combinaison avec l'ammoniaque (Bonnefoi). *CR.* 21 *Mai*, 1394.
— (Peroxyde de) (de Forcrand). *CR.* 28 *Mai*, 1465.
Mercure (Chlorosulfure de) (Bodroux). *CR.* 21 *Mai*, 1397.
— (Action de l'eau sur le sulfate de) (Gouy). *Id.*, 1399.
Optique. Rayons cathodiques et rayons de Rontgen (Villard). *Sie. Avril*, 169.
— Modification des surfaces métalliques par la lumière (Buisson). *CR.* 14 *Mai*, 1298.
— Nouvelle mesure des durées infinitésimales, analyse de la disparition de phénomènes électro-optiques (Abraham et Lemoine). *ACP. Juin*, 264.
— Photographie des ondes courtes (Schumann). *CN.* 8 *Juin*, 267.
Ozone. Production industrielle Otto. *RcP.* 5 *Juin*, 405.
Papier. Divers. *Cs.* 30 *Avril*, 369.
Perchlorures métalliques. Mode de décomposition (de Coninck). *CR.* 5 *Juin*, 1351.
Pétrole. Production en Russie en 1899. *Eam.* 5 *Mai*, 527,
— Divers. *Cs.* 30 *Avril*, 335.
— de Roumanie (Étude des). (Edeleanu et Filiti). *ScP.* 20 *Mai*, 382.
Phosphore noir et conversion du phosphore en arsenic (Fittica). *CN.* 1er *Juin*, 257.
Radicaux métalliques composés dérivés du mercure (Berthelot). *ACP. Juin*, 163.
Résines et vernis. Divers. *Cs.* 40 *Avril*, 359.
Séléniure de zinc et son dimorphisme (Fonzes Deacon). *ScP.* 20 *Mai*, 366.
Soie artificielle. Application de la gélatine à sa fabrication (Milles). *Cs.* 30 *Avril*, 326.
Sucrerie. Divers. *Cs.* 30 *Avril*, 363.
Sulfites et nitrites. Réactions. *Cs.* 30 *Avril*, 348.
Tannage. Divers. *Cs.* 30 *Avril*, 360, 382.
Teinturerie (Progrès de la) en 1899. *MC.* 1er *Juin*, 197.
— Matières colorantes à fonctions acides (Prudhomme). *Ms. Mai*, 366.
— Divers. *Cs.* 30 *Avril*, 338, 345.
— Hygromètre Douan, pour cuves de vaporisage. *SiM. Mars*, 103.
— Nitronaphtalines. *Cs.* 30 *Avril*, 339.
— Noir d'aniline inverdissable (Scheurer). *SiM. Mars*, 128, 134.
— Enlevage sur noir d'aniline (Prudhomme). *Id.*, 138.
— Teinture des chapeaux de feutre. *Cs.* 30 *Avril*, 345.
— Impression de la mi-laine. (Pokorny). *SiM. Mars*, 113.
— Noir d'aniline (Prudhomme). *Mc.* 1er *Juin*, 193.
— Théorie de la teinture par dissolution (Sisley). *Mc.* 1er *Juin*, 180.
— Teinture de la laine. *Id.*, 183.
— Insolation des couleurs sous les verres colorés (Scheurer). *Mc.* 1er *Juin* 192.
Terres rares (Les) (Wyrouboff et Verneuil). *Rs.* 19 *Mai*, 617.
— de la Samarine (Dimarcay). *CR.* 28 *Mai*, 1469.
— Dosage du thallium. *CR.* 14 *Mai*, 1316
Thermomètre à mercure (Steinte). *Ri.* 19 *Mai*. 191.
Uranium. Préparation de quelques oxydes (Aloy). *ScP.* 20 *Mai*, 368.
— (Activité de l') (Crookes). *CN.* 1, 8 *Juin*, 253, 265.

COMMERCE ET ÉCONOMIE POLITIQUE

Allemagne à l'Exposition de 1900. Ef. 19 *Mai*, 675.
— Développement de ses intérêts maritimes. *SP. Mai*, 528.
Arbitrage et conciliation en Angleterre (Macpherson). *DoL. Mai*, 457.
Association dans la vie rurale en France et à l'étranger (Blondel). *Rso.* 1er *Juin*, 873.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Brevets. Loi anglaise à modifier (Grossman) *Cs.* 30 *Avril*, 310.
— Examen préalable. *E.* 1er, 8 *Juin*, 720, 750.
Chine. Situation économique, *Ef.* 19 *Mai*, 675.
Charbon. Question du. *Ef.* 19, 26 *Mai*, 673, 709 ; 2 *Juin*, 749.
Coopératives de production (Associés capitalistes dans les). *Ef.* 26 *Mai*, 711.
— *Commerce international* (Avenir du). *Ef.* 9 *Juin*, 791
Éducation et hérédité. Influence sur la criminalité (Escard). *Rso.* 16 *Mai*, 789.
Écoles pratiques de commerce de France (Soubiran). *Rs.* 2 *Juin*, 676.
États-Unis (Commerce des). *Ef.* 26 *Mai*, 715.
Garnis d'ouvriers à Paris (G. Picot). *Rso.* 1er *Juin*, 823.
Gutta-percha (Avenir de la). *G.* 8 *Juin*, 754.
Histoire économique (L') (Vanhoutte). *Rso.* 16 *Mai*, 775.
Inde. Développement industriel (Bainer). *SA.* 8 *Juin*, 569.
Madagascar. Voies de communication et moyens de transport (Marié). *IC*, *Mai*, 501.
Organisation commerciale du travail. Ef. 19 *Mai*, 680.
Pétrole. Commerce en Russie. *USR. Juin*, 131.
Patentes (Réforme des). *Ef.* 9 *Juin*, 793.
Russie centrale d'Asie (Colquhoun). *SA.* 1er *Juin*, 554.
Travail (Lois sur le). Autriche (Willoughby). *DoL. Mai*, 552.

CONSTRUCTIONS ET TRAVAUX PUBLICS

Béton armé et métal déployé en Angleterre. *Rt.* 25 *Mai*, 217.
Constructions métalliques (Corrosion des). *Ln.* 19 *Mai*, 403.
Ciment armé. Murs de soutènement et passerelle du quai Debilly. *Ac. Mai*, 66.
— Renforcement des ouvrages métalliques affaiblis par l'atmosphère. *Le Ciment. Mai*, 65.
— à l'Exposition. *Le Ciment. Mai*, 72.
Fermes (Résistance des). *VDI*, 19 *Mai*, 625.
Incombustibilité et conservation des bois. (Cowper Coles). *Ms. Juin*, 407.
Inflammabilité des décors de théâtre, moyen de la combattre (Girard). *IC. Mai*, 582.
Ponts équilibrés sur la Chicago River. *E'.* 15 *Mai.* 519 ; 1er *Juin*, 568.
— au XIXe siècle, en Allemagne (Mehrtens). *VDI.* 19 *Mai*, 631 ; 2 *Juin*, 691.
— Passerelle du pont d'Iéna. *Gc.* 26 *Mai*, 49 ; 2 *Juin* 85.
— En arc, sur le Rhin. *E.* 25 *Mai*, 677 ; 8 *Juin*, 737.
— Pont colonial démontable. *Gm. Mai*, 405.
— Ponts tournants électriques. *E'.* 8 *Juin*, 583.
Toitures au ciment de bois. Gm. Mai, 391.
Tunnel du Simplon. ZOI. 25 *Mai*, 341.

ÉLECTRICITÉ

Batteries tampon (Calcul des). *Ic.* 25 *Mai*, 209.
Courants triphasés (Forme des) (Bragstad). *EE.* 2 *Juin*, 344.
Déperdition et décharges. Divers. *EE.* 9 *Juin*, 382-388.
Dynamos. Essais à la station centrale de Zurich. *EE.* 26 *Mai*, 304.
— triphasés Kolben. *E.* 9 *Juin*, 740. (Caerger).
— Couplage des alternateurs. *EE.* 2 *Juin*, 338.
— *Moteurs* polyphasés (Calcul des) (Giles). *EE.* 26 *Mai*, 286.
— — Asynchrones monophasés (Stemmetz). *EE.* 9 *Juin*, 376.
— — Oscillomètre balistique, mesure de la quantité d'électricité et de l'énergie électrique distribuées par courants continus (Guillet). *CR.* 5 *Juin*, 1549.
Éclairage (Prix de l'). *E.* 8 *Juin*, 756.
— *Arc.* Lampe Bardon. *Élé.* 26 *Mai*, 321.
Électro-chimie à l'Exposition de 1900 (Muret). *Rcp.* 5 *Juin*, 416.
— Électrolyseur Becker. *Élé.* 19 *Mai*, 316.
— Divers. *Cs.* 30 *Avril*, 334.
— Galvanostégie et Galvanoplastie (Stockmeier). *Pm. Mai*, 74.
— Séparations et déterminations électrolytiques (Kollock). *CN.* 18, 25 *Mai*, 231, 244; 8 *Juin*, 271.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Électro-chimie. Électrolyse avec diaphragmes des chlorures alcalins (Foerster et Jorre). *Ms. Juin*, 368.
— Préparation électrolytique des hypochlorures (Sieverts). *Ms. Juin*, 400.
Électro-gravure (L'). *Élé.* 19 *Mai*, 305 ; *Ie.* 25 *Mai*, 211.
— Appareil Rieder. *EE.* 9 *Juin*, 353.
Fils et câbles en cuivre. Spécification. *Élé.* 19 *Mai*, 307.
Force de contact de Volta. *E.* 1er *Juin*, 722.
Gravure électro-chimique des métaux. Appareil Rieder. *EE.* 9 *Juin* 353.
Hautes fréquences. Expériences de Tesla. *N.* 31 *Mai*, 116.
Interrupteur électrolytique pour faibles intensités. *EE.* 19 *Mai*, 268.
Isolement des câbles. Rupture de l'). (Kapp). *Ic.* 25 *Mai*, 214.
Magnétisme. Détermination des courbes d'histérésis pour variations rapides du champ magnétique (Cornids). *EE.* 19 *Mai*, 253.
— Influence du magnétisme sur les propriétés chromo-électriques du Bismuth et des alliages Bismuth-Étain (Spadavechia). *Id.*, 254.
— Électro-aimant demi-circulaire (Du Bois). *EE.* 19 *Mai*, 258.
Piles. Force électro-motrice des éléments Clarke et Weston. *EE.* 19 *Mai*, 268.
Stations centrales (Statistique des). *E.* 18 *Mai*, 635.
— Coût de la production électrique (Dawson). *E.* 1er, 8 *Juin*, 701, 739.
— Usine du « triphasé », à Asnières. *Gc.* 9 *Juin* 89.
Téléphonie (Expérience de). *Élé.* 19 *Mai*, 309.
— Télégraphone Paulsen. *Élé.* 2 *Juin*, 337.
— Transmetteurs et récepteurs Ducosso. *Elé.* 2 *Juin*, 348.
— Commutateur Dardeau. *EE.* 26 *Mai*, 277.
Télégraphie sans fils. Expériences en ballon (Vallot et Lecarme). *CR.* 14 *Mai*, 1305.
— Fonctionnement des cohéreurs (Malagoli). *EE.* 19 *Mai*, 270. (Syntonie dans la Blondel). *CR.* 21 *Mai*, 1383, à radioconducteurs avec électrodes polarisés (Tissot). *CR.* 21 *Mai*, 1386.
Télégraphie duplex et triplex (Turpean). *CR.* 14 *Mai*, 1303.
— rapide (Systèmes de) (Munier). *EE.* 19 *Mai* 241 ; 2, 4 *Juin*, 328, 367.
Transformateur médical Gaiffe. *Elé.* 9 *Juin*, 353.
Transmission à grandes distances (Limites de) (Goldborony). *EE.* 19 *Mai*, 252.
— par l'air (Tesla). *N.* 31 *Mai*, 116.

HYDRAULIQUE

Filtre dégrossisseur pour grands volumes (Puech). *IC. Mai*, 561.
Irrigations du Nil. E'. 25 *Mai*, 535.
Pompes directes Rhodes. *RM. Mai*, 633.
— centrifuges Thirion. *RM. Mai*, 634.
Turbines. Réglage des (Rateau). *RM. Mai*, 539.

MARINE, NAVIGATION

Arbres d'hélice. Accouplement flexible Verity. *E'.* 18 *Mai*, 521.
Constructions navales. Résistance des navires. Lignes de courants. *E'.* 25 *Mai*, 541.
— Action des fausses quilles. *E.* 1er *Juin*, 729.
— Les grands cargo (Biles). *E.* 8 *Juin*, 763.
— Brise-glaces Podbielske. *VDI.* 8 *Juin*, 733.
Docks de la Tamise. E. 18 *Mai*, 654.
Gouvernails sur les navires de guerre (Joubert). *Bam. Mai*, 379.
Guerre hispano-américaine. Rmc. Avril, 80.
Hélices (Accidents aux). *E'. Juin*, 353.
Institution of Naval architects. (Réunion de l') 1899. *Rmc. Avril*, 107.
Machines marines de l'amirauté anglaise. *E'. Mai*, 502.
— (Couple de rotation des) (Lorenz). *RM. Mai*, 616.
Marines de guerre. Contre-torpilleurs (Les). *E'.* 25 *Mai*, 542.
— Blindages. Plaques de Betlehem pour la Russie. *E'.* 25 *Mai*, 543.
— anglaise. Croiseur *Aboukir. E'.* 18 *Mai*, 519.
— Divers. *Rmc. Avril*, 155 ; 1er *Juin*, 719.
— Expérience du *Belle-Isle. E.* 25 *Mai* 443 ; 1er, 8 *Juin*, 565, 596.
— américaine. *Rmc. Avril*, 162.
— Cuirassé *Georgia. E.* 8 *Juin* 593.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Marine de guerre italienne. *Rmc. Avril*, 168.
— russe. *Rmc. Avril*, 17.
— japonaise. Cuirassé *Asahi*. *E.* 25 *Mai*, 680.
Monte-canots. Divers. *Dp.* 9 *Juin*, 362.
Pêches maritimes. Écoles en France et à l'étranger. *Ef.* 19 *Mai*, 677.
Port de Douvres. *Rmc. Avril*, 190.
Sous-marins (Les) (Noalhat). *Rt.* 10; 25 *Mai*, 200, 222; *EM. Juin*, 321.

MÉCANIQUE GÉNÉRALE

Aérostation. Premiers essais de navigation aérienne au long cours (Dex). *Rt.* 10 *Mai*, 193.
Arrêt périodique Gabriel. *RM. Mai*, 642.
Chaudières (Combustion dans les foyers de) (Bunte) *VDI.* 26 *Mai*, 669.
— *à tubes d'eau* marines. *E'.* 18 *Mai*, 515; Thornycroft. *RM. Mai*, 619.
— Résistance des parois planes (Sinigaglia). *RM. Mai*, 517.
— Clapet d'arrêt Hubner et Mayer. *RM. Mai*, 621.
— Filtre d'alimentation Boothmann. *E.* 9 *Juin*, 749.
— Foyers au pétrole (Guérin). *Gc.* 19 *Mai*, 36; Orde. *E.* 25 *Mai*, 534.
— Résistances des foyers ondulés (Sinigaglia). *RM. Mai*, 517, 621.
— Foyers Fry, Dixon et Howl, Daley. *RM. Mai*, 621.
— Grilles Mac Lave. *RM. Mai*, 622.
— Injecteurs Enyon, Gresham, Sticker. *RM. Mai*, 624.
— Régulateur de pression d'Esté et Seeley. *Ri.* 19 *Mai*, 192.
— Surchauffeur Sugden. *RM. Mai*, 622.
— Tubes de niveau Perry. Patterson-Tate. *RM. Mai*, 625.
— Manomètre Lone. *RM. Mai*, 626.
Compresseur hydraulique Howard. *RM. Mai*, 645.
Drague Pless. *RM. Mai*, 641.
Dynamomètre de torsion Leneveu. *RM. Mai*, 590.
Embrayage Wiehl. *RM. Mai*, 645.
Engrenages (Résistance des) (Bruce). *AMa.* 31 *Mai*, 517.
— elliptiques (Herre). *Dp.* 9 *Juin*, 359.
Froid. Machine frigorifique Renno. *RM. Mai*, 646.
Indicateur Mac Innes. *E.* 9 *Juin*, 748.
Levage. Grue électrique de 30 tonnes. Salle des machines. Exposition. *Gc*, 19 *Mai*, 33; de 10 tonnes Salin. *Ri.* 19 *Mai*, 190.
— — de navire Moss. *RM. Mai*, 639.
— Manutention des minerais (Frahm). *suE.* 15 *Mai*, 1er *Juin*, 513, 561, 597; *VDI.* 9 *Juin*, 725.
— Câbleway Dusedau. *RM. Mai*, 640.
— Élévateurs Gardner, Smith. *RM. Mai*, 635.
— — pour wagons à la station centrale de Vienne. *ZOI.* 1er *Juin*, 357.
Machines-outils. Ateliers d'Arrol. *E'.* 1er *Juin*, 560; des Gothic Works Norwich. *E'.* 8 *Juin*, 589.
— Organisation commerciale. *EM. Juin*, 342, 373, 369.
— Fraiseuse-raboteuse Bemant Miles. *E'.* 18 *Mai*, 511.
— — pour pignons Rice. *AMa.* 10 *Mai*, 440; Brown et Sharpe, 607.
— Meule Anderson. *AMa.* 17 *Mai*, 471.
— Poinçonneuse Lelorain. *Ri.* 19 *Mai*, 189.
— Presse pour armatures Taylor. *E.* 1er *Juin*, 727.
— Raineuse Baker. *Ri.* 26 *Mai*, 197.
— *Tours* à fileter Scholz. *VDI.* 20 *Mai*, 661.
— — à volants. *AMa.* 10 *Mai*, 448.
— — excentrique Tindret et Albrecht. *RM. Mai*, 647.
— — à revolver (Origine du). *AMa.* 24 *Mai*. 489.
— — Avanceur Couch. *RM. Mai*, 648.
Machines à vapeur à l'Exposition. *E'.* 8 *Juin*, 579.
— américaines Corliss pour stations de tramways électriques (Day). *E'.* 25 *Mai*, 532; 1er *Juin*, 658.
— à triple expansion rapide de 1 500 chevaux Klément. *VDI.* 2 *Juin*, 689.
— Calorimétrie graphique (Krauss). *RM. Mai*, 562.
— Courbes Pvm (Tracé des) (Low). *AMa.* 31 *Mai*, 524.
— Bielles Radovanovic. *RM. Mai*, 655.
— Régulateurs. Mesure de leur efficacité (Smith). *E'.* 25 *Mai*, 529.
— Réchauffeurs surchauffeurs, avantages (Linke). *E'.* 8 *Juin*, 598.
— Turbines Parsons. *RM. Mai*, 654.
— Distributions Bever, Lenz, Mantel. *RM. Mai*, 654.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Moteurs à gaz Charon. *EE.* 2 *Juin*, 317.
Cycles des (Duperron). *Gc.* 26 *Mai*; 2 *Juin*, 55, 79.
— Allumages Chavanet, Gros et Pichard. *La.* 24 *Mai*, 327. Gardner. *RM. Mai*, 656.
— *à pétrole* Duplex. *RM. Mai*, 656.
— *à acide sulfureux* Joss. *E.* 8 *Juin*, 742; *Dp.* 9 *Juin*, 359.

Résistance des matériaux. Appareil à essayer les bouteilles pour gaz liquéfiés Howard Lane *E'.* 1er *Juin*, 573.
— Machines à essayer de 50 tonnes Valère Mabille. *E.* 8 *Juin*, 761.
— Influence de la teneur en cuivre sur la résistance du fer (Lipin). *SuE.* 1er *Juin*, 583.

Thermodynamique (Fondements de la) (Mewes). *Dp.* 2 *Juin*, 347.

MÉTALLURGIE

Alliages. Métal Delta. *Pm. Mai*, 79.
— Propriétés thermo-électriques (Steinmann). *CR. Mai*, 1300.

Aluminium. Préparation de quelques composés et des dérivés hydrogénés correspondants (Deacon). *CR.* 14 *Mai*, 1314.
— Propriétés. Préparation de l'hydrogène phosphoré gazeux (Garcin). *CR.* 21 *Mai*, 1391.
— Métallurgie à base d'aluminium et productions des hautes températures (Matignon). *Ms. Juin*, 353; *Dp.* 2 *Juin*, 342.

Fer et acier. Action de la chaleur sur les propriétés physiques et la microstructure de l'acier moyen (Morse). *Metallographist. Avril*, 130.
— Lingots pour canons et arbres d'hélice (Carula). *E.* 18 *Mai*, 668.
— Procédé Siemens-Martin. Talbot. *Gc.* 19 *Mai*, 42.
— Forges de Dalmarneck. *E'.* 18 *Mai*, 507.
— Hauts fourneaux. Utilisation des scories (Schwartz). *E.* 18 *Mai*, 666.
— — Vent chaud, égalisation de sa température (Gyers et Harrison). *E.* 18 *Mai*, 666.

Fer et acier. Soufflerie avec moteur à gaz de 600 chevaux., *Gc.* 19 *Mai*, 39.
— — Manutention des *SuE.* 1er *Juin*, 561.
— Machines de laminoir à l'Exposition de 1900. *SuE. Juin*, 593.
— Fonderie. Machine à meuler Tabor. *AMa.* 31 *Mai*, 522.

Or (Batteurs d') (Rowland). *Cs.* 30 *Avril*, 351.
Structure cristalline des métaux (Rosenhain). *Metallographist. Avril*, 94.

MINES

Barrages de mines. *Eam.* 5 *Mai*, 533.
Cuivre. Mine de Ray. Arzona. *Eam.* 19 *Mai*, 387.
— Chine (Industrie minière en). *Eam.* 26 *Mai*, 616.
France. Statistique de l'industrie minérale en 1898, 1899. *AM. Mars*, 299.
Fer. Mines de Suède. *suE.* 15 *Mai*, 530; 1er *Juin*, 590.

Houilles (Micro-organismes des) (Renault). *Im.* XIV (1).
— Exploitation en couches doubles. *Eam.* 12, 19, 26 *Mai*, 559, 389, 621.
— Bassin de l'Alabama. *E.* 8 *Juin*, 737.
— Formation des couches de houille (Grand-Eury). *CR. Juin*, 1512.

Lampe Muesler ayant produit une flambée de grisou (Chesnau). *AM. Mars*, 309.

Or au Transvaal, en 1899. *Eam.* 5 *Mai*, 531.
— en Guyane hollandaise. *EM. Juin*, 391.
— Australie occidentale (Coignet). *Im.* XIV (1).
— au cap None, Alaska. *Gc.* 9 *Juin*, 97.
— Région de Copalquin, Mexique. *Eam.* 12 *Mai*, 557.
— aux Philippines. *Eam.* 19 *Mai*, 385.

Perforatrices électrique Dulait } Forget. *Im.* XIV. (1).

Préparation mécanique. Dépense d'eau et de charbon pour les bocards. *Eam.* 5 *Mai*, 529.

Puits de mines. Fabrication des cuvelages à Gorcy (Clere). *IC. Mai*, 550.

Richesse minérale du monde. E. 8 *Juin*, 755.

Salines de Szchuan (Chine). *Eam.* 5 *Mai*, 525.

Transvaal. Industrie minière au XIXe siècle. *Eam.* 26 *Mai*, 616.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LISTE DES NOUVEAUX MEMBRES

ADMIS PENDANT LE PREMIER SEMESTRE 1900

A FAIRE PARTIE DE LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

MM.

BEL, ingénieur civil des mines, 4, place Denfert-Rochereau.

BELELUBSKY, professeur, directeur du Laboratoire mécanique de l'Institut impérial des voies de communication, à Saint-Pétersbourg.

BERLIAT, directeur de l'École de Tissage, 21, via Olmetto, à Milan.

BOYER (J.), 38 *bis*, rue Fontaine, à Paris.

BRANCHER, ingénieur-constructeur, 92, rue du Faubourg-du-Temple.

BRIGALANT, fabricant de papier, à Barentin.

BRYAN-DONKIN, à Reigate, Angleterre.

COLLET (Albert), 13, rue de Turin, à Paris.

CONVERT, administrateur délégué de la Société des Chaux et Ciments de l'Aube, 16, rue Demarquay, à Paris.

FAUH, fabricant de chaux, à Issy-les-Moulineaux.

GUILLAUME, ingénieur à l'usine à plomb de Noyelles-Godault.

MM.

KERN (Émile), ingénieur civil, 135, rue de Belleville.

LENÊVEU (Capitaine), 43, avenue de Neuilly, à Neuilly.

LEVÊQUE DE VILMORIN (Philippe), 17, rue de Bellechasse.

MONTHIERS (Ed.), ingénieur civil, 124 *bis*, avenue de Villiers.

OLLIVIER (F.), ingénieur constructeur, 42, rue de Chalon.

POTAIN, 20, avenue Bosquet.

PUTTE (Léon Van de), ingénieur des mines, 14, rue Auber.

REPITON (Fernand), 80, rue Faventine, à Valence.

ROSTAING (Marcel), manufacturier, à Annonay.

Société anonyme des Usines du Pied-Selle, à Fumay.

WOURGAFT, ingénieur métallurgiste de la Société des Chantiers et Ateliers mécaniques Newski, à Saint-Pétersbourg.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLE ALPHABÉTIQUE

DES

NOMS DES AUTEURS MENTIONNÉS

DANS LE PREMIER SEMESTRE DE LA QUATRE-VINGT-DIX-NEUVIÈME ANNÉE DU BULLETIN

(*Cinquième série. — Tome V*)

(La lettre (**P**), à la suite d'un article, indique qu'il ne s'agit que d'une présentation.)

A

Alexander et Walker. Essai d'hélices aériennes, 470.

Amagat. Chaleurs spécifiques des fluides, 939.

Amos. Les outils pneumatiques, 476.

Arraud et Verneuil. Extraction du caoutchouc des écorces, 276.

B

Baakes. Industrie du fil laminé aux États-Unis, 445.

Baclé (L.). Nommé membre du Conseil, 835.

Bacquart-Choppin. Machine à mouler les bouteilles. (P) 506.

Baker. Machine à faire les vis à bois, 285.

Bardy. Rapport sur le viscoïde, 321.

Bera-Vérin. Invention relative à la mousseline (P.), 309.

Bessat. Règle dactylographique. Rapport de M. Carpentier, 521.

Biard. L'industrie américaine et l'industrie anglaise, 619.

Bine. Robinet d'incendie, 836.

Bléry. Régulateur d'horlogerie (P.), 310.

Bohain. Patoiglob (P.), 309.

Boudouard. Mesure des températures élevées, 508.

Bourdon (G.). Monte-courroies Micault, 170.

Boursault. Recherche des eaux potables et industrielles, 838.

Brancher. Modificateur continu de vitesse (P.), 944.

Brigalant. Fibroleum, rapport de M. Livache, 335.

Brull. Rapport sur la chaudière Solignac, 712. Sur l'ouvrage de M. Courtois, intitulé « Essai sur les pompes centrifuges », 716.

Bullock. Perforatrice, 654.

C

Candlot. Industrie des ciments (P.), 505.

Carpentier. Rapport sur la règle dactylographique de M. Bessat, 241.

Castello-Paris. Distributeurs d'allumettes (P.), 144.

Caubet. Liquéfaction des mélanges gazeux anhydride carbonique et acide sulfureux, 675.

Geret. Utilisation des déchets de charbon (P.), 145.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Chasseloup-Laubat (de). Les marines de guerre modernes, 348, 762.
Chenu. Coussinet à serrage automatique (P.), 144.
Collet (A.). Trénails pour tirefonds. Rapport de M. Sauvage, 849.
Colomb-Pradel. Production des orges de brasserie (P.), 144,
Colson. Traité élémentaire d'électricité, 838.
Coudon et Bussard. Culture de la pomme de terre industrielle (P.), 144.
Couhin (Claude). La propriété artistique et littéraire, 836.
Courtois. Essai sur les pompes centrifuges. Rapport de M. Brull, 716.
Creese. Ripeuse pour voies de chemin de fer, 129.
Cross, Bevan et Beadle. Viscoïde. Rapport de M. Bardy, 321.

D

Dehérain et Demoussy. Culture du lupin blanc, 120.
Delbeke. Peintures et enduits. Rapport de M. Livache, 341.
Descours et Desacres. Congélation du cidre, 123.
Deval. Variations de volume des liants hydrauliques, 31.
— Essai de ciments par filtration, 267.
Dorian. Thermostat régulateur. Rapport de M. Violle, 175.
Dumas. Transformations allotropiques du fer et du nickel, 921.

E

Engel. Ornementation du bois, 145.
Ewing et Rosenhain. Structure cristalline des métaux, 877.

F

Freese. Laboratoire de mécanique de l'École royale technique de Hanovre, 487.

G

Garchay. Verre dévitrifié (P.), 836.
Garçon. Répertoire bibliographique des industries chimiques (P.), 309.
Granger. La céramique en Allemagne (P.), 310.
Gravier. Turbine thermique (P.), 310.
Guénaux. La plaine de Caen, 197, 437, 749, 886.

H

Halphen. Recherches sur les corps gras (P.), 142, 693. Rapport de M. Livache, 689.
Hamet. Caoutchouc au Soudan, 270.
Hélouis. Fabrication du ferro-vanadium et du bronze vanadié. Pli cacheté, 506.
Higgins. Drague, 937.
Hiorns. Les alliages métalliques, 508.
Huet. Rapport sur le laboratoire photographique du commandant Hardy, 835.

J

Janet. L'acétylène et ses applications (P.), 309.
— Leçons d'électrotechnie générale, 837.
Jaubert. Matières odorantes artificielles, 510.
Joly. Serrure de sûreté (P.), 504. Rapport de M. Sauvage, 727.
Jordan (S.). Membre du Comité des arts chimiques, décès, 505.

K

Klèbe. Aiguilles pour mesurer le gonflement des ciments, 44.
Knuttel. Machine à mouler, 405.

L

Lalande (De). Invention intéressant la défense nationale (P.), 309.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Laur. Ouvrage sur l'accaparement (P.), 944.
Lavollée. Nommé membre de la Commission des fonds, 835.
Le Chatelier (H.). Changements qui accompagnent le durcissement des ciments, 54. Dilatation de la silice fondue, 924.
Le Chatelier (H.). Application de la loi des phases aux alliages et aux roches, 118.
— Moules pour mesurer le gonflement des ciments, 41.
— Mesures des températures élevées, 508.
— Structure cristalline des métaux, d'après MM. Ewing et Rosenhain, 877.
Le Chatelier (G.). Laboratoire de mécanique de l'École royale technique de Hanovre, 487. Développement de l'industrie du fil laminé aux États-Unis, 455. Les grands moteurs à gaz, 664.
Lefer. Fonctionnement des moteurs à plusieurs cylindres, 50.
Leloutre. Échappement des machines à vapeur, 510.
Lentz. Chargeur pour fours à réchauffer, 284.
Letheule et Renaud. Le Mois scientifique et industriel (P.), 835.
Levasseur. Travail à la main et à la machine, 142, 214, 362.
Linder. Rapport sur l'appareil Secrétan-Vinsonneau à vérifier les tubes de chaudières, 526.
Lindet. Origine des moulins à blé, 676. Gravures relatives à l'origine de la fabrication du sucre de betterave, 437.
Lippincott. Planimètre, 126.
Livache. Le caoutchouc au Soudan, d'après M. Hamet, 270.
— Rapports sur le fibroléum, 325, et sur les peintures et enduits de M. Delbreke, 341. Rapport sur les recherches sur l'analyse des corps gras de M. Halphen, 693.
— Traitement des ordures ménagères, 730.
Loos. Pressage de l'acier, 290.

M

Mackenstein. Jumelle stéréopanoramique (P.), 676.
Maes. Présentations diverses, 676.
Malat. Commerce de la France avec les principautés danubiennes (P.), 145.
Marchis. Moteurs à gaz à explosions, 500.
Marion. Reliefs photographiques, 507, 613.
Masson. Rapport sur les pompes centrifuges Schabaver, 863.
Mayer. Les grands moteurs à gaz, 664.
Micault. Monte-courroies. Rapport de M. Bourdon, 170.
Mine. Commerce de Dunkerque avec la République Argentine, 142.
Moreau. Étude des moteurs à gaz et à pétrole (P.), 144.
Moudain et Pinart. Machines à river les chaussures (P.), 144.
Muntz (A.). Meunerie et boulangerie Schweitzer, 178.
Musgrave. Moteurs à bielles triangulaires, 816.

N

Nougues. Machines à clouer (P.), 310.

P

Parsons. Turbines à vapeur, 475.
Persoz. Essai des matières textiles. Rapport de M. Simon, 344.
Petit de Forest, Membre correspondant du Comité des arts mécaniques, décédé, 142.
Perret (Michel). Membre correspondant du Comité d'agriculture. Notice nécrologique, 143.
Pillet. Enseignement général du dessin (P.), 504.
Prichot. Études sur le grain de blé (P.), 835.

R

Rateau. Théorie des hélices propulsives, 497.
Renard. Direction des ballons (P.), 944.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

RENARD. L'aéronautique à l'Exposition de 1900 (P.), 836.
RICHARD (G.). Notes de mécanique, 126, 284, 470, 654, 814, 927.
— Littérature des périodiques, 148, 312, 511, 679, 840, 945.
— Enfourneurs électriques Welman, 463.
— Fabrication des tubes nervurés sans soudure, 464.
— Machines à mouler Knuttel, 465.
RICHEFEU. Vidanges atmosphériques (P.), 144.
ROBIN. Lit de campement (P.), 309.

S

SAINT-RÉMY (DE). Appareil de sécurité pour chemins de fer (P.), 508.
SAUVAGE. Rapports sur les trénails de M. COLET, 850. Le compresseur d'air de la compagnie de Fives-Lille, 157. La serrure de sûreté de M. JOLY, 727.
SCHABAVER. Pompes centrifuges. Rapport de M. MASSON.
SCHANZER. Rupture des arbres en acier, 814,
SCHER. Entonnoir automatique (P.), 309.
SCHERZER. Documents sur les porcelaines chinoises, 530.
SCHWEITZER. Meunerie et boulangerie. Rapport de E. M. MUNTZ, 178.
SEATON. Métier à tisser, 12.
SEBERT (Général). Répertoire bibliographique des sciences agricoles de M. VERMOREL, 676.
SECRÉTAN-VINSONNEAU. Appareil à vérifier les tubes de chaudières, 526.
SHAW. La Locomotion sur route, 925.
SHONEYDER. Compteurs d'eau pour faibles débits, 301.
SIMON (E.). Métier à tisser Seaton, 12.
— Rapport sur l'ouvrage de M. PERSOZ, « Essais des matières textiles », 344.
SOLIGNAC. Chaudière. Rapport de M. BRULL, 712.

T

THORNE-SELLERS. Affûteuse, 82.
TOULON. Nommé membre du Conseil, 310.

V

VALDET. Boîte d'allumettes (P.), 506, 834.
VIELLE. Discontinuités produites par la détente des gaz comprimés, 140.
VINCEY. Évacuation des ordures ménagères de Paris (P.), 507.
VIOLLE. Thermostat régulateur DORIAN, 175.
VOGT. Recherches sur les porcelaines chinoises, 613.

W

WASSIOUTINSKY. Appareil pour la mesure des déformations des voies ferrées, 827.
WELLMANN. Enfourneurs, 463.
WENDEL (DE). Médaille Bessemer, 506.
WHITE. Affûteuse pour forets, 663.
WILLOT. Destruction du nématode de la betterave (P.), 144.
WORTH. Emboutisseuse, 817.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLE ALPHABÉTIQUE ET ANALYTIQUE

DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE PREMIER SEMESTRE DE LA QUATRE-VINGT-DIX-NEUVIÈME ANNÉE DU BULLETIN

(*Cinquième série. — Tome V.*)

A

Alliages. Application de la loi des phases, par M. H. Le Chatelier, 118.

Aérostation. Expériences sur les hélices aériennes, par MM. Alexandre et Walker (G. R.), 470.

Agriculture. Culture des lupins blancs, par MM. Dehérain et Demoussy, 120.

— Plaine de Caen (La), par M. Guenaux, 194. Description, 198. Cantons, 203. Grandes routes, 207. Débouchés, 212, Climat, 413. Géologie, 417. Grande oolite, 420. Oolite inférieure, 423. Autres formations, 424. Remarques stratigraphiques, 431. Niveau d'eau, 432. Mines et carrières, 433. Cultures fourragères, 749. Culture des céréales : Blé, 887. Seigle, 896. Orge, 897. Sarrasin, 898. Plantes sarclées industrielles : Colza, 899. Betterave à sucre, 908. Culture du littoral, 916.

Air comprimé. Compresseur d'air à deux phases de la Cie Fives-Lille. Rapport de M. Sauvage, 157.

— Outils pneumatiques, d'après M. Amos, 476.

Analyse des corps gras, par M. Halphen, 693. Rapport de M. Livache, 689.

Arbres en acier (Rupture des), (Schamer), 844.

Attaches des rails, Collet. Rapport de M. Sauvage, 849.

B

BIBLIOGRAPHIE

Livres reçus à la bibliothèque, 146, 311, 511, 679, 839, 950.

— Conditionnement, essais des matières textiles, par M. Persoz. Rapport de M. Simon, 344.

— Mesure des températures élevées, par MM. H. Le Chatelier et O. Boudouard, 508.

— Alliages métalliques, par M. Hiorns, 508.

— Matières colorantes artificielles, par M. Jaubert, 510.

— Échappement dans les machines à vapeur, par M. Laloutre, 510.

— La propriété artistique et littéraire, par M. Claude Couhin, 836.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Livres reçus. Leçons d'Électrotechnie générale, par M. JANET, 837.
— Traité élémentaire d'électricité, par M. COLSON, 838.
— Recherche des eaux potables et industrielles, par M. BOURSAULT, 858.
— Répertoire bibliographique des sciences agricoles, par M. VERMOREL, 676.

C

Caoutchouc *au Soudan* (Le), d'après M. HAMET, par M. LIVACHE, 271.
— Extraction du caoutchouc des écorces des Landolfo, par MM. ARNAUD et VERNEUIL, 276.
Chaudières *Solignac*. Rapport de M. BRULL, 712.
— Vérificateur des tubes de (SECRÉTAN et VINSONNEAU). Rapport de M. LINDER, 526.
Chaux et ciments. Mesures des *variations de volume des liants* hydrauliques, par M. DEVAL, 31.
— *Moules cylindriques* de M. LE CHATELIER, 41.
— Épingles de KLEBE, 44.
— Pâtes comprimées de MM. PRUSSING et LE CHATELIER, 46.
— Composition du sulfo-aluminate de chaux, 49.
— *Changements de volume qui accompagnent le durcissement des ciments*, par M. H. LE CHATELIER, 54.
— *Essais des ciments par filtration*, par M. DEVAL, 267.
Chaleurs spécifiques des fluides (Amagat), 939.
Chemins de fer.
— *Ripeuse* CRESE (G. R.), 129.
— Déformations temporaires des voies, appareil WASSIOUTENSKY pour les mesurer, 827.
— *Freins*. Compresseur pour freins continus de la Cie Fives-Lille. Rapport de M. SAUVAGE, 157.
— *Serrure de sûreté* de M. JOLY. Rapport de M. SAUVAGE, 727.
Cidres. Essais de congélation, par M. DESCOURS-DESACRES, 123.
Compteurs d'eau pour faibles débits, d'après M. SHONHEYER (G. R.). 301.
Conseil d'Administration de la Société d'Encouragement pour l'année 1900, 3.
Corps gras (*Analyses des*), par M. HALPHEN, 693. Rapport de M. LIVACHE, 693.
Courroies. *Monte-courroies* MICAULT. Rapport de M. E. BOURDON, 171.

COMMERCE, ÉCONOMIE POLITIQUE

Travail à la main et à la machine, par M. E. LEVASSEUR, 213, 262. Préjugés contre les machines, 214. Le paradoxe économique, 216. L'enquête américaine, 219. Conclusions résultant de l'enquête, 231. Influence d'une monnaie dépréciée, 233. Renseignements de source française, 236. Influence de la machine sur la quantité et le coût de la production 245. *Conditions générales et effets de l'emploi des machines*, 362. Influence des machines sur le salaire, 370. La machine obéit-elle ou asservit-elle l'ouvrier? 380. Influence sur la durée de la journée, 383. La machine chasse-t-elle l'ouvrier, 386. Le travail des femmes et des enfants, 395. La machine aggrave-t-elle le chômage, 402. Conclusions, 405.
L'industrie américaine et l'Industrie anglaise, par M. BIARD, 619. Richesse naturelle de l'Amérique, 624. Salaires, 629. Outillage, 631. Fabrication en séries, types normaux de fabrication, 633. Caractère national. Influence de l'immigration, 637. Régime social. Questions ouvrières, conflit du travail, 639. Enseignement technique et professionnel, 632. Législation industrielle, 645. Organisation financière de l'industrie, 647. Conclusions, 649.

D

Drague HIGGINS (G. R.), 937.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

E

Enduits métalliques et peintures vernissées de M. DELBECKE. Rapport de M. LIVACHE, 341.

F

Fibroléum de M. BRIGALANT. Rapport de M. LIVACHE, 335.

Filature et Tissage. Métier à tisser SEATON, par M. SIMON, 12.

Filetages des tubes (Unification des), 278.

Frein dynamométrique DEGN, 495.

G

Gaz comprimés. Discontinuités produites par leurs détentes brusque, par M. P. VIEILLE, 140.

Grues automobiles à air comprimé (G. R), 937.

H

Hélices *propulsives*, théorie de M. RATEAU, 497.

— *aériennes*, expériences de MM. ALEXANDER et WALKER, 470.

I

Indicateurs : tarage (Influence de l'inertie des), 496.

Injecteurs. Installation pour essais au laboratoire de l'Institut technologique du Massachusetts (G. R.), 297.

L

Laboratoire de mécanique de l'École royale de Hanovre, d'après M. FREESE (C. L. C.), 487.

Littérature des périodiques reçus à la bibliothèque (G. R.), 148, 311, 512, 679. 840, 947.

Liquéfaction des mélanges gazeux des anhydrides carbonique et sulfureux (CAUBET), 674.

Locomotion sur routes, d'après M. HELE SHAW (G. R.), 925.

M

Machines à vapeur. *Étude du fonctionnement des moteurs à plusieurs cylindres*, par M. E. LEFER, 58. Consommation de vapeur, 62. Degré de détente le plus économique : compound à deux cylindres, 81 ; à trois cylindres, 99. Diagrammes et fonctionnement de quelques moteurs, 103. Résumé, 115.

— *Machines Musgrave*, à bielles triangulaires, 816.

— *Machines et chaudières de la Metropolitan St* et *de la 3e avenue*, New-York, (G. R.), 130.

— *Turbines* PARSON (G. R.), 475.

Machines-outils. Emboutisseurs WORTH.

— Machine BAKER, à faire les vis à bois, 205.

— *Outils pneumatiques*, d'après M. AMOS (G. R.), 476.

— *Pressage de l'acier*, d'après M. LOSS (G.R.), 290.

— *Affûteuse* THORNE-SELLERS, 821. WHITE, (G. R.), 663.

Marines de guerre modernes (Les), par M. DE CHASSELOUP-LAUBAT. Introduction, 348. *Allemagne*, 762.

Métallurgie. Chargeuse LENTZ, pour four à réchauffer, 284. Électrique WELLMANN, 463.

— Fil laminé, dévoloppement de sa fabrication aux États-Unis, d'après M. BAACKES (C. L. C.), 444.

— Machines à mouler KNUTTEL (G. R.), 465.

— Structure cristalline des métaux, d'après MM. Ewing et Rosenhaim, 877.

— Transformations allotropiques des alliages de fer et d'acier, par M. L. DUMAS, 931.

— Tubes d'acier nervurés sans soudure, fabrication en Allemagne (G.R.), 468.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Moteurs à gaz à explosion MARCHIS (les), 500.
— Les grands, d'après M. MEYER (C. L. C.), 664.
Mouture et panification SCHWEITZER. Rapport de M. MUNTZ, 178.

P

Perforatrices BULLOCK (G. R.), 654.
Photographie. Reliefs photographiques de M. MARION, 630.
Planimètre LIPPINCOTT (G.. R.), 126.
Porcelaines chinoises. Recherches de M. CH. VOGT, 530.
Pompes centrifuges, essai, par M. COURTOIS. Rapport de M. BRULL, 716. — Pompes SCHABAVER. Rapport de M. MASSON, 863.
Prix. *Programme pour 1901*, 784.

R

Règle dactylographique BESSAT. Rapport de M. CARPENTIER, 521.

S

Séances de la Société. *Procès-verbaux*. — 22 décembre 1899, 142. — 12 janvier 1900, 143, 309. — 9 et 23 février, 310, 504. — 9 et 23 mars, 504 et 676, 25 mai, 942.
Silice fondue, dilatation (H. Le Chatelier), 924.
Sucre de betterave. Gravures relatives à l'origine de sa fabrication, par M. LINDET, 437.

T

Thermostat régulateur DORIAN. Rapport de M. VIOLLE, 175.

V

Viscose et Viscoïde. Rapport de M. BARDY, 321.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLE DES PLANCHES ET DES DESSINS

DESSINS

Métier à tisser Seaton. — 50 figures 12
Variations de volume des liants hydrauliques. — 5 figures 31
Fonctionnement des machines à vapeur à plusieurs cylindres. — 26 figures. . . 58
Planimètre Lippincott. — 6 figures. 126
Ripeuse Creese pour voies de chemins de fer. — 2 figures 129
Stations des tramways électriques de New-York. — 15 figures 130
Compresseur à deux phases de Fives-Lille. — 3 figures. 157
Monte-courroies Micault. — 4 figures. 171
Thermostat régulateur Dorian. — 2 figures 175
Mouture et panification Schweitzer. — 8 figures. 178
La Plaipe de Caen. — 15 figures 194, 413, 749 886
Comparaison du travail à la main et à la machine. — 33 figures 212
Chargeur Lentz pour fours à réchauffer. — 3 figures 284
Machine Baker à faire les vis à bois. — 11 figures 285
Pressage de l'acier. — 15 figures. 290
Essai des injecteurs au laboratoire de l'Institut technologique du Massachusetts. — 6 figures 297
Compteurs d'eau pour faibles débits. — 23 figures. 301
Fabrication du sucre de betteraves. — 2 figures. 440
Industrie du fil laminé aux États-Unis. — 22 figures 444
Chargeur électrique Wellman pour fours Martin. — 3 figures 463
Machine à mouler Knuttel. — 15 figures 465
Fabrication des tubes nervurés sans soudure. — 16 figures 468
Expériences sur les hélices aériennes. — 18 figures 470
Turbines Parsons. — 3 figures. 475
Outils pneumatiques portatifs. — 36 figures. 476
Laboratoire mécanique de l'École royale technique de Hanovre. — 28 figures. . 487
Théorie des hélices propulsives. — 2 figures 498

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Diagrammes des moteurs à gaz. — 1 figure 501
Règle dactylographique Bessat. — 3 figures. 521
Appareil Secrétan-Vinsonneau pour la vérification des tubes de chaudières. — 3 figures 527
Recherches sur les porcelaines de Chine. — 2 figures. 530
Reliefs photographiques. — 4 figures. 613
Industries américaine et anglaise. — 5 figures. 619
Perforatrices Bullock. — 30 figures 654
Affûteuse White. — 11 figures. 663
Grands moteurs à gaz. — 21 figures 665
Liquéfaction des mélanges gazeux CO^2 et SO^2. — 1 figure. 674
La chaudière Solignac. — 1 figure 713
Serrure de sûreté Joly pour voitures de chemins de fer. — 2 figures. 727
Les marines de guerre modernes : l'Allemagne. — 15 figures. 762
Ruptures des arbres en acier. — 4 figures 814
Machines Musgrave à bielles triangulaires. — 6 figures. 816
Emboutisseuse Worth. — 6 figures 819
Affûteuse Thorne Sellers. — 14 figures. 821
Appareil Vassioutinsky pour enregistrer les déformations des voies ferrées. — 13 figures 827
Attaches de rails Collet. — 28 figures. 849
Pompes centrifuges Schabaver. — 12 figures. 863
Structure cristalline des métaux. — 15 figures. 876
Transformations allotropiques des alliages de fer et de nickel. — 1 figure . . . 922
La locomotion sur routes. — 41 figures 925
Drague Higgins. — 3 figures. 937
Grue automobile à air comprimé. — 4 figures. 937
Chaleurs spécifiques des fluides. — 1 figure. 939

Le Gérant : Gustave Richard.

Paris. — Typ. Chamerot et Renouard, 19, rue des Saints-Pères. — 39441.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires